

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANÍSTICAS Y ECONÓMICAS



### INGENIERIA COMERCIAL Y EMPRESARIAL

“Proyecto de Inversión para la Instalación de una Planta Recicladora de Polietilén Tereftalato (PET) para transformar los Desperdicios Plásticos de PET generados por la ciudad de Guayaquil en Escamas Recicladas para destinarlas a la exportación”

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO COMERCIAL Y EMPRESARIAL

Especialización

MARKETING Y COMERCIO EXTERIOR  
FINANZAS

Autores

- Víctor A. Castillo C.
- Xavier I. Macero C.
- Luís G. Villacreses C.

Director

- Msc. Marco Tulio Mejía

Guayaquil, Noviembre 24 del 2004

“Los recursos minerales son los elementos constructivos de los que depende la sociedad moderna. El conocimiento de su naturaleza física y sus orígenes y de la trama que forman entre todos los aspectos de la sociedad humana y el planeta, puede establecer los cimientos de una sociedad estable”.

**Ann Dorr**

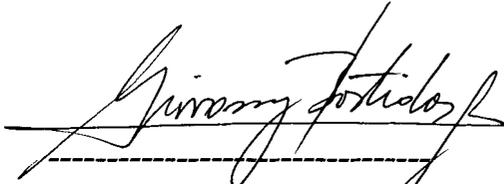
A Dios, nuestros padres, profesores y amigos, que han permitido el perfeccionamiento del conocimiento suficiente como para desarrollar este Proyecto de Graduación dirigido a la conservación ecológica de nuestra ciudad.

## Tribunal de Grado

-----  
Msc. Oscar Mendoza M.  
**Presidente**

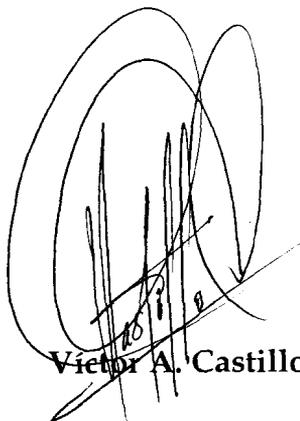
  
-----  
Msc. Marco Tulio Mejía C.  
**Director**

  
-----  
Msc. Víctor H. González  
**Vocal**

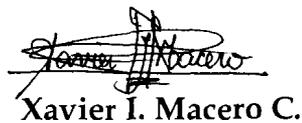
  
-----  
Msc. Geovanny Bastidas  
**Vocal**

## DECLARATORIA EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este proyecto nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)



Victor A. Castillo C.



Xavier I. Macero C.



Luis G. Villacreses C.

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>	<b>14</b>
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.1.1 HISTORIA DEL RECICLADO	15
1.1.2 RAZONES PARA RECICLAR	17
1.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS	20
1.1.4 FUENTES DE DESPERDICIOS PLÁSTICOS	26
1.1.5 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL RECICLADO	30
1.2 ANALISIS POR TIPO DE PLÁSTICO	33
1.2.1 CLASIFICACIÓN	33
1.2.2 CODIFICACIÓN	34
<b>2. ESTUDIO DE MERCADO</b>	<b>38</b>
2.1 MERCADO INTERNACIONAL	39
2.1.1 EUROPA	39
2.1.2 JAPÓN	48
2.1.3 ESTADOS UNIDOS	61
2.1.4 MÉXICO	67
2.1.5 BRASIL	72
2.1.6 ARGENTINA	81
2.2 MERCADO NACIONAL	90
<b>3. ESTUDIO TÉCNICO</b>	<b>97</b>
3.1 LA RECUPERACION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS	97
3.1.1 RECICLADO	99
3.2 CONFORMACIÓN DE LA PLANTA	108
3.2.1 LOCALIZACIÓN	108
3.2.2 PLAN DE MARKETING	113
3.2.3 TAMAÑO	131
3.2.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	132
3.2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	136
3.2.6 PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS DE COSTES	139
3.2.7 PLANO DE LA PLANTA	143
<b>4. ESTUDIO FINANCIERO</b>	<b>144</b>
<b>5. ESTUDIO AMBIENTAL</b>	<b>146</b>
5.1 ACUMULACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	147

<b>5.2</b>	<b>DESTRUCCIÓN DEL AMBIENTE</b>	<b>150</b>
<b>5.3</b>	<b>ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>152</b>
<b>5.4</b>	<b>SOLUCIONES ALTERNATIVAS</b>	<b>153</b>
5.4.1	RECUPERACIÓN DE ENERGÍA DE LOS DESECHOS PLÁSTICOS	154
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>162</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>163</b>

# INDICE DE FIGURAS

## ASPECTOS GENERALES

FIGURA 1.1 PIRÁMIDE PARA DISMINUIR DESECHOS SÓLIDOS	19
FIGURA 1.2 REQUISITOS PARA UN NEGOCIO DE ÉXITO	32

## ESTUDIO DE MERCADO

FIGURA 2.1 CONSUMO DE PLÁSTICO A NIVEL MUNDIAL	41
FIGURA 2.2 CONSUMO DE PLÁSTICO POR SECTORES	44
FIGURA 2.3 RECOLECCIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN EUROPA	46
FIGURA 2.4 IMPORTACIÓN - EXPORTACIÓN DE PLÁSTICOS	50
FIGURA 2.5 DETALLE DE EXPORTACIÓN - IMPORTACIÓN DE PLÁSTICOS	51
FIGURA 2.6 DETALLE DE EXPORTACIÓN DE PLÁSTICOS	53
FIGURA 2.7 DETALLE DE IMPORTACIÓN DE PLÁSTICOS	53
FIGURA 2.8 DETALLE DE PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS	55
FIGURA 2.9 USOS DE PLÁSTICOS	56
FIGURA 2.10 USOS DE PLÁSTICOS 2003	57
FIGURA 2.11 TENDENCIA DE LA GENERACIÓN DE LA BASURA SÓLIDA 1960 - 2001	62
FIGURA 2.12 BOTELLAS DE PET CONSUMIDAS	65
FIGURA 2.13 ESTADÍSTICAS DE PET EN MÉXICO	70
FIGURA 2.14 COMPOSICIÓN DE RESINAS DEL MERCADO DE PET	71
FIGURA 2.15 RELACIÓN DEL RECICLAJE ENTRE LA PRODUCCIÓN Y EL CONSUMO	74
FIGURA 2.16 CONSUMO DE PLÁSTICOS POR TIPO	75
FIGURA 2.17 PARTICIPACIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS	76
FIGURA 2.18 CONSUMO DE RESINAS (VOLUMEN)	77
FIGURA 2.19 ÍNDICE DE RECICLAJE MECÁNICO	78
FIGURA 2.20 CONSUMO DE PLÁSTICO POR SECTOR	78
FIGURA 2.21 CONSUMO PER CÁPITA POR PAÍS	83

FIGURA 2.22 EVOLUCIÓN DEL CONSUMO PER CÁPITA DE PLÁSTICO EN ARGENTINA	83
FIGURA 2.23 TENDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMAS PLÁSTICAS	84
FIGURA 2.24 EXPORTACIONES - TONELADAS	85
FIGURA 2.25 EXPORTACIONES - DÓLARES	86
FIGURA 2.26 PRODUCTOS	86
FIGURA 2.27 DESTINOS DE EXPORTACIÓN	87
FIGURA 2.28 LA ADMINISTRACIÓN INTEGRADA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN ARGENTINA	88
FIGURA 2.29 EXPORTACIONES DE PRODUCTOS PLÁSTICOS	91
FIGURA 2.30 EXPORTACIONES DE PRODUCTOS PLÁSTICOS - I SEMESTRE DEL 2002	92
FIGURA 2.31 IMPORTACIONES DE MATERIAS PRIMAS PLÁSTICAS	93
FIGURA 2.32 CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS EN GUAYAQUIL Y QUITO EN EL 2001	94
FIGURA 2.33 INSTALACIÓN DE SEPARACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA PLAZA BAQUERIZO MORENO	96

## **ESTUDIO TÉCNICO**

FIGURA 3.1 PROCESO DE RECUPERACIÓN DE LOS DESECHOS PLÁSTICOS	98
FIGURA 3.2 PROCESO DE RECICLAJE MECÁNICO	100
FIGURA 3.3 PROCESO DE RECICLAJE QUÍMICO	103
FIGURA 3.4 DESCRIPCIÓN DE LA TAPA DE UN ENVASE PLÁSTICO	105

## **ESTUDIO AMBIENTAL**

FIGURA 4.1 COMPONENTE DE DESECHOS DOMÉSTICOS	147
FIGURA 4.2 DESECHOS RECICLABLES EN BASURA DOMÉSTICA	148
FIGURA 4.3 PORCENTAJE DE PLÁSTICOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	149

## INDICE DE TABLAS

### ASPECTOS GENERALES

TABLA 1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DESECHOS INDUSTRIALES	21
TABLA 1.2 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LA BASURA (EN PESO)	23
TABLA 1.3 SISTEMAS DE CÓDIGOS DE LOS PRINCIPALES PLÁSTICOS	36

### ESTUDIO DE MERCADO

TABLA 2.1 CONSUMO DE PLÁSTICO VIRGEN EN EUROPA	43
TABLA 2.2 RECUPERACIÓN DE LA BASURA PLÁSTICA	45
TABLA 2.3 EVOLUCIÓN DE LAS EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE LOS POLÍMEROS	52
TABLA 2.4 DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO PORCENTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS	54
TABLA 2.5 TENDENCIA DE LA RESINA DE PET EN EL USO DE BOTELLAS EN JAPÓN	58
TABLA 2.6 ACTUAL VOLUMEN DE RECOLECCIÓN DE BOTELLAS DE PET Y RATIO DE RECOLECCIÓN	59
TABLA 2.7 TENDENCIA DE LA CAPACIDAD DE MERCADO DE RECICLAJE DE PET EN JAPÓN	60
TABLA 2.8 PRODUCTOS DE PLÁSTICOS RECICLADOS	63
TABLA 2.9 RATIO DE RECICLAJE DE BOTELLAS DE PET EN ESTADOS UNIDOS	66
TABLA 2.10 DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE PET EN MÉXICO	69
TABLA 2.11 PRODUCCIÓN - CONSUMO - RECICLAJE	74
TABLA 2.12 RESIDUOS PLÁSTICOS CONSUMIDOS EN LOS 5 PRINCIPALES ESTADOS DE BRASIL	79
TABLA 2.13 TIPOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS CONSUMIDOS	79
TABLA 2.14 TIPOS DE RESIDUOS PLÁSTICOS CONSUMIDOS EN BRASIL	80

TABLA 2.15 PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS EN 2001 DE LAS PRINCIPALES COMPAÑÍAS DE ARGENTINA	88
---	----

### **ESTUDIO TÉCNICO**

TABLA 3.1 COMPARACIÓN ENTRE EL RECICLADO QUÍMICO Y EL RECICLADO MECÁNICO	104
TABLA 3.2 ANÁLISIS FODA	123
TABLA 3.3. MATRIZ BOSTON CONSULTING GROUP	124
TABLA 3.4 REQUERIMIENTO HUMANO DE LA PLANTA	141

### **ESTUDIO FINANCIERO**

TABLA 5.1 ANALISIS DE SENSIBILIDAD	145
------------------------------------	-----

### **ESTUDIO AMBIENTAL**

TABLA 4.1 TENDENCIA Y COMPARACIÓN DE ELIMINACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS	153
TABLA 4.2 VALORES ENERGÉTICOS DE LOS DESECHOS PLÁSTICOS	158

## INDICE DE PLANO

### ESTUDIO TÉCNICO

PLANO 3.1 PLANO DE LA PLANTA

143

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de la investigación es realizar un proyecto de inversión para la instalación de una planta recicladora de Polietilén Tereftalato (PET) para transformar los desperdicios de este material generados por la ciudad de Guayaquil en escamas recicladas para destinarlas a la exportación.

La idea de instalar una planta recicladora de PET nace del aumento de la importación de este material para la elaboración de vasos, botellas de agua, cola, jugos, etc. en alrededor de un 1.358% del año 2.002 al 2.003 (de 485 ton a 7.072 ton)<sup>1</sup>, y una mala disposición y manejo de estos desechos generados, ha convertido a este material en uno de los principales problemas de contaminación ambiental, lo cual contribuiría en establecer un óptimo manejo de los desechos sólidos generados.

---

<sup>1</sup> Datos de ASEPLAST.

Se espera que este trabajo contribuya a mostrar la importancia del reciclaje de los desperdicios plásticos para que las empresas, familias, instituciones educativas y negocios en general adopten una cultura de reciclaje que muy poco se ha tratado de desarrollar en el país, lo cual debería ser un requisito necesario en nuestros días para conservar y custodiar los recursos existentes en la naturaleza.

Se propone la utilización del reciclaje mecánico como una alternativa, ya que permite un correcto manejo de los desechos plásticos, procesando una mayor cantidad de toneladas en menor tiempo y costos en comparación con otros tipos de reciclado. El reciclado mecánico consiste en la clasificación, lavado, triturado y secado de los desperdicios plásticos para la obtención de escamas recicladas.

## **1. ASPECTOS GENERALES<sup>2</sup>**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de la industria del plástico ha contribuido en cambios y avances de diversos sectores importantes como: automotriz, industrial, comunicaciones, alimentos, farmacéuticos y agrícola, debido al reemplazo de materiales tradicionales como: madera, papel, vidrio y metales.

Estos cambios, en consecuencia, han modificado los hábitos de consumo de la población, propiciando el uso de una gran cantidad de materiales plásticos, que posteriormente se convierte en desechos ocasionando un problema de contaminación.

---

<sup>2</sup> Fuente: ASEPLAST

En los últimos años, a nivel mundial se ha generalizado el cuidado del medio ambiente. Los plásticos enfrentan a uno de los retos más importante desde su introducción en el mercado, ya que sus ventajas como la resistencia a la degradación y su economía con respecto a otros materiales están siendo cuestionadas por su impacto ambiental.

Algunos países han creado medidas legislativas como la retornabilidad y la reglamentación en el uso de materiales para reciclado. El interés por reciclar plásticos tiene como beneficios el mejoramiento ecológico y la generación de nuevas industrias que pueden resolver el problema de contaminación, aunado a la obtención de utilidades económicas.

### **1.1.1 HISTORIA DEL RECICLADO**

Aunque no se cuenta con documentos sobre cómo y cuando comenzó el reciclado de plásticos, probablemente en el inicio del desarrollo de la industria los transformadores empezaron a reciclar las piezas defectuosas que sostenían durante el proceso de producción y posteriormente determinaron que mezclándolas en determinados porcentajes con el material virgen podría obtener partes moldeadas de buena calidad.

En el año 1970, inicia desarrollo reciclado de plásticos debido a que su precio comenzó a aumentar y, posteriormente, al desabasto de materiales como consecuencia del embargo petrolero y del incrementen en el precio del petróleo.

Ésta combinación de circunstancias propició el desarrollo de tecnologías de recuperación que atenderían las necesidades de los consumidores para solucionar el problema de abasto.

Con el objetivo de encontrar soluciones para los desechos plásticos, se han desarrollado diversas investigaciones incluyen métodos físicos y químicos. Los métodos físicos consisten en sistemas para lavado y separación, molienda, fusión y granulado. Los métodos químicos no han prosperado fuera de laboratorio, como el proceso de pirólisis para aprovechar el poder calorífico de los materiales plásticos o los procesos de hidrólisis que sirven para despolimerizar las moléculas de plásticos, como el PET y el acrílico, y obtener sus materias primas originales.

Como se analizó el costo energético y productivo desde la extracción del crudo hasta su transformación final, se obtuvieron datos poco favorables para hacer de la incineración la solución que eliminará la basura plástica, creándose otras tecnologías que permitieran transformarla en una vida útil secundaria.

Considerando las ventajas de los métodos físicos, nace el reciclado de materias plásticas, que cobra gran importancia en los años 80's, donde surgen mercados y aplicaciones como una opción de negocio.

En los 90's se desarrolla el centro de acopio, en donde se recolectan sistemáticamente las diferentes materiales para facilitar su transformación posterior.

Los desperdicios plásticos se vuelven a integrar a un ciclo, industrial o comercial, convirtiéndose en materias primas a través de procesos cada vez más especializados.

La escasez de materias primas que presenta la industria de plástico provoca el desarrollo tecnológico del reciclado.

Reciclar significa "la circulación de los materiales dentro de un sistema cerrado con propósito optimizar recursos, disminuir la generación de basura, propiciar la separación de desperdicios y reintroducir los mismos al sistema productivo para generar artículos útiles al hombre".

### **1.1.2 RAZONES PARA RECICLAR**

Los factores más importantes para reciclar plásticos son:

- Ecología
- Economía
- Escasez

#### **ECOLOGIA**

Actualmente las normas ecológicas se han reestructurado siendo más estrictas para el control de los desechos plásticos. El reciclado de plásticos contribuye con la ecología, ya que ayuda a resolver el problema de los desperdicios plásticos, se ahorra hasta el 88% de la

energía que se requiere para producirlos a partir de petroquímicos y conservan los recursos naturales al reutilizar los productores petróleo.

## **ECONOMÍA**

La generación desperdicios es inevitable en industria de transformación de plásticos, por lo que para no crear una pérdida económica la empresa reciclan las mermas combinando las con material virgen. Estas mezclas ayudan a reducir el costo el producto, que de acuerdo a los porcentajes que se utilicen de regranulado, se disminuye los costos, siempre y cuando no se afectan las características del artículo fabricado.

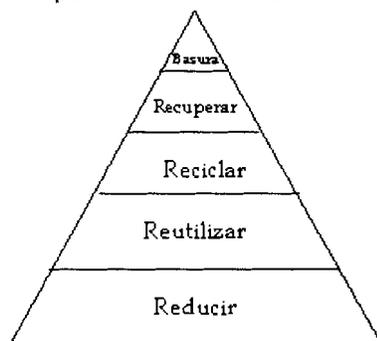
El precio del material reciclado es menor que el virgen, con lo que costo el producto se reduce y puede competir en el mercado.

## **ESCASEZ**

La industria de transformación de plásticos ha crecido considerablemente y además ha atravesado por varias crisis materiales. Estos dos factores propician la escasez y desabasto de materias primas que origina buscar otras fuentes de abasto como los plásticos reciclados.

La secuencia de acciones para disminuir el problema que generan los materiales de corta vida se describen a través de la pirámide que se muestra a continuación

**Pirámide para disminuir los desechos sólidos**



**Fig. 1.1**  
Fuente: ASEPLAST

**Reducir** significa utilizar la menor cantidad posible de materiales que se vaya a desechar. Con éste propósito se han desarrollado plásticos más resistentes, aditivos y procesos que permiten fabricar productos más ligeros y de espesores menores y diseños ergonómicos.

Por ejemplo, se han sustituido botellas rígidas por películas flexibles para contener líquidos con el objetivo de ocupar menores espacios en los centros acopio y rellenos sanitarios.

**Reutilizar** es aprovechar al máximo la vida útil de los productos a través de sistema de retornabilidad, como es el caso de las botellas para bebidas gaseosas y las cajas donde se transportan, así la empresa fabricante logró un control en el manejo de los productos terminados, disminuyendo el desperdicio y su impacto visual en la basura.

**Reciclar** es la tercera opción y se aplica una vez que los productos ya no pueden ser utilizados para su objetivo original. Sirve para obtener materia prima que será utilizada para fabricar artículos útiles para una segunda aplicación.

El concepto de **recuperar** es la utilización de métodos químicos para obtener materias primas o energía a partir de desechos plásticos.

La última etapa en el tratamiento de desechos sólidos es la **basura** y solamente deberá ser útil para cuando los productos hayan alcanzado su máximo uso y se justifica su reciclamiento.

### 1.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS

La generación de desperdicios plásticos se produce por dos grupos, que son:

- Desechos industriales
- Basura

#### DESECHOS INDUSTRIALES

Se conoce como desecho industrial a todo aquel artículo que es separado antes de formar parte de la basura, de este modo su recuperación es económica y práctica, originando que se utilicen de nuevo los materiales.

**Descripción de los diferentes tipos de desechos industriales**

<b>Material</b>	<b>Aplicación</b>
Papel y cartón	Se recicla para fabricar papel.
Plásticos	Se recicla para fabricar otras piezas de plástico.
Metal	Se recicla para piezas metálicas.
Vidrio	Se recicla para fabricar vidrio.
Materia orgánica	Se fabrica composta.
Madera	Se recicla para fabricar piezas más pequeñas o se quema.
Otros	No se recuperan, sino que se dirigen a centros de confinamiento.

**Tabla 1.1**

Fuente: ASEPLAST

En industria de transformación de plásticos se tienen piezas defectuosas y mermas, que se separan de acuerdo al tipo de material y se reciclan. Su reutilización es práctica, ya que estos artículos no han tenido contacto con el usuario, con la basura y están libres de contaminación. Los desperdicios se pueden volver a transformar o vender a un reciclador, para que no generen pérdidas a la empresa.

## **BASURA**

La basura ha sido siempre un problema para la sociedad y medio ambiente, se considera basura a todo objeto que ya no tiene uso o valor, surgiendo el deseo de eliminarlo.

Sin embargo, los desperdicios como un cascarón de huevo, una bolsa de plástico, un recipiente de alguna bebida gaseosa, al separarlos, se pueden manejar y reutilizar.

En 1993, se produjeron 1000 millones de toneladas de basura en el mundo que representan 2.7 millones de toneladas diarias, considerando que presentan una densidad de  $200 \text{ kg/m}^3$  equivalente a 13 millones  $\text{m}^3$ .

Este volumen sobre el 30% recibió un tratamiento, el resto se convirtió en un problema ecológico, higiénico, social y económico, ya que el costo de su recolección, transporte y eliminación es cada vez más elevado y cuestionable.

Países del primer mundo como Alemania y Japón han desarrollado programas de recolección desperdicios, es decir, artículos de desechos son separados por especie, por ejemplo: artículo de papel, vidrio, madera y plástico.

Estos programas fundamentan en un cambio de cultura, en la que sus pobladores desde pequeños conoce la diferencia entre los distintos materiales para que los separen, estos los convierten en desperdicios y no en basura y difícil de recuperar.

No es muy común que los desperdicios plásticos proveniente de la basura se recuperen, ya que en necesarios someterlos a sistemas de lavado demasiado costosos, que requieren de una fuerte inversión para las plantas lavado, así como de recursos humanos para su recuperación.

En México, el manejo de los desechos sólidos es el reflejo de la desenfrenada urbanización, originando un incremento en la generación de basura, sobre todo porque no existen programas de separación de desperdicios. Es uno de los países con mayor producción de basura, llegan de 1994 a los 29 millones de toneladas.

### **Tipos de desechos presentes en la basura**

Generalmente, los materiales que se encuentran presentes en la basura son: papel, cartón, vidrio, metales, madera, materia orgánica y plástico, con gran predominio del papel y el plástico, ya que son por excelencia utilizados para enlazar tiempo acá cualquier producto.

**Composición Física de la Basura (en peso)**

Material	%
Papel y cartón	9.7
Plásticos	8
Metal	2.6
Vidrio	2.4
Materia orgánica	58.90
Madera	4.7
Otros	13.7

**Tabla 1.2**

**Fuente:** M.I. Municipalidad de Guayaquil 1992 – Proyecto Relleno Sanitario Las Iguanas, Manual de Operación y Mantenimiento

La tabla muestra el que la materia orgánica ocupa el primer lugar en la composición física de la basura, seguido de los plásticos con un 8% y de la madera con un 4.7%.

En el segmento otros incluye textiles, desechos de jardín, desechos de construcción, tierra y pequeñas cantidades de cueros y cauchos.

### **Sistemas para tratamiento de basura**

Actualmente ,el mundo entero se padece de enfermedades, contaminación de agua, aire y suelo, por el tratamiento inadecuado que se le proporciona a los grandes volúmenes de basura que diariamente se producen. Atendiendo a esta dificultad y buscando la forma de aprovechar al máximo los recursos naturales, se mencionan las técnicas aplicadas a la disposición final de residuos sólidos.

#### **Relleno sanitario**

Su definición teórica es: un lugar legalmente autorizado donde la basura municipal se deposita y clasifica para su posterior entierro. Existen dos tipo de relleno sanitario:

- Relleno sanitario mecánico
- Relleno sanitario rústico

### Pepena

Es un sistema de clasificación manual de la basura en sus diferentes componentes como vidrio, metales, plásticos y otros. Se realiza en los llamados tiraderos a cielo abierto. Esta técnica requiere de grandes equipos como un camión recolector que no compacte la basura para poderla seleccionar, un área que será inutilizada por mucho tiempo y que no se encuentre lejos de los centros de producción.

La pepena no es una técnica eficiente, debido a que un 30% de la basura se queda en barrancas, Ríos, calles y el 70% en los tiraderos, sin embargo, con ésta técnica se aprovecha sólo 40% ya que el otro 30%, no se puede separar por ser materiales en vías de putrefacción.

### Compactación

Es un tratamiento de residuos sólidos que reduce el volumen de estos, por la aplicación de altas presiones.

### Incineración

Consiste en eliminar la mayor parte del volumen de los residuos mediante su combustión con la transformación de los desechos en gases, cenizas y escorias con el fin de aprovechar la energía producida.

### Composteo

Se basan en la fermentación de materias orgánicas contenidas en los residuos sólidos, por la acción de bacterias que generan nutrientes al suelo de agricultura. No es aplicable para materiales plásticos.

### Degradación de plásticos

También se conoce como pirólisis a la descomposición elementos orgánicos que contienen los residuos sólidos. Se realiza a altas temperaturas y en ausencia de oxígeno. Durante el proceso de descomposición, las materias orgánicas se convierten en líquidos, gases y residuos que representan la mitad del volumen inicial.

La ventaja esta técnica es que controla lo gases emitidos y la recuperación de subproductos.

La pirólisis se emplea para producir carbón sintético, la recuperación del metanol y ácido acético. Su proceso requiere de reactores especiales para tratar los residuos.

## **1.1.4 FUENTES DE DESPERDICIOS PLÁSTICOS**

Los plásticos generan desperdicios desde la obtención de materias primas, transformación hasta su consumo final. Las fuentes generadoras de dicho desperdicios son:

- Hogar
- Comercio
- Industria usuaria
- Transformadores
- Fabricantes materia prima

## **HOGAR**

Los desperdicios plásticos generados por una familia son películas de empaque, botellas y envases y bebidas, detergentes líquidos, aceites, shampoos y otros artículos desechables que generan 60% del total.

Cuando estos productos van directamente la basura se contaminan para su reciclaje, por lo que se requiere separarlos y lavarlos.

Es por ello que se emplea el triángulo de identificación de materiales, así el ama de casa puede separar e incluso lavar estos productos y llevarlos al centro a copio, donde pueden ser recolectados para su reciclamiento.

## **COMERCIO**

Contribuyen con el 10% de los desperdicios, en éste rubro se integran: tiendas, supermercados, cines, restaurantes y centros comerciales en general.

Los supermercados desechan películas termoencogibles utilizadas en el embalaje de cajas, así como empaque de poliestireno

expandible, utilizado en frutas, verduras y protección de aparatos domésticos, así como ganchos de ropa.

En los cines se desechan: botellas de bebidas, vasos, cucharas, bolsas y envolturas de botanas y dulces. Para los cines se recomienda que la empresa realice la separación previa de los desperdicios para después ser entregados a un centro de acopio. En este caso, indispensable ubicar contenedores con diferentes asignaciones dentro y fuera de la sala, para que el público coloque los desperdicios en el lugar adecuado y sea rápida su separación y recolección posterior.

En los restaurantes, los desperdicios que se generan son semejantes a los del hogar. Para los supermercados y centros comerciales, existen pequeñas empresas que se dedican a la recolección de los desperdicios plásticos, de forma que se pueden procesar directamente o únicamente requieren de un pequeño lavado.

## **INDUSTRIA USUARIA**

Las industrias de alimentos, cosméticos y productos de limpieza, generan una cantidad importante de desechos plástico derivados del empaque de sus materias primas, así como de los desperdicios generados en las líneas de envasado, contribuyendo con un 10% del total de desperdicios.

Estos desperdicios se contaminan por los productos que contienen y su reciclaje se complica. Se recomienda que las compañías

cuentan con contenedores en los que se puedan separar los materiales y, que sin necesidad de lavarlos, se envíen a un centro a copio o a una empresa recuperadora.

## **TRANSFORMADORES**

En la industria transformadora no es posible evitar los predice. Su cantidad depende de los procesos utilizados, la eficiencia del equipo y el tipo de plástico que se maneje.

El proceso de inyección genera las coladas y eventualmente piezas defectuosas, así como las purgas por cambio de material. Alguna empresa que poseen equipo de inyección con sistemas de colada caliente, reducen los desechos.

La extrusión genera desperdicios menores que los del proceso de inyección, siendo sólo por purgas y desperdicio durante el arranque. Cuando hay piezas defectuosas es más fácil su recuperación, ya que se pueden partir y moler posteriormente.

En el proceso de soplado también existe material desperdicio de arranque y purga , presenta una problemática parecida al proceso de extrusión y las piezas defectuosas se tratan igual forma.

## **FABRICANTES DE MATERIAS PRIMAS**

Generan un 5% con el material de purga y limpieza para los reactores, estos plástico presentan grandes dimensiones, son

difíciles de moler y procesar, sin embargo, también deben ser considerados como una fuente desperdicios, ya que con ciertas tecnologías, como la molienda criogénica, es posible recuperarlos.

### **1.1.5 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL RECICLADO**

El empresario que se dedica a recuperar los materiales poliméricos, debe tomar en consideración dos aspectos importantes que en muchas ocasiones son poco reconocidas para el desarrollo de su empresa y la calidad del producto que ofrece, estos son:

- Requisitos para un negocio de éxito
- Factores que originan la degradación

#### **REQUISITOS PARA UN NEGOCIO DE ÉXITO**

El reciclado de plásticos no representa una tarea fácil, sobre todo porque no existe una cultura en plásticos como ecológica, sin embargo, en países desarrollados como Alemania, Japón y estados unidos, se observa una gran oportunidad de negocio en él, México y América Latina están en la primera etapa reciclado, por lo que su factibilidad radica básicamente en cuatro aspectos:

- Abasto
- Liquidez
- Tecnología
- Mercado

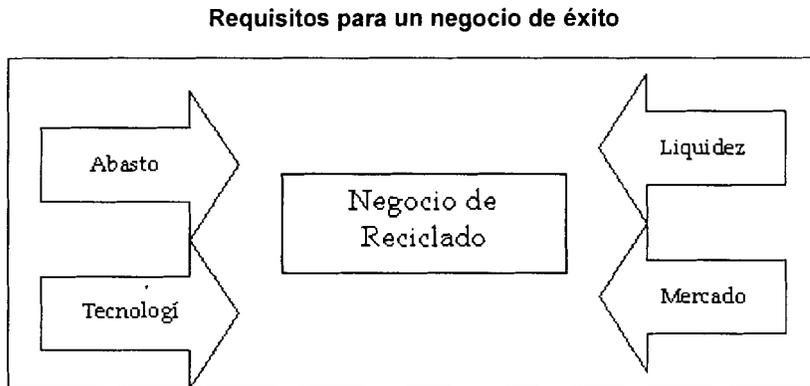
El **abasto** de materiales debe ser constante y clasificado, de acuerdo a la normalización existente de cada uno de los productos. Los plástico ocupan un gran volumen, por lo que se debe disponer de espacio suficiente en local donde se resguardarán, además de contar con la cantidad adecuada a la tecnología que se utilice.

La **liquidez** es necesaria para que el abasto de material no sea suspendido, el cual puede provenir del post-consumo o de desperdicios industriales.

Existen empresarios que han intentado el reciclado de plásticos sin **tecnología**, sin lograr prosperar porque los gastos de producción se elevan. Si se pretende un negocio rentable en el reciclado de plástico, se debe de invertir en *tecnología* de vanguardia donde se puedan controlar los diferentes lotes materiales de acuerdo al abasto y producción que se maneje para su comercialización.

El **mercado** es un aspecto importante para propiciar el éxito el negocio, se debe tener un producto en cantidad y calidad, así como aprovechar los avances en coextrusiones para nuevos *mercados*.

De las operaciones de lavado y secado, se obtiene un material molido con un material degranulado definido y homogéneo que es utilizado para fabricar la señalización en carreteras.



**Fig. 1.2**

**Fuente:** ASEPLAST

## **FACTORES QUE ORIGINAN LA DEGRADACIÓN**

La degradación de los polímeros se inicia por reacciones que rompen las cadenas moleculares.

Los tipos de descomposición de los plásticos son:

- Térmica
- Mecánica
- Fotoquímica
- Por radiación química
- Biológica
- Química

## **1.2 ANALISIS POR TIPO DE PLÁSTICO**

### **1.2.1 CLASIFICACIÓN**

Los plásticos se dividen en 2 grandes grupos:

- Termoplásticos
- Termofijos

#### **TERMOPLÁSTICOS**

Son materiales que por la acción del calor se funden y pueden moldearse repetidas veces, se debe tener en cuenta que en cada transformación se pierden parte de sus propias originales.

Algunos de estos materiales y sus aplicaciones más comunes son:

- Polietilén Tereftalato: botellas, envases termoformados.
- Polietileno baja densidad: bolsas
- Polietileno alta densidad: bolsas tipo papel, tuberías, cubetas, macetas, botellas.
- Cloruro de polivinilo: juguetes, tuberías, cable eléctrico, mangueras, tarjetas de crédito, etc.
- Polipropileno: recipiente de comida, sillas para jardín, películas, filamento para pañal, ganchos.

- Poliestireno: estuches de cosméticos, envases termoformados, estuches de cassettes.
- Acrilonitrilo-butadieno-estireno: carcazas de teléfonos, batidoras, licuadoras, máquinas de escribir.
- Nylon: engranes, ruedas de patines.

## **TERMOFIJOS**

Son materiales que una vez moldeados, no se pueden fundir para reutilizarse, ya que se carbonizan; generalmente están cargados con minerales y fibras de vidrio.

Se utilizan en aplicaciones como:

- Resina poliéster: encapsulados, laminas acanaladas.
- Resina fenólica: apagadores de luz.
- Resina melamínica: vajillas.
- Poliuretano: colchones, espumas y rellenos de muebles.

### **1.2.2 CODIFICACIÓN**

Algunas aplicaciones de diferentes materiales son semejantes, por lo que es muy difícil de identificar un material plástico con la vista o el tacto, por eso se implementó un sistema que ayuda a identificar el material empleado para fabricar: tarros, botellas, contenedores, recipientes, bolsas y cubetas.

Este sistema fue desarrollado por "The Society of the Plastics Industry (SPI)", y ha sido adoptado en todo el mundo.

Se basa en una simbología simple que permite en el proceso de recolección y reciclaje, identificar y separar los diferentes productos.

Se compone por tres flechas que forman un triángulo con un número en el centro y letras en la base.

Existen cinco familias de plásticos que son las que se encuentran en los empaques domésticos:

- Polietilén Tereftalato (PET)
- Polietileno (PE)
- Cloruro de Polivinilo (PVC)
- Polipropileno (PP)
- Poliestireno (PS)

Estos representan el 75% del consumo de plásticos y se encuentran

A continuación se detalla la el sistema de códigos aplicado a los principales termoplástico para su fácil identificación.

## Sistema de Códigos de los Principales Plásticos

TIPO / NOMBRE	CARACTERISTICAS	USOS / APLICACIONES
 <p>PET Poliétileno Tereftalato</p>	<p>Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por poli-condensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post-condensar, existiendo diversos colores para estos usos.</p>	<p>Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios (mayonesa, salsas, etc.). Películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera (productos alimenticios), envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles (pavimentación /caminos); películas radiográficas.</p>
 <p>PEAD Poliétileno de Alta Densidad</p>	<p>El polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo.</p>	<p>Envases para: detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas y cervezas, baldes para pintura, helados, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas.</p>
 <p>PVC Cloruro de Polivinilo</p>	<p>Se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43% y sal común (*) 57%. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles (Inyección - Extrusión - Soplado). (* Cloruro de Sodio (2 NaCl))</p>	<p>Envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa. Perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües domiciliarios y de redes, mangueras, blister para medicamentos, pilas, juguetes, envolturas para golosinas, películas flexibles para envasado (carnes, fiambres, verduras), film cobertura, cables, cuerina, papel vinílico (decoración), catéteres, bolsas para sangre.</p>
 <p>PEBD Poliétileno de Baja Densidad</p>	<p>Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión y Rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.</p>	<p><b>Bolsas de todo tipo:</b> supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc. <b>Películas para:</b> Agro (recubrimiento de Acequias), envasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos, etc.). Streech film, base para pañales descartables. Bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos. Tubos y pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos), tuberías para riego.</p>

 <p>PP Polipropileno</p>	<p>El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.), se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. (El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado y extrusión/termoformado)</p>	<p>Película/Film (para alimentos, snacks, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria). Bolsas tejidas (para papas, cereales). Envases industriales (Big Bag). Hilos, cabos, cordelería. Caños para agua caliente. Jeringas descartables. Tapas en general, envases. Bazar y menaje. Cajones para bebidas. Baldes para pintura, helados. Potes para margarina. Fibras para tapicería, cubrecamas, etc. Telas no tejidas (pañales descartables). Alfombras. Cajas de batería, paragolpes y autopartes.</p>
 <p>PS Poliestireno</p>	<p>PS Cristal: Es un polímero de estireno monómero (derivado del petróleo), cristalino y de alto brillo. PS Alto Impacto: Es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de: Inyección, Extrusión/Termoformado, Soplado.</p>	<p>Potes para lácteos (yoghurt, postres, etc.), helados, dulces, etc. Envases varios, vasos, bandejas de supermercados y rotiserías. Heladeras: contrapuestas, anaqueles. Cosmética: envases, máquinas de afeitarse descartables. Bazar: platos, cubiertos, bandejas, etc. Juguetes, cassetes, blisters, etc. Aislantes: planchas de PS espumado.</p>

Tabla 1.3

Autores: Víctor Castillo, Xavier Macero, Luis Villacreses

## 2. ÉSTUDIO DE MERCADO

El **Polietilén Tereftalato**, mejor conocido como 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 hasta lograr un alto nivel de sofisticación basado en el espectacular crecimiento en la demanda del producto a escala mundial y a la diversificación de sus posibilidades de uso.

A partir de 1976 el PET es usado para la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes principalmente para bebidas, sin embargo el PET ha tenido un desarrollo extraordinario para empaques.

A lo largo de la historia del PET, la evolución tecnológica de los procesos y de los materiales se ha traducido en una mejora de su impacto medioambiental.

## 2.1 MERCADO INTERNACIONAL

### 2.1.1 EUROPA

Europa es uno de los continentes más desarrollados en el ámbito de reciclaje de PET. Existen un sin número de organizaciones dedicadas a la promoción y motivación de esta actividad, entre las cuales destacan APME y PETCORE<sup>3</sup>.

APME<sup>4</sup>, Asociación Europea de Productores de Plásticos, es una asociación que opera desde seis oficinas descentralizadas: uno en Bruselas y cinco centros regionales ubicado en la Francia, Alemania, Italia, España y el UK. Esta asociación representa el 90% de la capacidad de producción de materiales de plástico en Europa. Además genera información sobre la industria y promociona los beneficios del material plástico a la sociedad. Para lograr esto, Plastics Europe apunta a:

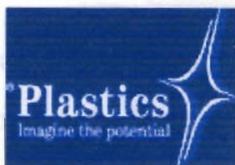
- Proveer soluciones efectivas a los problemas de la industria plástica en Europa.
- Representar los intereses de la industria en general.
- Definir y comunicar temas relacionados a la producción, uso y tratamiento de los materiales plásticos producidos por la industria.

---

<sup>3</sup> Más información en [www.petcore.org](http://www.petcore.org)

<sup>4</sup> Más información en [www.apme.org](http://www.apme.org)

- Generar y promocionar información objetiva pertinente a la industria.
- Salvaguardar el libre comercio para sus productos.



Sin embargo, como consecuencia de la necesidad de crear una red integrada más eficiente en un ambiente de negocio cada vez más dinámico y cambiante, las compañías miembro han iniciado una revisión de APME y de su interacción con sus organizaciones asociadas. El resultado ha sido una nueva organización europea, Plastics Europe, que sustituirá a APME antes del fin de 2004. La nueva red europea de fabricantes plásticos se diseña para asegurar una fuerte cooperación entre las asociaciones nacionales existentes de los plásticos y el consejo de trabajo químico europeo (CEFIC), para responder efectivamente a los desafíos de hoy.

PETCORE, Recipientes Reciclados de PET en Europa, es una asociación Europea sin fines de lucro que fomenta el uso y desarrollo de los recipientes de PET, facilitando su reciclado. Se estableció en 1993, fruto de las compañías que producen esta resina. Su intento estuvo para crear un "centro de conocimiento" sobre el PET, con el fin de promocionar el producto en todo el continente.

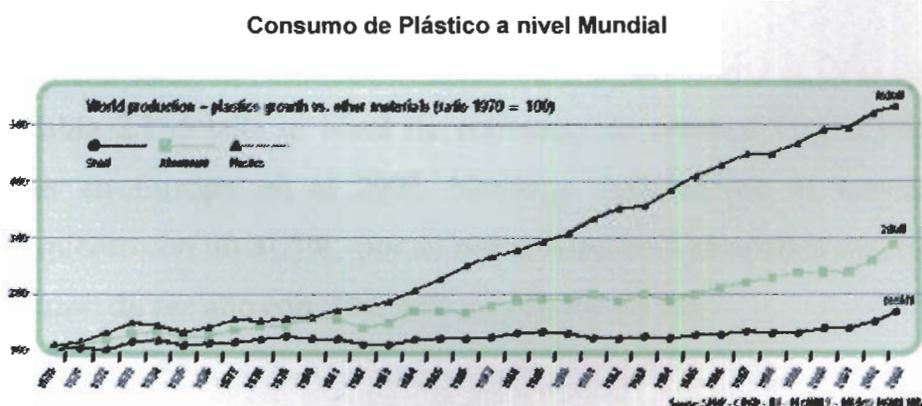


A lo largo de los años, PETCORE ha acogido miembros de otros sectores de la industria PET y hoy ve una representación amplia desde muchos sectores del negocio: los productores de resina, los fabricantes de

recipientes y envasadores. Ayuda a las autoridades locales en establecer programas de reciclaje de envases de PET y mantiene relaciones cercanas con asociaciones nacionales europeas dedicadas a la recuperación y recirculación de los recipientes de PET.

Mediante la participación en los esfuerzos de reciclaje de muchos países europeos, PETCORE ha desarrollado una pericia sana en el establecimiento de programas de reciclaje, ayudando a varias comunidades con la información pertinente acerca del tema

El consumo del plástico ha crecido considerablemente a lo largo de los años frente a otros materiales. Como se puede apreciar en la Fig.2.1, ha habido una tendencia alcista en el uso de este material, con niveles de crecimiento superiores en relación con el acero y aluminio. En el 2003 se registró un consumo mundial de 169 MT.



**Fig. 2.1**

Fuente: Informe "Plastic – Europe 2004"

Según datos de APME, Europa Occidental experimentó un incremento del 3.7% en el consumo de plástico virgen, alcanzando un total de 27.3 millones de toneladas. Esa tendencia se ha

mantenido a lo largo de los años. En el 2000 se registró un consumo de 34.7 millones de toneladas de plástico virgen, con un consumo per cápita de 89.5 kilogramos. En el 2001 se observa un crecimiento del 1.6% en relación con el 2000. El consumo per cápita de ese año fue de 96.6 kilogramos. En el 2002 se registraron 38.96 millones de toneladas, con un consumo per cápita de 98.1 kilogramos. Sin embargo, las perspectivas de crecimiento de la industria plástica en el 2003 fueron un poco cuestionadas por el brote de guerra en Iraq. El descenso económico global, exacerbado por tensiones en curso en el Oriente Medio, trajo el estancamiento relativo a la industria. Sin embargo, a pesar de estos desafíos, la industria sigue siendo relativamente robusta. En el 2003 el consumo en Europa occidental alcanzó 39.706 millones de toneladas, experimentando un crecimiento del 5,6 por ciento en referencia al 2001. Se espera que el 2004 sea más positivo, debido a los altos niveles de demanda que muestra el continente asiático.

La Tabla 2.1 detalla el nivel de consumo de plástico virgen por países en Europa en el 2002. Noruega experimentó el mayor crecimiento con un 31.3%, por su parte, Alemania alcanzó el mayor consumo de ese año con 10.8 millones de toneladas.

## Consumo de Plástico Virgen en Europa

País	Cambio % de		Miles de Ton/año
	2001/2002	% del Total	
Austria	-12,1	1,96%	765
Bélgica	0,1	5,34%	2.080
Dinamarca	-2,8	1,41%	550
Finlandia	7,6	1,22%	475
Francia	4,2	11,68%	4.550
Alemania	3,2	27,90%	10.870
Grecia	10,9	1,32%	515
Irlanda	0,1	1,10%	430
Italia	2,5	18,02%	7.020
Holanda	10,5	4,52%	1.760
Portugal	18,8	1,81%	705
España	9,3	9,11%	3.550
Suecia	10	1,85%	720
Unión Británic.	1,6	10,15%	3.954
Noruega	31,3	0,99%	385
Suiza	12,8	1,63%	637
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>38.966</b>

Tabla 2.1

Fuente: Informe "Plastic – Europe 2004"

La demanda de la industria sigue siendo fuerte en todos los sectores en 2002 y 2003. Aunque la mayoría de sectores no demostró ningún aumento significativo en el consumo comparado al 2002, el sector automotor fue la excepción, aumentando en 5,7 por ciento en 2003. Las altas demandas de la industria al buscar alto rendimiento, estilo y confiabilidad con comodidad, seguridad, eficacia de combustible y consecuencias mínimas para el medio ambiente, conduce a menudo en una nueva generación de plásticos ligeros. Esto se refleja en el volumen de plásticos que son utilizados. El volumen de plásticos consumidos alcanzó 3170000 toneladas, 8% del total de plásticos utilizado en todos los sectores en 2003. El peso ligero contribuye a 10% de reducción por año en el consumo de combustible del coche de pasajeros a través de Europa.

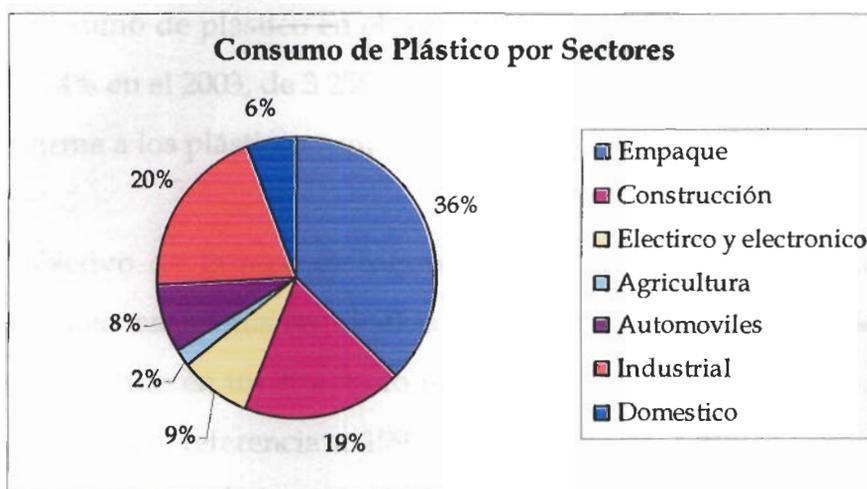


Fig. 2.2

Fuente: Informe "Plastic – Europe 2004"

El empaque sigue siendo el consumidor más grande de plásticos en 2003, con un total de 14.76 millones de toneladas, es decir el 37,2% de todos los plásticos consumidos. El empaque sufrió un crecimiento de 1,3% en el consumo entre 2002 y 2003 a pesar del descenso económico. Esto es porque los plásticos siguen siendo el material más utilizado para empaquetar, substituyendo cada vez más a otros materiales más tradicionales. El 50% de todas las mercancías en Europa se empaquetan en plástico.

El sector del edificio y de la construcción sigue siendo el tercer usuario más grande de plásticos, con un aumento del 2% en el consumo en 2003, alcanzado 7350 toneladas. El sector de la agricultura consumió 1,9% del total de los plásticos consumidos en 2002 y 2003., es decir 744000 toneladas. Se lo utiliza en la irrigación y alcantarillado agrícola.

El consumo de plástico en el sector eléctrico y electrónico creció en un 3,4% en el 2003, de 3 250 000 en 2002 a 3 360 000 toneladas. Esto confirma a los plásticos como material imprescindible para el sector

El objetivo de Europa es lograr que los niveles de recuperación aumenten en la misma medida que lo hace el consumo. Se ha incrementado en un 30.47% los niveles de desechos plásticos post - consumo con referencia a 1993, pasando de 16.2 millones a 21.15 millones de toneladas. La generación de basura plástica post - consumo aumentó en un 5.9 % entre 2001 y 2003, alcanzando 21.15 millones de toneladas. Sin embargo, mejoradas infraestructuras de recolección y separación han conducido a un aumento en las cantidades recuperadas. Las mejoras en el reciclaje contribuyeron a una subida de 11.2% entre 2001 y 2003 en la recuperación del material.

Recuperación de la Basura Plástica											
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Total de Basura Plástica	16.211	17.505	16.036	16.871	16.975	18.457	19.166	19.341	19.980	20.607	21.150
Reciclado Mecánico	915	1.057	1.222	1.320	1.455	1.614	1.888	2.213	2.521	2.808	3.130
Otros	-	51	99	251	334	361	346	329	298	330	350
Recuperación de Energía	2.425	2.348	2.698	2.496	2.575	3.834	3.949	4.411	4.583	4.678	4.750
Total de Plásticos Recuperados	3.340	3.456	4.019	4.067	4.364	5.809	6.183	6.953	7.402	7.816	8.230
% Recuperación	21%	20%	25%	24%	26%	31%	32%	36%	37%	38%	39%

**Tabla. 2.2**  
Fuente: Informe "Plastic – Europe 2004"

El reciclaje mecánico sigue siendo la ruta preferida para recuperar las corrientes de basura plástica homogénea y relativamente limpia. Es la segunda técnica más grande después de la energía. Alrededor del 13.6% del total de basura recolectada se la procesó por este

medio en el 2002 y un 14.8% en el 2003. Entre el 2001 y 2003 hubo un 24% de incremento en la cantidad de basura **plástica** recuperada con el reciclaje mecánico, de 2.5 millones a 3.1 millones toneladas.

En el 2003, 4.75 millones de toneladas de basura plástica fueron recogidas en Europa occidental para destinarlas a la generación de energía. Cantidad que estuvo por encima del 1,5% en relación al 2002. Esto representó 22,5% del total de basura plástica recuperada.

La industria plástica emplea alrededor de 1'000.000 de personas, siendo la segunda industria más importante en Europa **luego de la** industria petroquímica.

#### Recolección de botellas plásticas en Europa



**Fig. 2.3**

Fuente: Plast Universe

El consumo de PET en Europa ha sido de 3'424.000 toneladas en 2001, 3'678.000 toneladas en el 2002 y 3802000 en el 2003. A lo largo de los años, Europa ha experimentado una tendencia creciente en el reciclado de PET, debido a las mejoras tecnológicas que permiten el uso del material recuperado en un sinnúmero de aplicaciones. Por ejemplo, ahora es posible hilar muy fino el material, lo que da como resultado una fibra óptima para la fabricación de prendas de vestir o moquetas suaves y resistentes a las manchas. El PET se utiliza también como capa intermedia en envases de alimentos y bebidas, como capa única en envases de cosméticos o como amortiguador de ruido en los automóviles. Por otro lado, influyen en las cifras crecientes de reciclado el incremento en el número de puntos de recolección, la cantidad cada vez mayor de envases retornados y la mejora de la calidad de los sistemas de clasificación. En 1997 Europa recolectó 86000 toneladas de envases de PET, cifra que equivale a 1.720 millones de botellas. En 1998 se recolectaron 104000 toneladas, según datos de PETCORE. . En 1999, el volumen de recolección alcanzó las 210.000 toneladas. Según informe de PETCORE, el reciclado de botellas de PET en 2003 ha crecido en toda Europa en un 36%, al totalizar 612.000 toneladas frente a las 449.000 toneladas de 2002. En el 2001 se recolectaron alrededor de 345000 toneladas. Se observó un crecimiento extraordinario del reciclado en España, Portugal, Hungría, Eslovaquia, los países bálticos e Irlanda. Bélgica, Alemania, Noruega, Suecia y Suiza reciclaron alrededor del 70 por ciento de de la cantidad disponible de botellas del PET. En el resto de países también se observó un crecimiento. Alemania y el Reino Unido fueron los países que más

contribuyeron al aumento de la exportación de botellas de PET a China.

El director general de PETCORE, Frank Koelewijn afirma que "la exportación de RPET subió desde 33.000 toneladas en 2002 a 136.000 toneladas en 2003. En los últimos años Europa ha construido una infraestructura de considerable importancia para el reciclado del PET.

### 2.1.2 JAPÓN

Japón es uno de los países más organizados en cuanto a reciclaje se refiere. Varias organizaciones contribuyen en el éxito de programas de recolección y procesamiento de desechos plásticos. Entre las principales organizaciones relacionadas en este tema se encuentran: la Federación de la Industria Plástica en Japón, la Asociación de Reciclaje de Recipientes y Empaques en Japón y el Consejo para el Reciclado de Botellas de PET.



"The Japan Plastics Industry Federation (JPIF)", Federación de la Industria Plástica en Japón, nace con la finalidad de organizar la industria ante altos índices de crecimiento. El objetivo del JPIF es perseguir el desarrollo y avance total de la industria plástica, promocionar los intereses comunes en el negocio de las compañías miembro y contribuir al desarrollo de la industria japonesa. Específicamente se encarga de:

- Compilación de estadísticas, investigación y recaudo de información.
- Comunicar cambios en el ambiente internacional y relaciones públicas
- Actividades relacionadas con la seguridad y conservación de ambiente
- Actividades relacionadas con la Ley de Reciclaje de Empaques y la Ley de Promoción de la Utilización Efectiva de los Recursos
- Actividades relacionadas con la seguridad de aparatos eléctricos.



“The Japan Containers and Packaging Recycling Association (JCPRA)”, Asociación de Reciclaje de

Recipientes y Empaques en Japón, tiene como objetivo proteger el ambiente en el Japón y contribuir al desarrollo sano de la economía doméstica mediante el reciclaje de recipientes y envolturas a través de contratos con entidades, municipios y recicladores bajo la Ley de Promoción de Reciclaje y Recaudo Selectivo de Recipientes y Empaques.

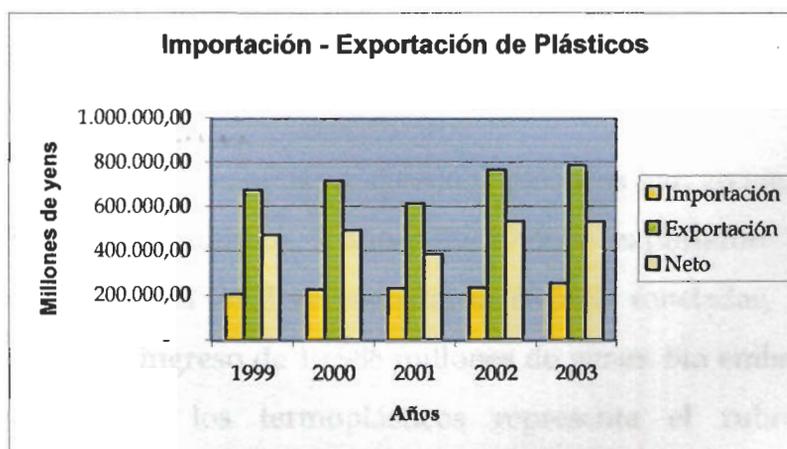


“The Council for PET Bottle Recycling” (Consejo para el Reciclado de Botellas PET) fue creada con la finalidad de fomentar el reciclaje de la

botella de PET en el Japón, a través de información, desarrollo, implementación y asistencia de adecuados sistemas de reciclaje. Está integrada por: la Asociación de los recicladores de Botellas de

Pet de los Destiladores de Nippon, la Asociación de Bebidas de Japón, la Asociación de Jugo de Fruta de Japón, la Asociación de Botellas de PET y la Asociación de Cerveceros de Japón

Japón importa y exporta plástico en grandes cantidades. En los últimos 5 años ha obtenido un saldo positivo en su balanza comercial. Las importaciones de los diferentes materiales plásticos han experimentado un crecimiento del 11.45%, pasando de 1'120.499 toneladas en el año de 1999 a 1'248.742 toneladas en el año 2003. Por su parte, las exportaciones han crecido en un 11.17%; pasando de 4'238.921 toneladas en 1999 a 4'712.306 toneladas en el 2003.



**Fig. 2.4**

Fuente: The Japan Containers and Packaging Recycling Association

En el 2003 Japón obtuvo un saldo positivo de 530.797 millones de yenes. Sin embargo, ha sufrido un decrecimiento de 0,22% en relación al 2002, pasando de un saldo positivo de 531.956 millones

de yenes en el 2002 a 530.797 millones de yenes en el 2003. Fig. 2.4 muestra el comportamiento que han experimentado las importaciones y exportaciones de plásticos en los últimos 5 años.

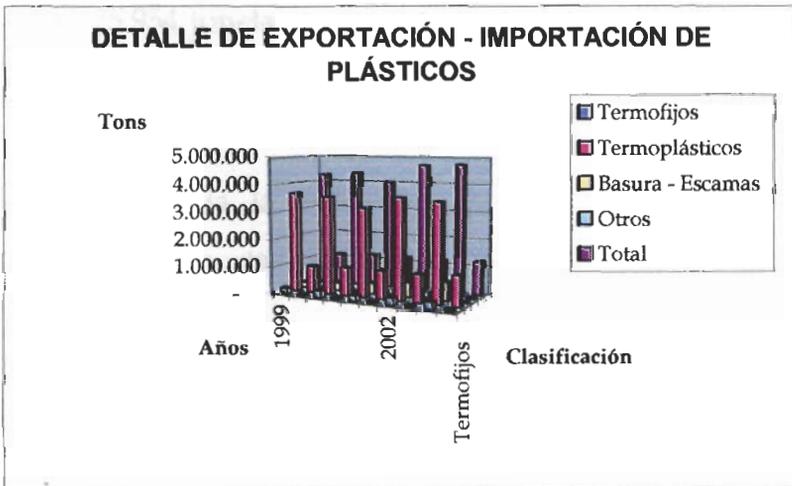


Fig. 2.5

Fuente: The Japan Containers and Packaging Recycling Association

La exportación de escamas y desechos plásticos han ascendido en un 258% en los últimos 5 años. En 1999 se exportaron 190.627 toneladas y en el 2003 se registraron 681.680 toneladas, lo que representa un ingreso de 19.986 millones de yenes. Sin embargo, la exportación de los termoplásticos representa el rubro más importante. En el 2003 se exportaron 3'565.998 toneladas, lo que representa un ingreso de 554.209 millones de yenes. En el 2003 se exportaron 262.398 toneladas de termofijos, lo que representa ingresos de 130.708 millones de yenes.

La importación de los termofijos ha crecido considerablemente en los últimos 5 años. Desde 1999 hasta el 2003 se ha experimentado un incremento del 29%. En 1999 se importaron 58.858 toneladas y

en el 2003 se registró una importación de 75.954 toneladas. En segundo lugar tenemos a los termoplásticos. En 1999 se importaron 978.317 toneladas, pero en el 2003 se registraron 1'089.252 toneladas, alcanzando un incremento del 11%. En el 2003 se importaron 75.954 toneladas de termofijos, 1'089.252 toneladas de termoplásticos, 2.960 toneladas de basura – escamas de plástico.

La Tabla 2.3 detalla la evolución que han experimentado las exportaciones e importaciones de los polímeros en los últimos 5 años.

#### Evolución de las Exportaciones e Importaciones de los Polímeros

Toneladas Descripción	1999			2000			2001			2002			2003		
	Exportación	Importación	Saldo												
Termofijos	228.718	58.853	165.865	250.515	67.278	183.237	217.397	66.666	150.731	257.982	69.025	188.957	262.398	75.954	186.444
Termoplásticos	3.657.642	978.317	2.679.325	3.584.317	1.028.571	2.555.746	3.259.240	1.019.271	2.239.969	3.654.791	1.016.407	2.638.384	3.565.998	1.089.252	2.476.746
Basura - desechos - escamas	150.627	19.645	170.982	299.959	14.738	285.221	392.163	3.312	388.851	549.557	3.064	546.493	681.648	2.960	678.720
Otros	165.994	65.679	102.259	178.035	74.659	103.376	166.993	77.310	89.683	208.553	71.657	125.896	202.230	37.775	164.455
Total	4.238.921	1.128.499	3.110.422	4.312.826	1.185.226	3.127.600	4.015.793	1.166.559	2.849.234	4.662.883	1.163.153	3.499.730	4.712.306	1.105.941	3.506.365

Tabla. 2.3

Fuente: The Japan Containers and Packaging Recycling Association

De los 3'565.998 toneladas de termoplásticos que se exportaron en el 2003, el 21% correspondió a PVC. Los polietilenos de alta y baja densidad alcanzaron el 18%, el polipropileno obtuvo un 11%. El PET registró el 4% de participación del total exportado. La Fig. 2.6 detalla la distribución de la exportación alcanzada en el año 2003.

### Detalle de Exportación de Plásticos

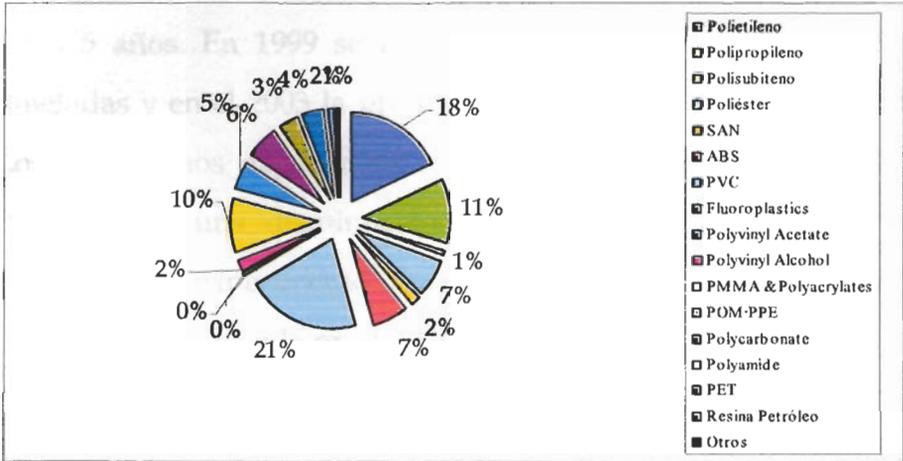


Fig. 2.6

Fuente: The Japan Containers and Packaging Recycling Association

De las 1'089.252 toneladas de termoplásticos que se importaron en el 2003 el 37% corresponde a PET, 17% a los polietilenos de alta y baja densidad y el 16% a los propilenos. La Fig. 2.7 detalla la distribución de la importación alcanzada en el año 2003.

### Detalle de Importación de Plásticos

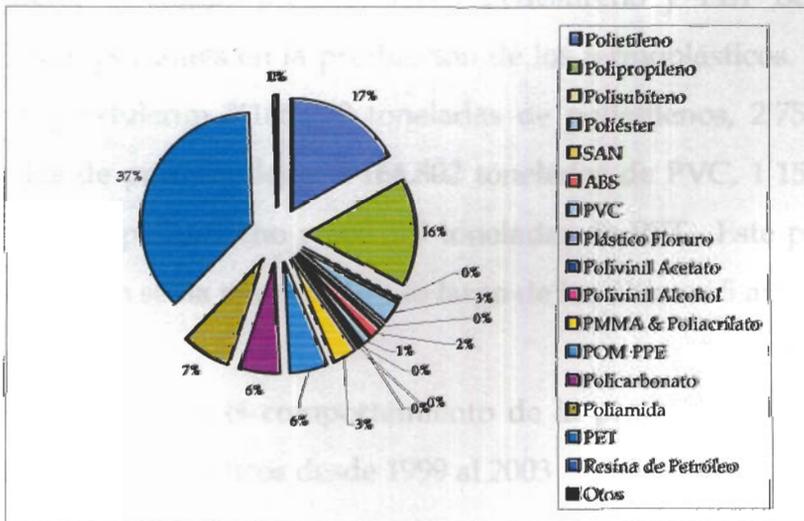


Fig. 2.7

Fuente: The Japan Containers and Packaging Recycling Association

Dentro de la industria petroquímica, la fabricación de los termoplásticos ha sufrido un decrecimiento del 4.22% a lo largo de estos 5 años. En 1999 se registró una producción de 12'703.898 toneladas y en el 2003 la producción alcanzó 12'167.531 toneladas. Los polietilenos experimentaron un decrecimiento del 6.04%, el PVC obtuvo una disminución de la producción del 12,02%, el polipropileno experimentó un crecimiento del 4.76% y el PET sufrió una disminución en la producción del 9.38%.

#### Descripción del cambio Porcentual de la Producción de Plásticos

Periodo	Polietileno				Policloro de Etileno				Polipropileno				Poliéster				Otros	
	Total	HD	LD	LLD	Total	HD	LD	LLD	Total	HD	LD	LLD	Total	HD	LD	PET	OTROS	
1999-2000	-0.7%	-2.6%	15.8%	0.9%	3.6%	-10.0%	4.1%	2.3%	-3.6%	-2.0%	4.8%	9.9%	2.0%	-3.3%	5.6%	14.6%	16.1%	0.7%
2000-2001	-1.4%	-6.6%	8.7%	-5.2%	-8.9%	-17.0%	-2.2%	-4.8%	5.6%	8.9%	0.2%	9.9%	4.6%	-14.6%	6.3%	-11.6%	34.7%	-6.0%
2001-2002	-3.5%	-2.6%	9.8%	9.9%	-2.8%	5.8%	11.0%	1.9%	1.8%	4.9%	4.2%	-11.6%	4.1%	12.1%	5.2%	9.0%	8.6%	-0.0%
2002-2003	8.3%	-2.8%	8.2%	2.9%	4.8%	5.8%	8.1%	-1.1%	-2.2%	9.1%	15.9%	6.9%	6.0%	4.6%	-13.0%	38.5%	-19.9%	0.1%
1999-2003	-6.0%	-16.1%	5.8%	-3.6%	1.7%	-8.1%	5.3%	17.6%	-9.1%	-12.0%	19.5%	14.9%	3.6%	17.9%	-1.8%	9.3%	38.4%	-4.2%
1999-2002	6.7%	-15.3%	14.5%	-6.3%	6.9%	-10.0%	1.8%	8.4%	-2.3%	9.9%	9.6%	3.0%	-3.4%	11.1%	5.4%	4.9%	51.0%	-34.0%
1999-2001	-2.2%	-11.8%	4.6%	-14.7%	2.6%	-6.1%	3.3%	-2.8%	-9.0%	-10.0%	4.3%	-1.8%	9.2%	6.6%	-16.0%	-9.1%	1.8%	-23.3%

T

Tabla 2.4

Fuente: The Japan Containers and Packaging Recycling Association

El polietileno, polipropileno, PVC, poliestireno y PET ocupan espacios importantes en la producción de los termoplásticos. En el 2003 se produjeron 3'165.279 toneladas de polietilenos, 2'751.290 toneladas de polipropileno, 2'164.802 toneladas de PVC, 1'155.297 toneladas de poliestireno y 603.279 toneladas de PET. Este patrón de producción se ha mantenido a lo largo de los últimos 5 años.

La Fig. 2.8 describe el comportamiento de la producción de cada uno de los termoplásticos desde 1999 al 2003

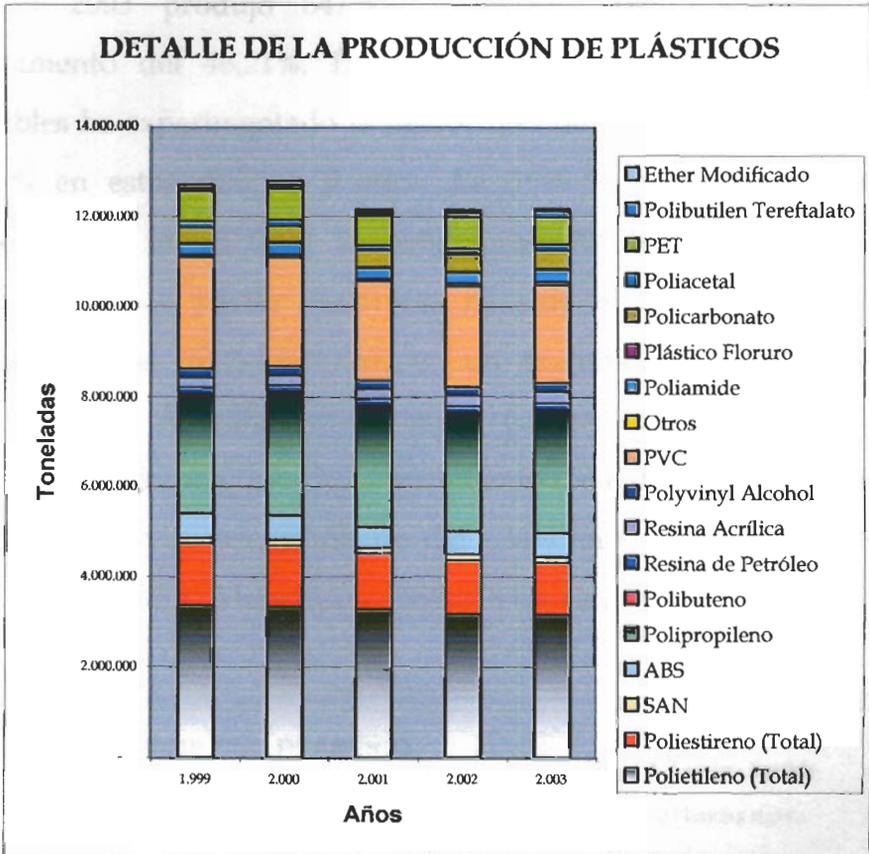


Fig. 2.8

Fuente: The Japan Containers and Packaging Recycling Association

En Japón el plástico es usado para la fabricación de film, lámina flexible, planchas rígidas, piel sintética, tubos, accesorios de tuberías, herramientas y partes mecánicas, utensilios, recipientes, materiales de construcción, productos espumados, productos reforzados, etc. En el 2003 se utilizaron 5'839.200 toneladas de plástico para la fabricación de estos productos. El uso más común del plástico ha sido la fabricación de film. Desde 1999 hasta el 2003 el film ha experimentado un crecimiento del 1.34%, pasando de un total de fabricación de 1'995.909 toneladas a 2'022.748 toneladas. Sin embargo, la fabricación de recipientes ha sido la que ha sufrido la mayor tasa de crecimiento. En 1999 se fabricó 442.894 toneladas y

en el 2003 produjo 647.550 toneladas, experimentando un crecimiento del 46.21%. En cambio la fabricación de láminas flexibles ha experimentado la mayor tasa de decrecimiento con un 1.64% en estos últimos 5 años. En 1999 se fabricaron 336.414 toneladas y en el 2003 se produjeron 229.970 toneladas. Las herramientas y partes mecánicas ha sido el segundo uso más común. En el 2003 experimentó un crecimiento del 0.90% en relación con el 2002, sin embargo en los últimos 5 años ha experimentado una tasa de decrecimiento del 8.03%. La fabricación de tubos tuvo un decrecimiento del 8.34% en relación con el 2002, pasando de 645.115 toneladas a 591.318 toneladas.

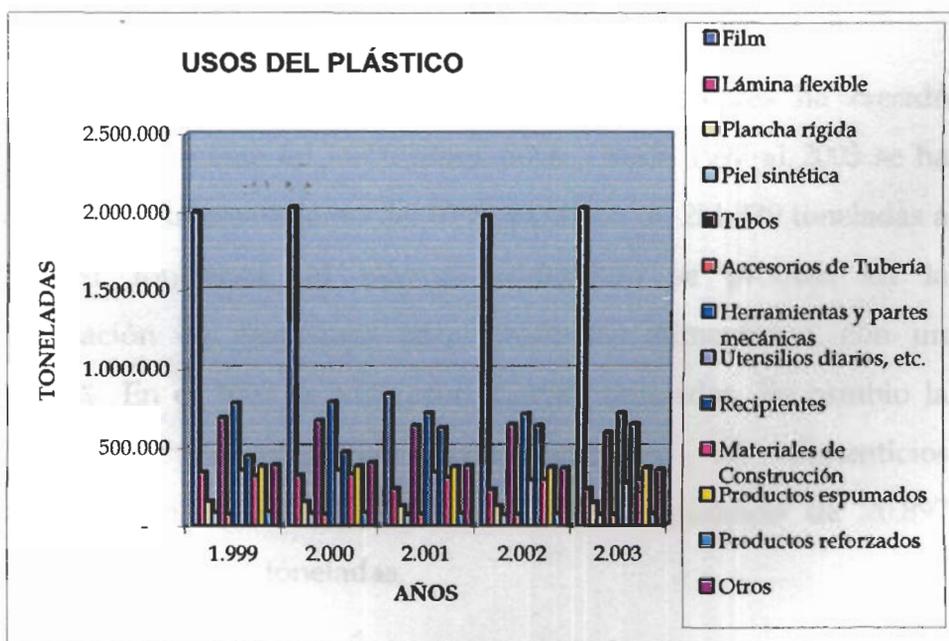
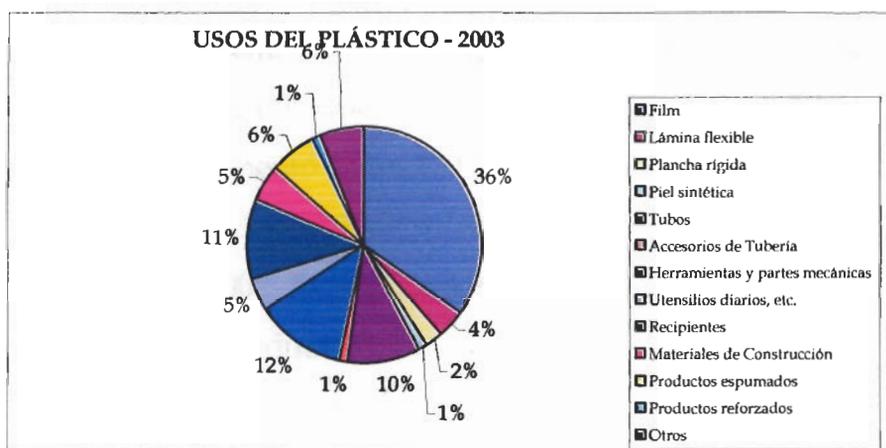


Fig. 2.9

Fuente: The Japan Containers and Packaging Recycling Association

De las 5'839.200 toneladas de plástico, el 36% se utilizó en la fabricación de film, el 12% se usaron en la producción de herramientas y partes mecánicas, el 11% se destinaron a la

fabricación de recipientes y el 10% se uso en la producción de tubos. La Fig. 2.10 detalla la distribución de la producción alcanzada en el año 2003.



**Fig. 2.10**

**Fuente:** The Japan Containers and Packaging Recycling Association

El uso del PET para la fabricación de empaques **ha crecido** considerablemente en los últimos años. Desde 1997 al 2003 se ha registrado un crecimiento del 87%, pasando de 251.729 toneladas a 470.731 toneladas. El mayor crecimiento se produjo en la fabricación de empaques para productos alimenticios, con un 96,07%. En el 2003 se utilizaron 452.585 toneladas. En cambio la fabricación de empaques para productos no alimenticios experimentó un decrecimiento del 13,16%, pasando de 20.897 toneladas a 18.146 toneladas.

Dentro de los empaques para alimentos, la fabricación de empaques para bebidas no alcohólicas **ha sufrido** la mayor tasa de crecimiento con un 112,05%, pasando de 194.748 toneladas a 412.970 toneladas. En el 2003 experimentó un crecimiento de 5.58% en relación con el 2002. La fabricación de empaques para aceites

comestibles es el segundo ítems de mayor importancia dentro de esta categoría. Desde 1997 al 2003 experimentó un crecimiento del 54,35%, pasando de 1.461 toneladas a 2.255 toneladas.

Por otra parte, dentro de la categoría empaques no alimenticios resalta el crecimiento experimentado por el ítem cosméticos. De 1997 al 2003 incrementó en un 120,64%, pasando de 3.590 toneladas a 7.921 toneladas. En el 2003 sufrió un incremento del 35,06% en relación con el 2002. La fabricación de empaques para productos farmacéuticos experimentó un crecimiento del 45,58% en este periodo, pasando de 4.500 toneladas a 6.551 toneladas. Sin embargo, en el 2003 registró un decrecimiento del 6,85% en relación con el 2002.

Tendencia de la Resina de PET en el uso de botellas en Japón								
Calendar								2004
Year	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Predicción
<b>EMPAQUE ALIMENTICIO</b>								
Salsas comestibles	13.222	12.900	12.501	12.829	11.265	12.076	12.606	12.700
Otras salsas	10.565	11.489	14.267	13.653	12.838	12.654	13.774	13.900
Aceites comestibles	1.461	1.511	2.079	2.487	3.264	2.734	2.255	2.300
Bebidas alcohólicas	10.836	10.234	11.479	10.461	11.090	9.363	10.980	11.100
Bebidas no alcohólicas	194.748	258.793	308.222	338.654	380.372	391.126	412.970	417.100
<b>Sub-total</b>	<b>230.832</b>	<b>294.927</b>	<b>348.548</b>	<b>378.084</b>	<b>418.829</b>	<b>427.953</b>	<b>452.585</b>	<b>457.100</b>
<b>EMPAQUE NO ALIMENTICIO</b>								
Shampoo y detergentes	12.807	10.657	9.630	9.443	5.998	5.022	3.674	3.700
Cosméticos	3.590	4.787	6.149	6.524	7.310	5.865	7.921	8.000
Productos farmacéuticos	4.500	3.528	6.159	7.345	10.643	7.033	6.551	6.600
<b>Sub-total</b>	<b>20.897</b>	<b>18.972</b>	<b>21.938</b>	<b>23.312</b>	<b>23.951</b>	<b>17.920</b>	<b>18.146</b>	<b>18.300</b>
<b>Gran total</b>	<b>251.729</b>	<b>313.899</b>	<b>370.486</b>	<b>401.396</b>	<b>442.780</b>	<b>445.873</b>	<b>470.731</b>	<b>475.400</b>
<b>Total de TM de botellas de PET reciclables</b>	<b>218.806</b>	<b>281.927</b>	<b>332.202</b>	<b>361.944</b>	<b>402.727</b>	<b>412.585</b>	<b>436.556</b>	<b>440.900</b>
<i>El Total de TM de botellas de PET es el resultado del total de botellas de salsas comestibles, botellas de bebidas alcohólicas y no alcohólicas</i>								

Tabla 2.5

Fuente: The Council for PET Bottle Recycling

Del total de material PET utilizado para la fabricación de empaques, sólo lo utilizado para la producción de empaques para

salsas, bebidas alcohólicas y no alcohólicas se considera como material potencial para ser reciclado. En estos últimos años este producto ha experimentado un crecimiento considerable. Desde 1997 hasta el 2003 se ha registrado un crecimiento del 99,52%. Pasando de 218.806 toneladas a 436.556 toneladas. En el 2003 experimentó un crecimiento del 5,82% en relación con el 2002.

Actual Volumen de Recolección de Botellas de PET y Ratio de Recolección			
Recolección de los Municipios			Aug. 2004
Asociación de Botellas de PET - Japón			
Volumen de Botellas			
Años	Recolectadas (Ton)	Producción (Ton)	Ratio de Recolección
1993	528	123.798	0,4%
1994	1.366	150.282	0,9%
1995	2.594	142.110	1,8%
1996	5.094	172.902	2,9%
1997	21.361	218.806	9,8%
1998	47.620	281.927	16,9%
1999	75.811	332.202	22,8%
2000	124.873	361.944	34,5%
2001	177.186	402.727	44,0%
2002	220.256	412.566	53,4%
2003	226.405	436.556	51,9%

Nota :  
La producción en TM de botellas de PET es el resultado del total de

**Tabla 2.6**

Fuente: The Council for PET Bottle Recycling

El volumen de recolección de los envases de PET ha aumentado considerablemente en la última década, tal como se detalla en la Tabla 2.6. En 1993 se registró un volumen de recolección de 528 toneladas y en el 2003 esta cifra alcanzó las 226.405 toneladas, reflejando una tasa de crecimiento del 42780%. En el 2003 se reflejó un crecimiento del 3% en relación con el 2002. Por su parte el ratio de recolección ha venido creciendo sostenible a lo largo de los años. Sin embargo en el 2003 decreció, al pasar de 53,4% al 51,9%

TENDENCIA DE LA CAPACIDAD DE MERCADO DE RECICLAJE DE PET EN JAPÓN Aug. 2004 unit : Miles Tons							
Mercado	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Fibra	6,10	16,90	25,20	38,30	48,70	58,90	57,40
Láminas	1,10	5,20	11,50	23,40	37,50	45,60	50,00
Botellas	0,80	0,20	0,20	0,30	0,40	0,60	11,30
Moldura	0,40	1,30	2,50	3,80	5,30	5,30	3,90
Otros	-	0,30	0,30	2,70	3,00	2,00	1,60
<b>Total</b>	<b>8,40</b>	<b>23,90</b>	<b>39,70</b>	<b>68,50</b>	<b>94,90</b>	<b>112,40</b>	<b>124,20</b>

Tabla 2.7

Fuente: The Council For PET Bottle Recycling

La capacidad del mercado de reciclaje de PET en Japón ha crecido en los últimos 7 años. Desde 1997 hasta el 2003 ha experimentado un crecimiento del 1379%, pasando de 8,4 miles de toneladas a 124,20 miles de toneladas. En el 2003 experimentó un crecimiento del 10% en relación con el 2002.

El sector industrial dedicado a la fabricación de láminas ha experimentado la más alta tasa de crecimiento de utilización de los materiales reciclados con un 4445%, pasando de 1.100 toneladas a 50 mil toneladas. En el 2003 registró un crecimiento del 10%.

Sin embargo, el sector industrial dedicado a la producción de fibras ha sido el mayor consumidor del material PET reciclado. En el 2003 utilizó 57,40 miles de toneladas, experimentado un crecimiento del 841% desde 1997, pero una disminución del 3% en relación con el año 2002.

### 2.1.3 ESTADOS UNIDOS

Estados Unidos es un importante consumidor y productor de envases de PET en el mundo, debido a su número de habitantes. Es uno de los países más desarrollados en el campo del reciclaje por la cantidad de desechos sólidos que genera. Varias organizaciones colaboran en el desarrollo de sistemas efectivos de recuperación de desechos, ya que se considera un problema el mal manejo de los desechos porque éstos pueden conducir a la contaminación. Entre las más importantes tenemos la U.S. Environmental Protection Agency y NAPCOR



U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos, es una institución del gobierno, que en conjunto con la comunidad e industrias, busca manejar, reducir y mejorar el manejo de los desechos sólidos Municipales (MSW<sup>5</sup>). Tiene como principal objetivo el reciclaje, reducción y abono de desechos sólidos como también la disposición apropiada en los botaderos.



NAPCOR, National Association for PET Container Resources, es la asociación comercial para la industria plástica de PET en los Estados Unidos y Canadá, fundada en 1987. Tiene como objetivo fomentar el reciclaje de PET y promover el uso de empaques de este material.

<sup>5</sup> Municipal Solid Waste

NAPCOR ayuda a las comunidades al reciclaje de PET mediante asistencia técnica como también en publicidad. Las compañías miembros de NAPCOR son: Productores de resina y fabricantes de Botella de PET.

#### Tendencia de la Generación de Basura Sólida 1960 - 2001

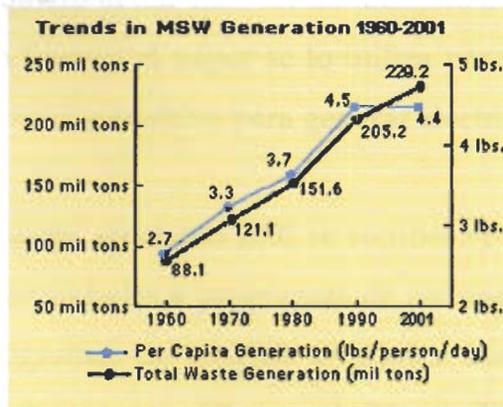


Fig. 2.11

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency

La Fig. 2.11 muestra la cantidad de basura depositada en los botaderos desde 1960 hasta el 2001. Desde 1990 hasta el 2001 hubo un crecimiento de aproximadamente del 12% de la basura, pasando de 205.2 a 229.2 millones de toneladas. En el 2001 los residentes, negocios y empresas produjeron 229 millones de toneladas de desechos sólidos lo cual era aproximadamente 4.4 libras de basura per-capita por día a diferencia de las 2.7 libras de basura per-capita de 1960. A pesar de haber subido la cantidad total de basura, en la última década se registró un decrecimiento de 1 libra de los desechos per cápita producidos. Los desechos sólidos estaban divididos en papel con el 35.7%, desperdicios alimenticios 11.4%, plásticos 11.11%, metales 7.9%, cuero y textiles 7.1%, vidrio 5.5%, madera 5.7%, otros 15.6

De la basura recogida en el año 2001, el 55.7% fue depositado en botaderos, el 14.7% fue destinado a la combustión y 29.7% se reciclaron. La Combustión o incineración que representó el 14.7% en el año 2001, es utilizada debido a las grandes cantidades de desechos sólidos producidos, ya que los botaderos exceden su capacidad y se quiere evitar más contaminación. Si los procesos de incineración son buenos el vapor se lo utiliza para los sistemas de calefacción o como combustible para generar electricidad.

En cuanto al reciclaje, en el año 2001 se recupero cerca del 30% con ayuda de las comunidades y programas de reciclaje. En este año el número de programas de reciclaje aplicados fueron de 9700, es decir se incrementaron en un 5% con relación al 2000 que fue 9250.

Productos de Plásticos Reciclados	
Por resina en miles de toneladas	
PET	470
HDPE	430
PVC	
LDPE/LLDPE	150
PP	10
PS	
OTHER RESINS	330
Total de Plásticos	1390

**Tabla 2.8**

**Fuente:** U.S. Environmental Protection Agency

Para el 2004 se espera que la cantidad de envases plásticos se incremente en más de un 4% según informe de Freedonia Group Inc. Esto es 13 mil millones de libras. Se espera que las botellas plásticas tengan un crecimiento mayor debido a su ingreso en el campo de bebidas **asépticas (leche, yogurt)** de envasado en caliente,

así como también en el campo de la cerveza. En el año 2000 se produjeron 150 millones envase de PET para cerveza.

En el 2001, según EPA, se registró una recuperación total de los envases plásticos para reciclar de 1.4 millones de toneladas, es decir un 5,5 por ciento de la generación de los plásticos. El PET se ubicó en el primer lugar con un 34.3%, es decir 470 mil toneladas. El Polietileno de alta densidad alcanzó un 31%, y el polietileno de baja densidad, PP y otras resinas el 34,7% restante.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos en el año 1999 contaba con 10 estados que estaban dentro de un programa de disposición de las botellas. Entre ellos tenemos: California, Connecticut, Delaware, Iowa, Maine, Massachussets, Michigan, New York, Oregon, Vermont.

En el 2003 se recolectaron 841 millones de libras de botellas post consume, 518 millones de libras fueron dirigidas a las compañías recolectoras de Estados Unidos, 321 al mercado de exportación y 2 millones de libras en otros. Las compras de botellas de PET reportadas por las compañías recicladoras fueron más bajas en el 2003 que en 2002.

De los 321 millones de toneladas de botellas de post consumo exportadas, 22.5 millones de libras fueron destinadas al mercado canadiense. China importó un 16.7% más sobre las exportaciones

registradas en el 2002. 31 millones de libras del total exportadas fueron **escamas sucias**.

La demanda de botellas de PET es satisfecho a través de la importación hecha a Canadá, México y Europa. Esta cifra alcanzó un total de 61.8 millones de libras.

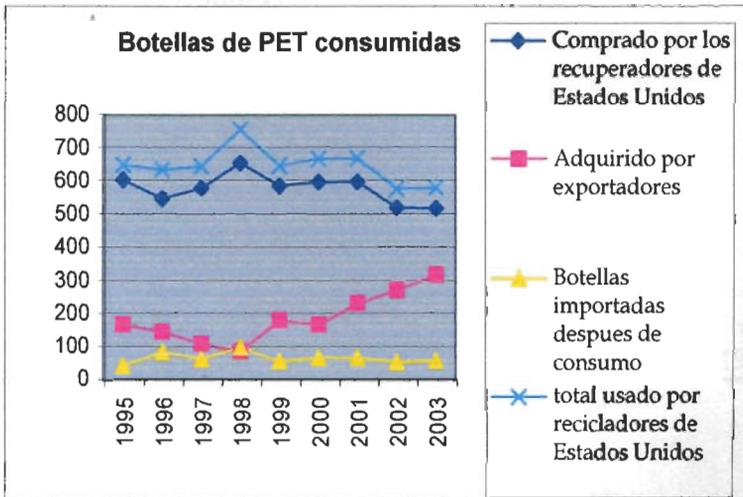


Fig. 2.12

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency

Las botellas de PET adquiridas por Estados Unidos decrecieron en el 2003 en un 14% en relación al año de 1995, ya que de los 605 miles millones de libras adquiridas en 1995, en el 2003, solo se alcanzó a 520 miles de millones. Por otro lado, la cantidad adquirida por los exportadores ha incrementado en un 89% desde el año 1995 al 2003, al pasar de 170 a 321 mil millones de libras. En el año 1999 se presentó el mayor incremento de exportaciones de PET con un 106%, lo que representó 183 mil millones de libras. El

total de material reciclado se incrementó en un 9% entre 1995 a 2003. Las botellas importadas de PET aumentaron en un 35%, es decir de 46 a 62 mil millones de libras en el mismo periodo. Finalmente la cantidad usada por los recicladores decreció en un 11% a pesar de que el 2003 aumento 579 a 582 es decir en un 1%.

<b>Ratio de Reciclaje de Botellas de PET en Estados Unidos</b>			
<b>Años</b>	<b>Total de Botellas Recolectadas (MM lbs.)</b>	<b>Total de Desechos de Botellas de PET en US</b>	<b>Ratio de Reciclaje</b>
1995	775	1950	39,7%
1996	697	2198	31,7%
1997	691	2551	27,1%
1998	745	3006	24,8%
1999	771	3250	23,7%
2000	769	3445	22,3%
2001	834	3768	22,1%
2002	797	4007	19,9%
2003	841	4292	19,6%

**Tabla: 2.9**

**Fuente:** U.S. Environmental Protection Agency

En el 2003 el ratio de reciclaje de botellas de PET fue de 19.6%. El mayor ratio de reciclaje alcanzado desde 1995 al 2003 según se muestra en el grafico fue de 39.7%. Del total de botellas recicladas entre 1995 al 2003 la tasa de crecimiento se encuentra alrededor del 8.52%. En 1995 se registraron 775 millones de libras y en el 2003 se recolectaron 841 millones de libras. Entre los años 2002 y 2003 el crecimiento anual registrado fue de 5.52%. El mercado de PET en lo que respecta a botellas ha evolucionado considerablemente, desde 1995 al 2003 se experimentó un crecimiento del 120.10%, al pasar de 1950 a 4292 millones de libras.

## 2.1.4 MÉXICO

México es uno de los países que ha incursionado de manera acelerada en el reciclaje. El consumo per cápita de plásticos en México es de 40 kg, uno de los más altos del mundo. Aproximadamente 460 mil toneladas promedio de desperdicios de plástico se genera cada año, de los cuales el 12% es producido por la ciudad de México. Existen varias organizaciones dedicadas a la recolección y reciclado del PET, entre las cuales se destacan APREPET y ECOCE.

APREPET. Asociación para el Reciclado de PET, es una asociación civil, no lucrativa, dedicada a fomentar la cultura del reciclado en México, alentar el uso del plástico PET como materia prima de empaques y envases, ayudar al reciclado y reaprovechamiento de este plástico. La asociación está formada por empresas dedicadas a las diversas etapas de la cadena productiva y comercial del PET, desde la producción de materia prima (resina PET), la transformación de envases, el uso y consumo, hasta el empaque, reciclado y los servicios relacionados con el PET.



ECOCE, Ecología y Compromiso Empresarial, es una asociación civil que busca convertir el reciclaje de PET en una próspera industria mexicana. Administra el primer plan nacional de manejo de residuos de envases de PET,

que tiene un enfoque de promoción, fomento y difusión para la

prevención y contaminación del agua, aire y suelo, así como la protección al medio ambiente con el fin de preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

En México, la industria del plástico está integrada por 4,500 empresas, de las cuales 91% son micro y pequeñas, 6% medianas y 3% grandes compañías. Cabe destacar que en México de las 4,500 empresas que trabajan el plástico, 4,100 son transformadoras, 80 fabricantes de resinas y aditivos, 260 distribuidoras, 20 fabricantes de maquinaria y 25 de servicios de consultoría y capacitación

En el 2003 las ventas a nivel nacional se ubicaron en \$13,500 millones de dólares, lo que representó un crecimiento de 3.1% respecto del 2002. A pesar de la importancia de este sector, la industria del plástico registra una balanza comercial deficitaria de \$2,154 millones de dólares, debido a que casi el total de este material que se utiliza a nivel nacional es de importación. Esto se debe a que, a pesar de que México cuenta con petróleo suficiente, hay un rezago en la industria petroquímica en donde no se ha invertido en los últimos 12 años. Según la ANIPAC, la industria petroquímica requiere entre \$15,000 y \$20,000 millones de dólares para su reactivación.

En el 2000 se consumieron 63.5 millones toneladas de plásticos en Estados Unidos, Canadá y México y 16.7 millones de toneladas en Sudamérica<sup>6</sup>.

DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE PET EN MÉXICO	
<b>DISTRITO FEDERAL</b>	
Demanda de PET	55,800 t/año
Envases de PET recuperados	20,500 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	36.7%
<b>ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO</b>	
Demanda de PET	124,000 t/año
Envases de PET recuperados	48,000 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	38.7%
<b>A NIVEL NACIONAL</b>	
Demanda de PET	413,000 t/año
Envases de PET recuperados	71,300 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	17.3%

**Tabla. 2.10**

Fuente: ECOCE, Ecología y Compromiso Empresarial

La Tabla 2.10 muestra la demanda de PET promedio anual y su porcentaje de recolección. La demanda anual promedio de PET en México alcanza los 413.000 toneladas, con un porcentaje de recolección del 17.3%. Por su parte, la demanda anual de PET del Distrito Federal de México alcanza las 55.800 toneladas, de las cuales se recolectan 20.500 toneladas. 5,146.5 toneladas de PET por año son depositadas en el Relleno Sanitario de la ciudad.

Aproximadamente un 54% del PET se encuentra:

- a) En almacén para su distribución o venta, o
- b) Dispuesto inadecuadamente en cauces, calles o tiraderos clandestinos.

<sup>6</sup> según el reporte anual del Centro Empresarial del Plástico. (2001)

### Estadísticas del PET en México

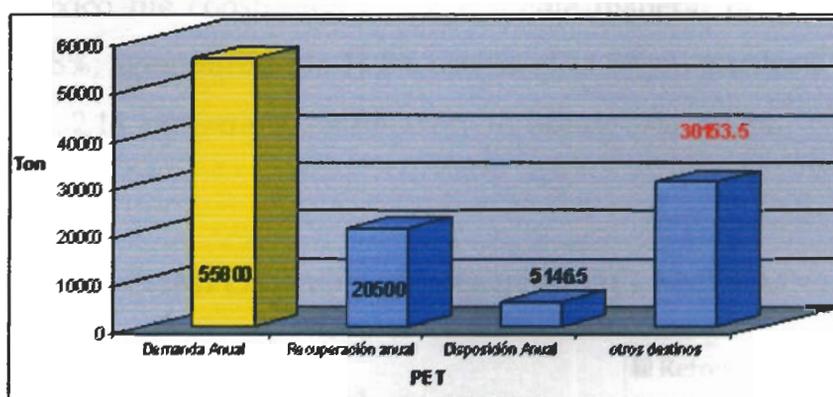


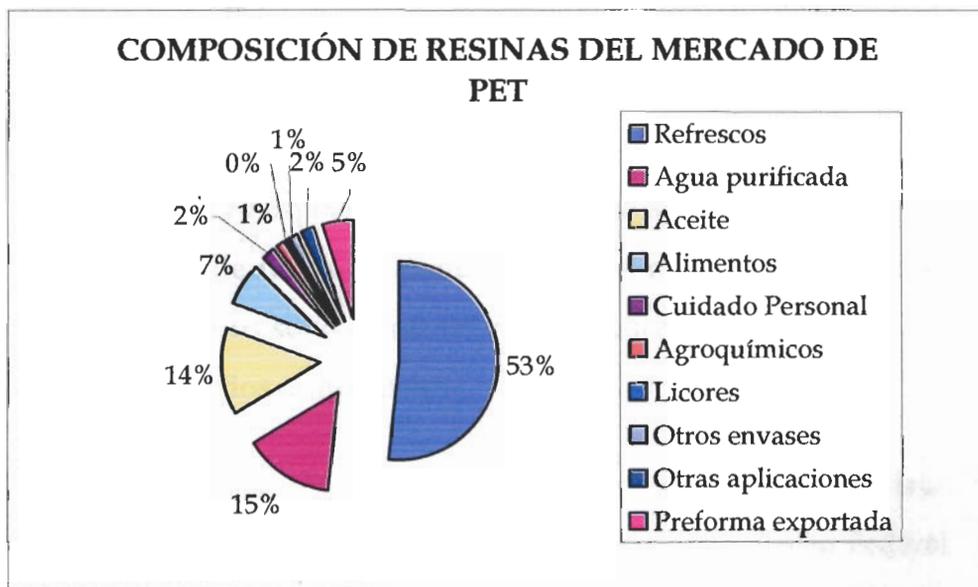
Fig. 2.13

Fuente: ECOCE, Ecología y Compromiso Empresarial

El PET es uno de los materiales más utilizados para el empaque y embalaje de diversos productos. Por las características de este plástico, los envases son ligeros, transparentes, brillantes y con alta resistencia a impactos, tienen cierre hermético, no alteran las propiedades del contenido y no son tóxicos. Es por ello que el PET ha desplazado a otros materiales y tiene una demanda creciente en todo el mundo.

En México, actualmente existen 5 plantas productivas que elaboran polímero en gránulo (chip) de PET. Durante el 2000 se produjeron en las plantas mexicanas 502,100 toneladas de PET, de las cuales se exportaron 75,000 toneladas, además se importaron 40,000 toneladas de este material. Se estima que en el año 2000 el consumo de PET a escala nacional fue de 467,100 toneladas. El crecimiento anual de la demanda de este material es de 13.1% (APREPET, Agosto 2001).

La composición del mercado de resina de PET en el año 2000 en México fue constituida de la siguiente manera. Refrescos usó el 52.8%, agua purificada 14.9% aceites el 14.5%, alimentos 7%, etc. La Fig. 2.14 muestra la distribución del uso de esta resina.



**Fig. 2.14**

Fuente: ECOCE, Ecología y Compromiso Empresarial

Dentro del marco legal actualmente en la **legislación ambiental** mexicana existen preceptos relacionados a los **residuos sólidos**. La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) establece **critérios para prevenir** y controlar la contaminación del suelo donde se consideran:

- I. La operación de los sistemas de limpieza y disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios;

- II. La generación, manejo y disposición final de residuos sólidos, industriales y peligrosos, así como en las autorizaciones y permisos que al efecto se otorguen.

En la Legislación Ambiental, existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX) que son aplicables y complementarias a los preceptos relacionados al manejo de los residuos sólidos y se pueden agrupar en:

- Tratamiento y Disposición Final de residuos sólidos.
- Generación de residuos sólidos: peso volumétrico, composición de los residuos sólidos, características físicas y químicas de los residuos sólidos municipales.

Estos criterios permiten que se potencien la actividad del reciclaje, tanto así que dentro del Código Financiero para el Distrito Federal se han incluido instrumentos económicos aplicables para instituciones que realicen actividades empresariales de reciclaje, que coadyuven a combatir el deterioro ecológico además de las empresas o instituciones que apoyen programas de mejoramiento de condiciones ambientales obtendrán derecho a una reducción equivalente al 50%, respecto de Impuestos, lo cual puede ser un incentivo atractivo para la implementación y la participación en los programas de manejo adecuado de los residuos.

### **2.1.5 BRASIL**

La práctica del reciclaje de PET en Sudamérica está evolucionando. Cada año hay más organizaciones dedicadas a fomentar esta

actividad. En Brasil, ABIPET es la organización que destaca en esta actividad.



ABIPET es una organización que fomenta el reciclado de PET en Brasil. Uno de los objetivos es mejorar los índices de recolección mediante la organización entre federaciones, estados y municipios para motivar el reciclaje. Para lograr este objetivo se facilita información al público sobre el reciclaje de materiales, establecimiento programas de reciclaje, desarrollando tecnologías que permitan reciclar materiales más fácilmente para proteger el medio ambiente. ABIPET establece un intercambio de ideas, información y experiencia entre todas las organizaciones que conforman la cadena productiva, manteniendo un servicio informativo permanente para todos los asuntos ligados directa e indirectamente a la industrialización y comercialización de envases de PET. Promoviendo incentivos para reciclaje de PET en todo el país.

El consumo del plástico en Brasil y Argentina ha crecido en un 51% desde 1997 hasta el 2000, pasando de 180 a 272 miles de toneladas. En el 2000 registró un incremento del 11% en relación con el año 1999. La producción de plásticos también ha crecido. Desde 1997 hasta el 2000 se experimentó un crecimiento del 100%, pasando de 170 a 340 miles de toneladas. El reciclado de plásticos ha crecido en un 148% en el mismo periodo. En el 2000 experimentó un crecimiento del 34% en relación con 1999. La Tabla 2.11 muestra los

cambios experimentados en la producción, consumo y reciclaje de plásticos desde 1997 hasta el 2000.

PRODUCCIÓN - CONSUMO - RECICLAJE					
AÑOS	Producción	Consumo (Miles de Ton)	Reciclaje (Miles de Ton)	% Reciclado/ Producción	% Reciclado/ Consumo
1997	170	180	27	15,88%	15,0%
1998	260	224	40	15,38%	17,9%
1999	295	245	50	16,95%	20,4%
2000	340	272	67	19,71%	24,6%

Tabla 2.11  
Fuente: ABIPET

La Fig. 2.15 muestra la tendencia de crecimiento entre la producción y consumo respecto del reciclaje. Esta tendencia demuestra como el reciclaje respecto al consumo esta evolucionando y creciendo a lo largo de los años

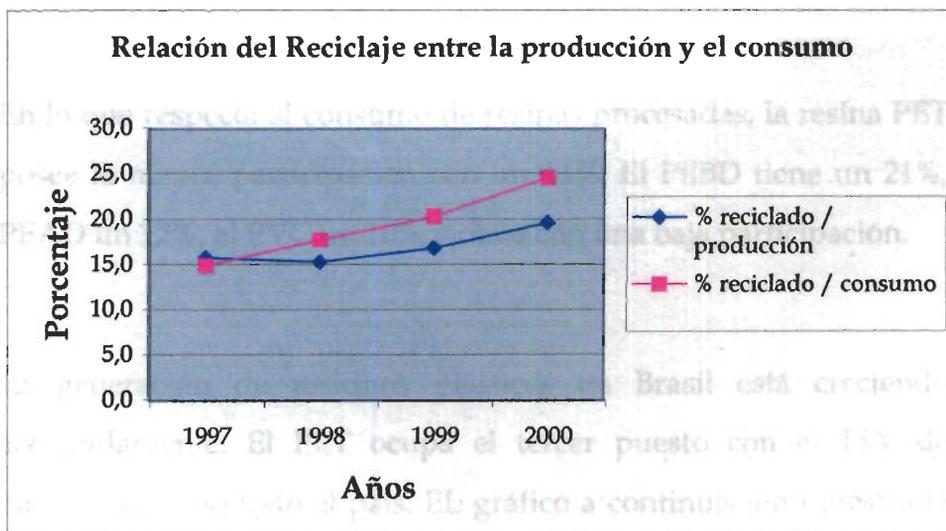


Fig. 2.15

Fuente: ABIPET

El PET ha sido el plástico con un mayor consumo en Brasil, consumo que en el año 2000 fue de 18.9 miles de toneladas. El consumo del PEBD fue de 8.9 miles de toneladas, el de PEAD fue de 5.1 miles de toneladas, el PP alcanzó las 2.9 miles de toneladas y del PVC fue de 4.3 miles de toneladas.

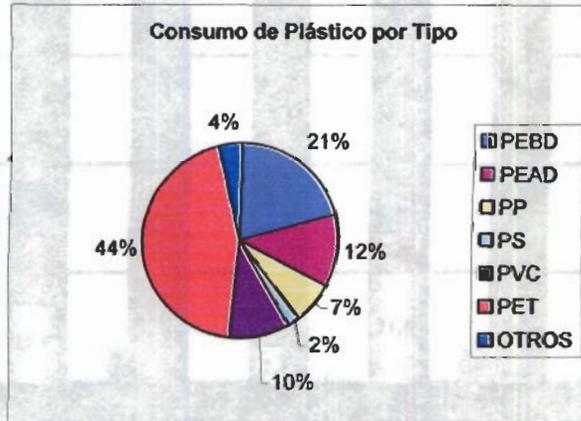


Fig. 2.16

Fuente: ABIPET

En lo que respecta al consumo de resinas procesadas, la resina PET posee la mayor participación con un 44%. El PEBD tiene un 21%, PEAD un 12%, el PVC un 10% y otras con una baja participación.

La generación de residuos plásticos en Brasil está creciendo aceleradamente. El PET ocupa el tercer puesto con el 15% de participación en todo el país. EL gráfico a continuación muestra la participación de cada uno de los termoplásticos en la generación de residuos en todo Brasil como en los sus cinco principales estados. El estado que genera la mayor cantidad de residuos PET con un 44.4% es Río de Janeiro seguido de Río Grande con un 21.0%.

### Participación de los Residuos Plásticos

(uso de Resinas (Volúmenes))

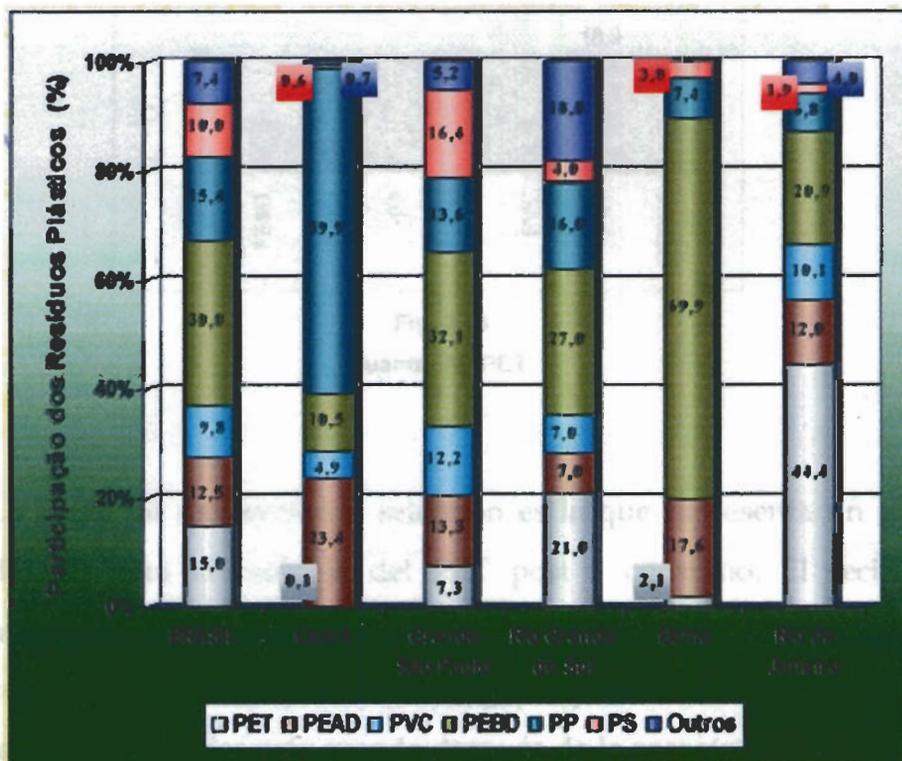


Fig. 2.17  
Fuente: ABIPET

El consumo de PET en Brasil en el 2000 ha sido de 18.9 mil toneladas. A lo largo de los años, Brasil ha experimentado una tendencia creciente en el consumo de PET, y ha mejorado sus índices de reciclaje debido a las mejoras tecnológicas que permiten el uso del material recuperado en un sin número de aplicaciones.

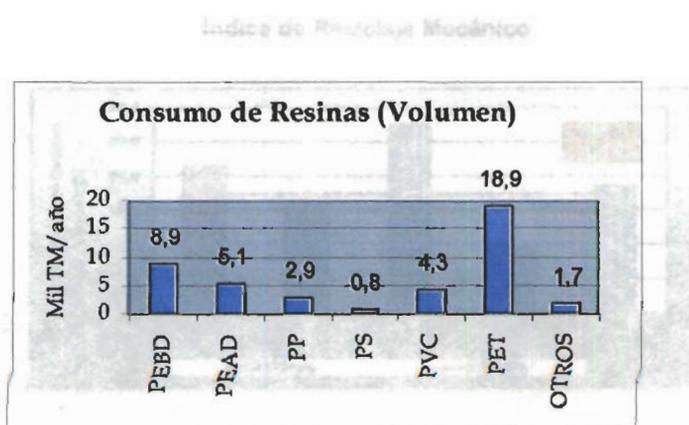


Fig. 2.18

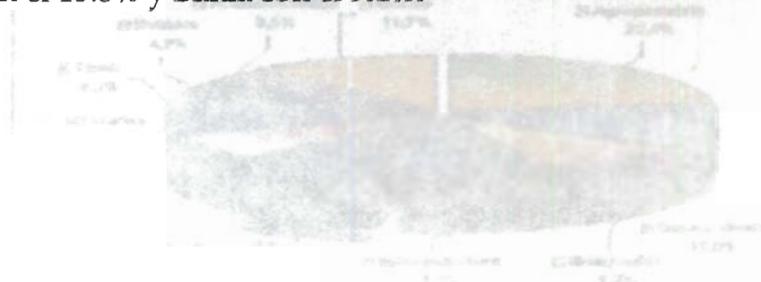
Fuente: ABIPET

Esta gráfica que el proceso de reciclaje mecánico del PET en Brasil

La etapa de recolección y selección es la que representa un gran desafío para el reciclaje del PET post - consumo. El reciclaje mecánico sigue siendo la ruta preferida para recuperar las corrientes de basura plástica homogénea y relativamente limpia. Es la segunda técnica más grande después de la energía, y es la menos costosa en comparación con las otras.

recolectados, la industria química el 22,4%, la textil el 4,3%, la

El índice de reciclaje mecánico post - consumo en Brasil es del 17.4 %, el estado que tiene el más alto índice es Río Grande do Sul con el 27.6%, Ceará con un 21.3%, Río de Janeiro con el 18.6%, Sao Paulo con el 15.8% y Bahía con el 9.4%.



### Índice de Reciclaje Mecánico

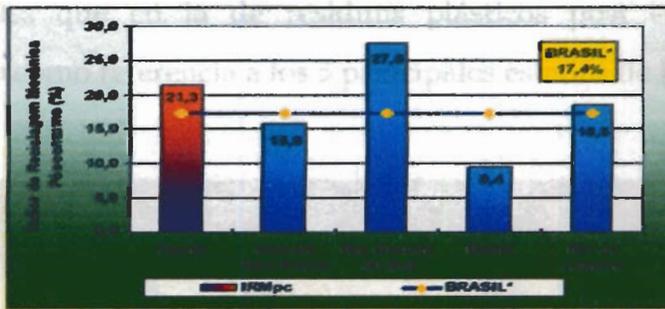


Fig. 2.19

Fuente: ABIPET

Esto ratifica que el proceso de reciclaje mecánico del PET en Brasil, es el más utilizado. El proceso de reciclaje mecánico de envases plásticos para bebidas PET requiere en medida apenas 30% de energía necesaria para la producción de materia prima.

La Fig. 2.20 muestra el porcentaje de utilización de los materiales reciclados en cada uno de los sectores industriales. La industria automovilística o de transporte utiliza el 3.8% de los materiales recolectados, la industria agropecuaria el 22.4%, la textil el 4.3%, la construcción el 9%, etc.

### Consumo de Plástico por Sectores

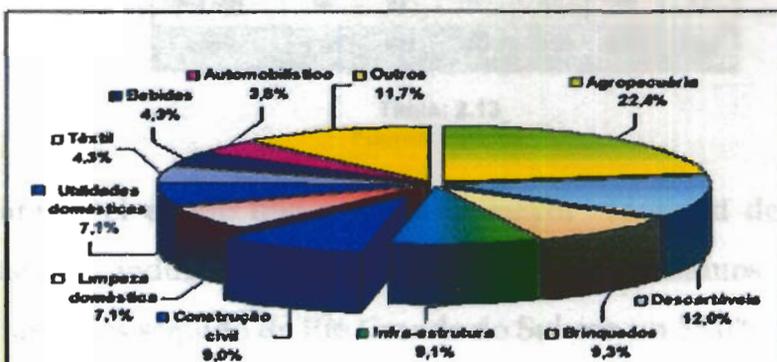


Fig. 2.20

Fuente: ABIPET

Existe un mayor índice en la generación de residuos plásticos industriales que en la de residuos plásticos post - consumo. Tomando como referencia a los 5 principales estados de Brasil.

Residuo Plástico	Ceará	Sao Paulo	Rio Grande do Sul	Bahía	Río de Janeiro
Industrial	57,80%	51,00%	55,00%	43,00%	36,60%
Post - Consumo	42,20%	49,00%	45,00%	57,00%	63,40%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla. 2.12  
Fuente: ABIPET

Los residuos plásticos de origen industrial son mermas que se generan en los procesos industriales y los residuos pos - consumo son los desperdicios que se generan en la ciudad.

Tipo de Residuo Plástico	Industrial		Pós-Consumo		Total	
	(tonelares)	(%)	(tonelares)	(%)	(tonelares)	(%)
PET	144	1,9	2.278	23,8	2.422,8	14,3
PEAD	886	12,0	1.686	17,6	2.572,6	15,2
PVC	20	0,3	15	0,2	35	0,2
PEBD / PEBCD	3.578	48,4	4.264	44,6	7.842	48,3
PP	1.276	17,3	1.008	10,3	2.284	13,5
PS	1.101	14,9	231	2,4	1.332	7,9
Otros Tipos	385	5,2	67	0,7	452	2,7
Total	7.385	100,0	9.688	100,0	17.073	100,0

Tabla: 2.13  
Fuente: ABIPET

Ceará es el estado que recauda la mayor cantidad de residuos plásticos industriales con un 57.8% en residuos plásticos industriales seguido de Río Grande do Sul con un 55.0%. Sao Paulo recauda el 51.0%.

En lo que respecta a residuos plásticos post - consumo Río de Janeiro recauda el 63.4%, Bahía el 57.0% y Sao Paulo el 49.0%.

Los residuos plásticos PEBD generan 7862 toneladas por año equivalentes al 46.3% del total de los residuos plásticos, el PEAD con un 2574.0 ton./año igual a 15.2% y el PET con 2420 ton./año equivalente al 14.3%.

Según informes de ABIPET, el PET ocupa el tercer lugar de los residuos plásticos consumidos en Brasil con un 14.9% después del PEBD que esta en el primer lugar con el 30.9% y del PP con un 15.3%.

TIPO RESIDUO PLÁSTICO CONSUMIDO NO BRASIL							
Residuo Plástico	Minas Gerais	Grande São Paulo	Rio Grande do Sul	Bahía	Rio de Janeiro	Ceará	BRASIL
	%	%	%	%	%	%	%
PET	14,3	7,3	21,0	2,1	44,4	0,1	14,9
PEAD	14,2	13,3	7,0	17,8	12,0	23,4	12,5
PVC	0,2	12,2	7,0	-	10,1	4,9	0,2
PEBD / PELBD	16,3	32,1	27,0	69,9	20,9	10,5	30,9
PP	14,5	13,6	16,0	7,4	6,8	59,9	15,3
PS	7,9	16,4	4,0	3,0	1,9	0,6	9,0
OUTROS	2,7	5,2	16,0	-	4,0	0,7	7,2
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabla: 2.14  
Fuente: ABIPET

La práctica del reciclaje en Brasil es una actividad que comienza a crecer rápidamente. Es un mercado que esta evolucionando en forma constante creando oportunidades de los diversos sectores que utilizan el plástico reciclado como materia prima.

## 2.1.6 ARGENTINA

Argentina es uno de los países Sudamericanos que se destaca en promover el reciclaje. En Argentina existen organizaciones que se dedican a la promoción del reciclaje, entre las más reconocidas tenemos a Plastivida Argentina y ARPET. Por otro lado la CAIP es la organización que representa a la industria plástica en ese país.



La CAIP<sup>7</sup>, Cámara Argentina de la Industria Plástica, es una entidad que agrupa a la Industria Transformadora Plástica

Argentina. Fundada el 28 de diciembre de 1944, con los siguientes objetivos: Reunir, relacionar y vincular entre sí a los empresarios de la industria; representarlos y defender sus derechos; gestionar las disposiciones o medidas que tiendan a preservar los intereses del sector; considerar y resolver todo tipo de problemas que afecten a sus asociados; establecer vínculos empresario-laborales; y fomentar el progreso de la Industria Plástica Argentina.



Plastivida Argentina<sup>8</sup>, es una asociación sin fines de lucro que tiene como misión difundir la relación entre el plástico y el medio ambiente. Fue creada en julio de 1992 y a partir de 1993 comienza a orientar su estrategia facilitando información sobre los plásticos. Su accionar apunta a

<sup>7</sup> Más información en [www.caip.com.ar](http://www.caip.com.ar)

<sup>8</sup> Más información en [www.plastivida.com.ar](http://www.plastivida.com.ar)

llenar el vacío de información respecto a los plásticos, a fin de generar una opinión objetiva sobre los mismos, sus propiedades, ventajas y beneficios que implica el uso adecuado en la sociedad. Promover el desarrollo e investigación de aplicaciones del plástico en armonía con la naturaleza y para mejorar la calidad de vida. Impulsar y realizar estudios de reaprovechamiento y reutilización de materiales plásticos con la finalidad de contribuir al mejoramiento del medio ambiente.

## ARPET

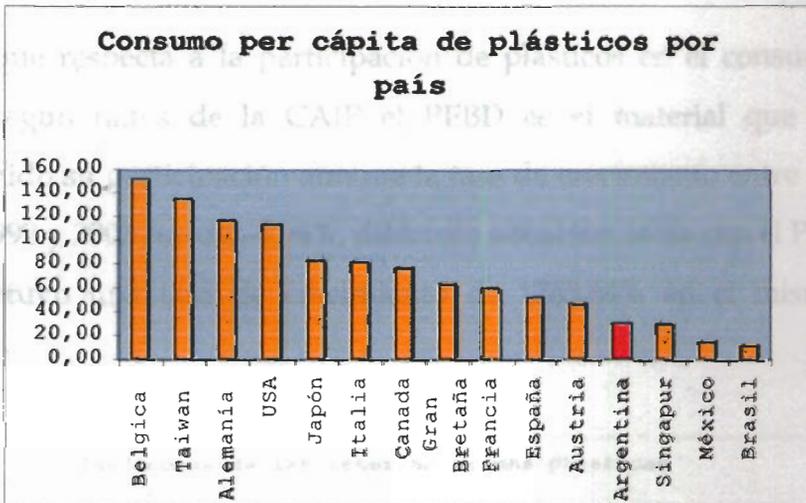
ARPET<sup>9</sup> Asociación Pro Reciclado del PET, esta organización promueve el reciclado del PET y el cuidado responsable del ambiente. Uno de sus objetivos principales es crear una red organizada en todo el mundo para fomentar el reciclado de PET.

*La situación actual de la industria plástica en Argentina se caracteriza por reunir un conjunto de pequeñas y medianas empresas. Todas estas empresas convierten a este sector en un gran campo de desarrollo, que ha alcanzado un notable desarrollo y expansión en los últimos años.*

Argentina alcanzó los niveles más altos de consumo per cápita en el año 1999 con un 30.2 Kg. luego de su crisis económica estos niveles de consumo disminuyeron hasta 28.4 Kg. en el 2001 y 21.2 Kg. en el 2002, hasta llegar al 2003 donde comenzaron a retomarse los niveles de los períodos de 1997 - 2000. La comparación del consumo per

<sup>9</sup> Más información en [www.arpet.org](http://www.arpet.org)

cápita con otros países esta liderada por Bélgica que tiene un consumo per cápita de plástico de 152 Kg. y en el décimo segundo lugar Argentina con un consumo de 30.2 Kg. La Fig. 2.21 muestra el Consumo per cápita de plásticos por País



**Fig. 2.21**

Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica



**Fig. 2.22**

Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica

En la Fig. 2.22 se presenta la evolución del consumo per cápita de plásticos en Argentina, manteniendo un sostenido crecimiento del consumo de plástico por habitante, alcanzando su mayor consumo nivel en el año 1999, con un 31.4 kg. por habitante, en el 2003 este consumo alcanzó los 30.2 kg. por habitante.

En lo que respecta a la participación de plásticos en el consumo total, según datos de la CAIP el PEBD es el material que ha mantenido su participación aunque la tasa de crecimiento entre los años 1992 y 2003 fue de  $-4.96\%$ , diferente situación se da con el PET que obtuvo una tasa de crecimiento de  $1263.64\%$  en el mismo período.

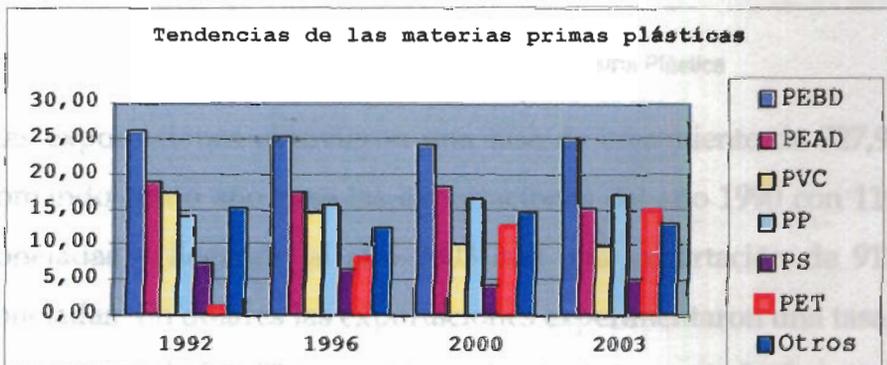


Fig. 2. 23

Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica

La Fig. 2.23 permite comparar la situación de los diferentes materiales plásticos en Argentina, en donde se observa la tendencia casi constante del PEBD comparado con la tendencia creciente del PET, en relación con los demás plásticos este material es el que posee la mayor tasa de reciclaje en Argentina, además de ser el más utilizado por la población.

En lo que se refiere a las exportaciones e importaciones de los materiales plásticos, las exportaciones del mercado Argentino ha experimentado una considerable tendencia alcista. En la Fig. 2.24, la CAIP presenta el crecimiento en toneladas de las exportaciones de la industria plástica.

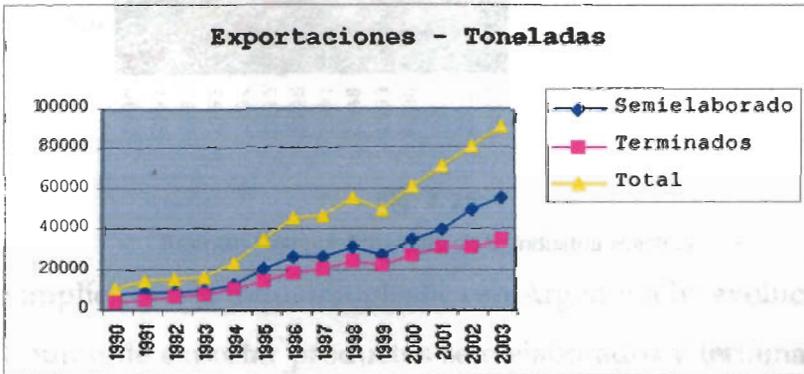


Fig. 2. 24

Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica

Las exportaciones obtuvieron una tasa de crecimiento de **727,96%** tomando como año base las exportaciones del año 1990 con 11063 toneladas y llegando al año 2003 con una exportación de 91597 toneladas. En dólares las exportaciones experimentaron una tasa de crecimiento de **511.83%** considerando el mismo periodo de estudio. Este crecimiento se lo aprecia en Fig. 2.25, con tendencias similares al mostrado en los datos de las exportaciones en toneladas..

Fig. 2.25  
de Argentina - la Industria Plástica

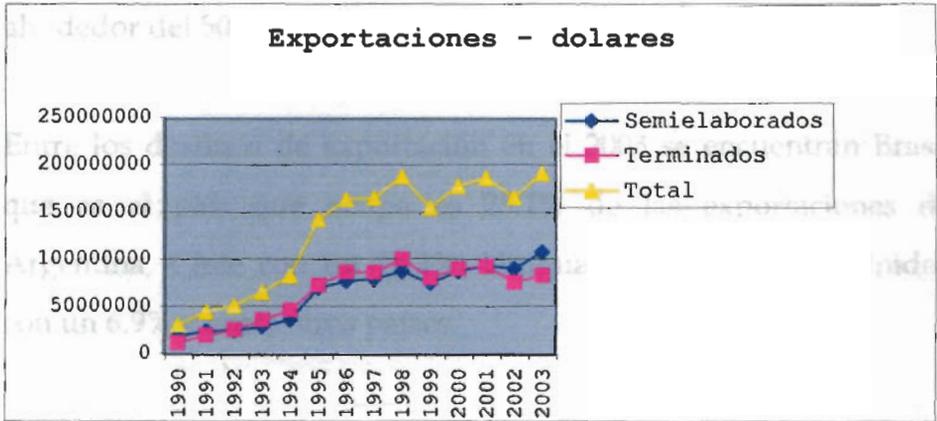


Fig. 2. 25

Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica

Esto implica que la industria plástica en Argentina ha evolucionado a tal punto de exportar productos semielaborados y terminados de plásticos. Estos productos pueden ser de varios tipos y se los presenta la Fig. 2.26.

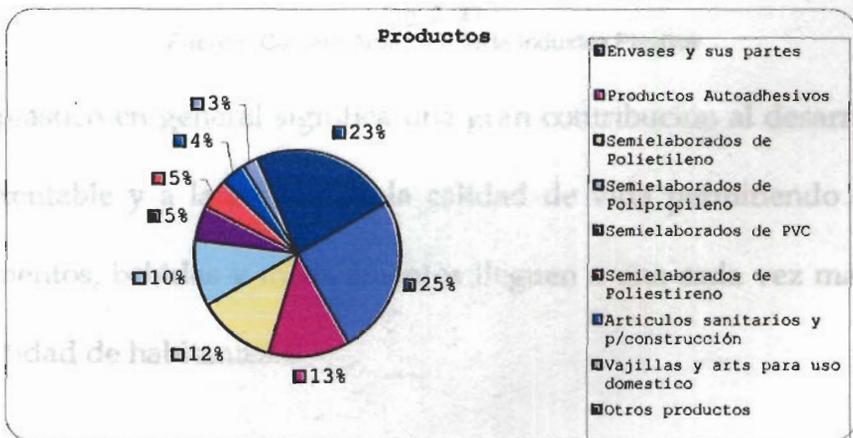


Fig. 2.26

Fuente: Cámara de Argentina de la Industria Plástica

La exportación por productos en el 2003, fue de 25% para envases y sus partes, el 13% para productos autoadhesivos, el 12% para

productos de polietileno, y otros plásticos que juntos suman alrededor del 50%.

Entre los destinos de exportación en el 2003 se encuentran Brasil que es el país que ocupa el 25.1% de las exportaciones de Argentina, Chile con un 18.3%, Uruguay 13.2%, Estados Unidos con un 6.9% y entre otros países.

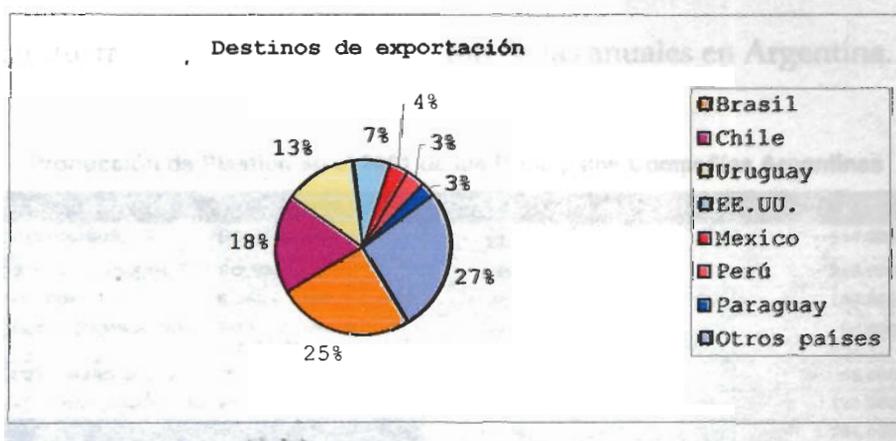


Fig. 2. 27

Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica

El plástico en general **significa una gran contribución al desarrollo sustentable** y a la mejora de la calidad de vida permitiendo que alimentos, bebidas y medicamentos lleguen a una cada vez mayor cantidad de habitantes.

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. En la

actualidad, el PET es el plástico más usado en el rubro de botellas. En Argentina tiene un proveedor monopólico, la empresa Voridian, que produce PET virgen, en el país se encuentra desde 1999, para el 2001 produjo una capacidad de 130.000 toneladas anuales. La compañía PBBPOLISUR produce PE con una capacidad de 610000 toneladas anuales y entre otras más suman una capacidad total de la industria plástica de 1'285.000 toneladas anuales en Argentina.

**Producción de Plástico en el 2001 de las Principales Compañías Argentinas**

COMPAÑÍA	CAPITAL	PRODUCTO	CAPACIDAD AÑO 2001(TN)
PBBPOLISUR	DOW/ REPSOL-YPF	PE	610.000
SOLVAY - INDUPA	SOLVAY	PVC	210.000
PETROKEN	BASELL / REPSOL - YPF	PP	180.000
PETROQUIMICA CUYO	PEREZ COMPANC + SOCIOS	PP	90.000
PETROBRAS ENERGIA	PEREZ COMPANC	PS	65.000
VORIDIAN ARGENTINA	EASTMAN	PET	130.000
		TOTAL	1.285.000

Tabla 2. 15

Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica

**La administración integrada de los residuos sólidos urbanos en Argentina**

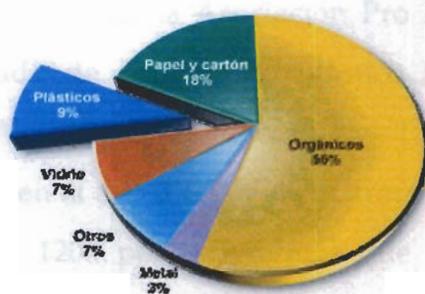


Fig. 2.28

Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica

La composición de la basura varía de país a país o de región a región, dicha composición refleja el estilo de vida de la sociedad que la produce. En el caso de Argentina, la proporción de material orgánico es de aproximadamente un 56% que es superior al 30% que encontramos en los países de Europa y en Estados Unidos. La proporción media de plásticos en cambio, guarda relación con los niveles de los países desarrollados que está en torno al 9%, papel y cartón 18% y otros que en total suman 17%, según datos oficiales de Plastivida Argentina al año 2000.

Desde principios de la década del 90, comenzaron a impulsarse programas de recolección diferenciada de residuos en pequeños municipios, el interés por recuperar las botellas y destinarlas al reciclado comenzó a crecer. Este plástico es el que posee la mayor tasa de reciclaje en Argentina, además de ser el más utilizado por la población.

De acuerdo con los datos de la Asociación Pro Reciclado del PET (ARPET), el reciclado de envases de plástico ha crecido en los últimos años en Argentina, en el caso del PET recuperado se multiplicó por doce en el año 2002 se recuperaron 10.250 toneladas de ese material, un 1200 por ciento más que las 780 toneladas obtenidas en 1997. Esto quiere decir que la relación entre el PET fabricado y el reciclado era de apenas un 1,11% en 1997, mientras que en el 2002 ese porcentaje subió al 8,91% fabricándose 115 mil toneladas de PET y se reciclaron más de 230 millones de botellas de este material. Esto significa que no sólo aumento la cantidad de

PET reciclado, sino que también el porcentaje que representa el PET reciclado comparado con la materia virgen. Este crecimiento es el resultado del aumento de la conciencia ambiental en la población.

El reciclaje mecánico sigue siendo la ruta preferida para recuperar las corrientes de basura plástica homogénea y relativamente limpia. El reciclado mecánico consiste en la conversión de los desechos plásticos post-industriales o post-consumo en gránulos que pueden ser reutilizados en la elaboración de otros productos tales como bolsas de basura, suelas, pisos, tubos para electricidad, mangueras, partes de automóviles, fibras, envases no alimenticios y otros.

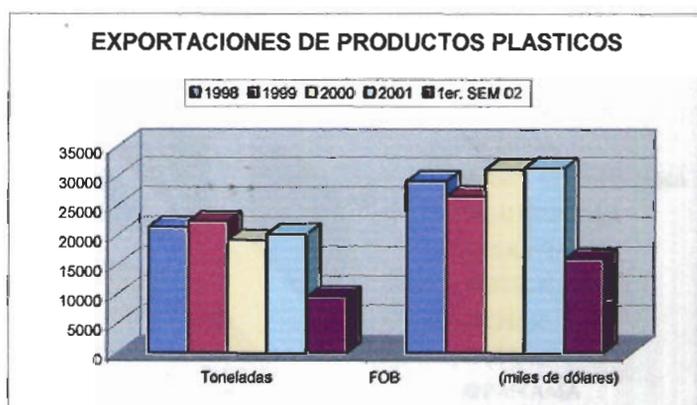
El crecimiento de unidades recicladas es debido al aumento de la conciencia ambiental de la población, los programas municipales, de las plantas de diferenciación de residuos urbanos de la recolección diferenciada post consumo, todos estos factores permiten mejorar el medio ambiente además de reducir costos sociales y obtener volúmenes rentables de productos reciclables.

## **2.2 MERCADO NACIONAL**

Ecuador es uno de los países menos desarrollados en el campo del reciclaje de PET, tanto así, que todavía se considera al reciclaje de este material como una idea innovadora de negocio. Sin embargo, varias ciudades se han dado cuenta de la importancia del reciclaje y han empezado a tomar cartas en el asunto. La principal organización que representa la industria plástica en el Ecuador es ASEPLAS.



**ASEPLAS**, Asociación Ecuatoriana de Plásticos, es una entidad gremial con personería jurídica, de carácter nacional y con sede en la ciudad de Guayaquil. Fue fundada hace 25 años y actualmente agrupa a 56 empresas dedicadas a la industrialización e intermediación comercial de productos plásticos en el Ecuador. Sus objetivos fundamentales son: la defensa organizada en todos los campos de los intereses del sector, fomentar los vínculos entre los asociados mediante la organización de reuniones bimensuales, crear programas de capacitación destinados a la aplicación de sistemas para mejorar los procesos industriales plásticos.



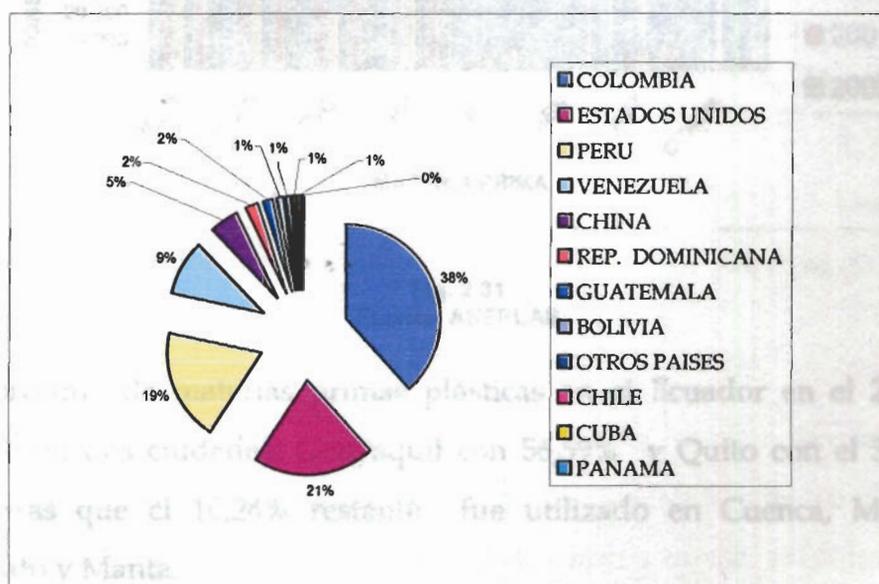
**Fig. 2.29**  
Fuente: ASEPLAS

Las exportaciones de los productos plásticos en el Ecuador han sufrido una disminución del 5.24% desde 1998 hasta el 2001, pasando de 21.264 a 20.151 toneladas. A pesar de esto nivel de ingresos al país subió en 7.97%, al pasar de 29 a 31 millones de dólares. En el 2001 experimentó un crecimiento del 5.46% en relación con el 2002, al pasar de 19.107 a 20.151 toneladas, lo que significa un crecimiento de 286.000 dólares.

La Fig. 2.29 muestra el comportamiento de las exportaciones de los productos plásticos tanto en toneladas como valores FOB desde 1998 hasta el primer semestre del 2002.

De las 9.408 toneladas exportadas hasta el 1er semestre del 2002, el principal país consumidor es Colombia con una importación del 38% de la producción, le siguen Estados Unidos con un consumo del 21%, Perú con el 19%, Venezuela con el 9% y China con el 5%. El 8% restante se lo vende a República Dominicana, Guatemala, Bolivia, Chile, Cuba y Panamá.

#### EXPORTACIONES DE PRODUCTOS PLÁSTICOS - 1ER SEMESTRE DEL 2002



**Fig. 2.30**  
Fuente: ASEPLAS

Las importaciones de materia prima plástica han crecido en un 7,49% desde 1998 hasta el 2001, pasando de 169.123 a 181.783 toneladas. El poliestireno es el termoplástico que ha experimentado el mayor crecimiento en este periodo, pasando de 4.250 a 7.093 toneladas. Le siguen el PET con una tasa de crecimiento del 59,86% y el polipropileno con un 38,10%. En el 2002 se registró una importación de 49.355 toneladas de

PEBD, 49.635 toneladas de PEAD, 40.015 toneladas de PVC, 42.825 toneladas de PP, 3.836 toneladas de PET<sup>10</sup>, etc.

La Fig. 2.31 muestra el comportamiento de las importaciones de las materias primas desde 1998 hasta el 2002.

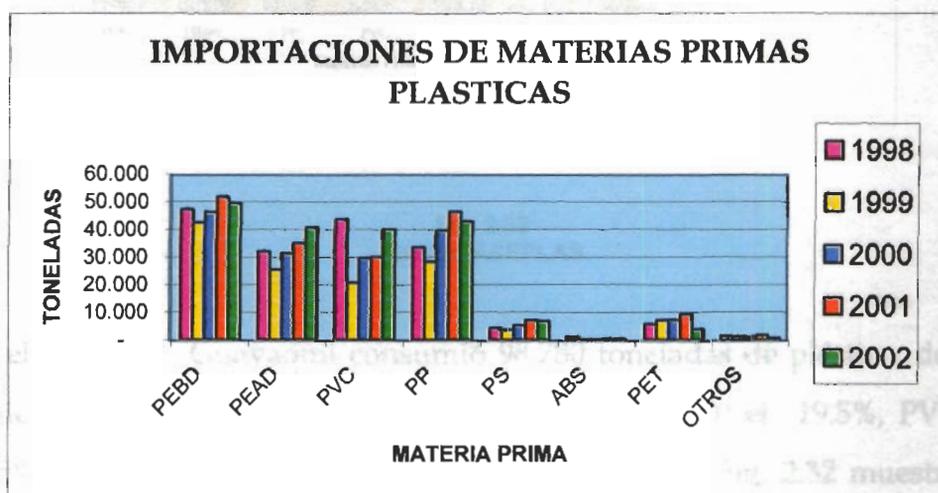
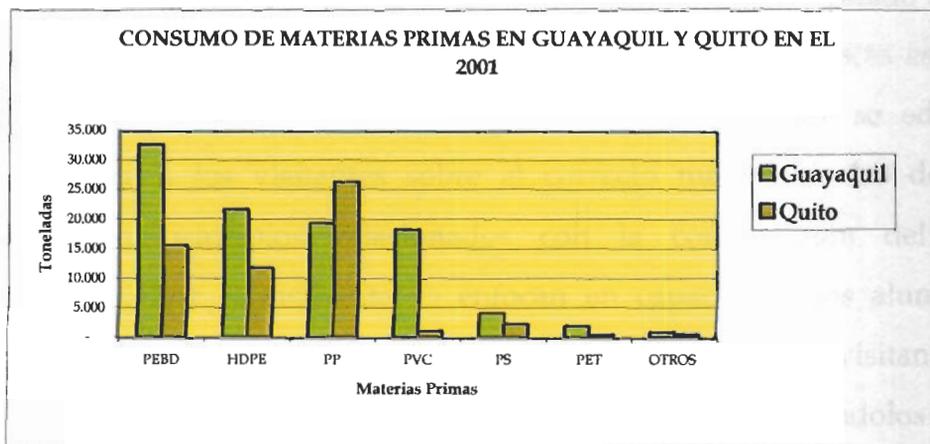


Fig. 2.31  
Fuente: ASEPLAS

El consumo de materias primas plásticas en el Ecuador en el 2001 se centró en dos ciudades: Guayaquil con 56,59% y Quito con el 33.17%, mientras que el 10,24% restante fue utilizado en Cuenca, Machala, Ambato y Manta.

<sup>10</sup> No toma en consideración la importación de preformas



**Fig. 2.32**  
**Fuente: ASEPLAS**

En el año 2001, Guayaquil consumió 98.780 toneladas de plástico, de los cuales el PEBD representa el 33%, PEAD el 22%, PP el 19.5%, PVC el 18.5%, etc. El PET alcanzó el 2% del consumo. La Fig. 2.32 muestra la cantidad de toneladas consumidas de materias primas plásticas en las dos principales ciudades del Ecuador.

La ciudad de Guayaquil no posee una cultura de reciclaje. Sin embargo, existen empresas dedicadas a la recolección y clasificación de los desechos sólidos en vidrio, plástico (PEAD y PEBD), papel y cartón, entre las cuales destacan REIPA y FIBRANAC. Además existen pequeñas agrupaciones de chamberos dedicadas a esta labor. Los principales consumidores de la recolección de estos materiales son: CRIDESA, Jaime Gaibor, Papelera Nacional, Proceplast, Replasa, RMO, etc.

La Fundación Malecón 2000, conciente de la necesidad de fomentar el reciclaje en la ciudad ha puesto en marcha el Proyecto de Manejo

Integrado de los Desechos producidos en el Malecón del Salado llamado "Juégale Limpio a tu Ciudad". El objetivo de este proyecto es que el Malecón del Salado se convierta en un espacio donde se eduque y sensibilice a los visitantes sobre el correcto manejo de los desechos, aplicando principios relacionados con la conservación del medio ambiente. Por el momento se enfocan en capacitar a los alumnos de colegios y escuelas de la ciudad. Se pretende que cada visitante tome conciencia sobre la importancia del reciclaje, apoyándolos en la implementación de la infraestructura de clasificación en cada uno de los colegios a que ellos pertenecen, en caso de que lo requieran.

Para implementar el proyecto, dentro del Malecón del Estero Salado se ha colocado varios módulos de disposición alrededor del parque. Estos módulos están formados por dos basureros. Un tacho es de color azul llamado "reciclables", en el cual se depositan todos los desechos de plástico, vidrio y latas de aluminio. El otro tacho es de color melón llamado "otros" en el cual se depositan vasos y platos de espumafón, papeles, restos de comida y de vegetación.

Todas las fundas de color azul pasan al centro de acopio ubicado a un costado de la Plaza Baquerizo Moreno. Allí se procede a clasificar todos los materiales que se encuentran en las fundas azules. Los desechos se clasifican en aluminio, vidrio verde, vidrio transparente, PET, PEAD, PEBD, PP y PVC. Todo ese material recogido es almacenado para su venta. Los compradores son Jaime Gaibor y REIPA.

Se clasifican los materiales cada martes, miércoles y jueves. Se recolecta alrededor de 180 kg por día. De todas las fundas que recogen 8 son de PET y 6 de vidrio.

### Instalación de Separación de Desechos Sólidos en la Plaza Baquerizo Moreno

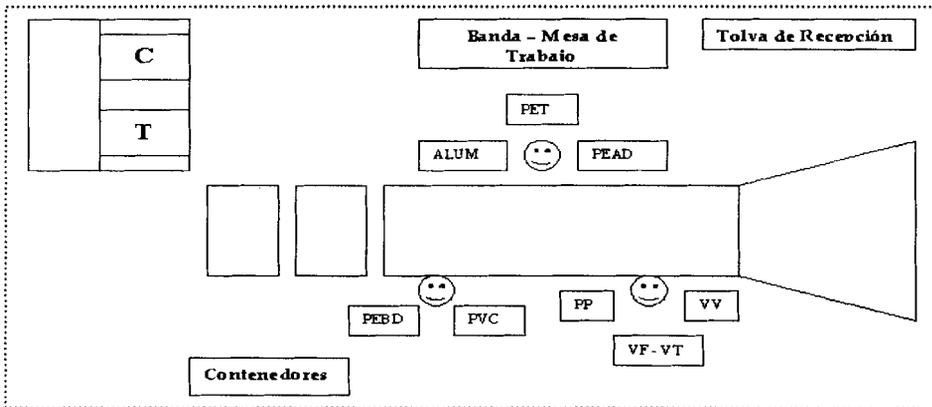


Fig. 2.33  
Fuente: Fundación Malecón 2000

En el año 2003 se registró 2.483 toneladas de desperdicios de PET en el Relleno Sanitario de las Iguanas, experimentando un incremento del 7% en relación con el año 2002. La tasa de crecimiento anual y mensual promedio de los desperdicios depositados fueron de 14.84% y 1,2%, respectivamente.

### 3. ESTUDIO TÉCNICO

#### 3.1 LA RECUPERACION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS

Cuando se habla del tratamiento de los residuos plásticos, las opciones que existen son las mismas que para el resto de residuos y están basadas en el conjunto de las tres "erres": reducir, reutilizar y recuperar, aunque con algunas particularidades debidas a las características propias de estos materiales.

La **reducción** en origen es el primer paso hacia una gestión de residuos satisfactoria. Supone la utilización de menos cantidad de plásticos para cubrir las presentaciones de un producto con la misma eficacia, también

supone diseñar el producto de forma que se reduzca el consumo de material y se simplifique el número de diferentes plásticos utilizados en cada objeto.

### Proceso de Recuperación de los Desechos Plásticos



Fig. 3. 1

Fuente: APREPET

En cuanto a la reutilización hay que tener en cuenta que los plásticos son materiales idóneos para ser reutilizados por ser duraderos, lavables, resistentes, esterilizables, etc. Tanto en el sector de la distribución (cajas, pallets, bidones industriales y otros) como en el hogar, con el desarrollo, por ejemplo, de envases ligeros de recambio, este concepto está cada vez más vigente.

Una vez que se han realizado los esfuerzos adecuados en reducción y se ha procurado la reutilización de los distintos objetos, éstos pasan a

convertirse en residuos. En este momento se propone su **recuperación** que, en el caso de los plásticos, se puede realizar de tres maneras alternativas: el reciclado mecánico, el reciclado químico y la recuperación energética limpia.

### **3.1.1 RECICLADO**

El reciclado es el reproceso de los materiales para acondicionarlos con el propósito de integrarlos nuevamente a un ciclo productivo como materia prima.

#### **Reciclado Mecánico**

El reciclado mecánico consiste en el tratamiento de los residuos plásticos por medio de la presión y el calor para volver a darles forma y conseguir otros objetos iguales o distintos de los iniciales. El primer paso para realizarlo es la recogida de los residuos, que bien puede ser en la fuente de origen por los propios consumidores o bien en una fábrica de separación a la que lleguen mezclados entre sí o con otros residuos. Se trata, en resumen de obtener residuos de termoplásticos identificados, separados por tipos, fáciles de recoger y que se puedan obtener en grandes cantidades. Por ello los plásticos ideales para el reciclado mecánico son aquellos objetos de mayor tamaño, por ejemplo botellas si son residuos de envase, parachoques y depósitos de gasolina de los automóviles fuera de uso o residuos recogidos en grandes cantidades como es el caso del film procedente de invernadero.

### Proceso del Reciclado Mecánico



Fig. 3.2

Fuente: APREPET

El proceso de reciclado **mecánico** es sí mismo **comienza** con la clasificación de los residuos u objetos usados **de plástico**. Los productos de un solo material separados y clasificados pueden pasar al paso siguiente, en el que se **hará el tratamiento** como mono producto. En casos específicos, y con **la tecnología adecuada**, una corriente determinada de productos (por ejemplo, residuos termoplásticos mezclados procedentes de recogida selectiva de envases), pueden ser tratados sin separación por reciclado mecánico. En todo caso **los materiales plásticos más complejos** o no termoplásticos deben ser **rechazados en la clasificación**.

El siguiente paso es la **trituration o molienda**, que puede ser realizada en dos etapas y con una etapa intermedia de eliminación de contaminantes (papeles, etiquetas, etc.) A continuación, el

producto se almacena en un silo intermedio antes de pasar a las siguientes etapas del proceso.

La preparación final del producto empieza con el lavado y la separación de sustancias contaminante, proceso que se puede repetir si fuera necesario, para pasar al centrifugado y secado del material, que se almacena en nuevos silos intermedios en los que, además, se realiza una homogenización que garantice una calidad constante y adecuada.

El producto triturado, limpio, seco y homogéneo se alimenta a la extrusora, y, tras el proceso de pelletizado, se obtiene pellet para ser procesada por diferentes técnicas, fundamentalmente, se pueden considerar tres casos en este proceso final.

a) Procesado del producto reciclado directamente, con la formulación que sea adecuada a su aplicación concreta. En este caso, las piezas obtenidas tienen en general propiedades menores a las fabricadas con polímero virgen, lo que es suficiente para la utilidad deseada.

b) Mezcla de la granza reciclada con polímero virgen para alcanzar las prestaciones requeridas. El ejemplo típico es la adición de polímero virgen a la mezcla de termoplásticos para la fabricación, por ejemplo, de perfiles.

c) Coextrusión del producto reciclado, generalmente entre dos o más competitivas. Un ejemplo de esta técnica es la fabricación de botellas para bebidas, en la que la capa intermedia puede ser de polímero reciclado y la interior (en contacto con el producto) y la exterior son de polímero virgen.

El resultado son nuevos objetos de plástico reciclado: bolsas, maceteros, tuberías de drenaje, pallets para el transporte, señales de tráfico, bancos para parques, etc. Algunos de ellos son habituales en nuestra vida cotidiana hace años, como puedan ser las bolsas de basura o las tuberías de desagües, mientras otros son novedosos y están en estos momentos iniciando su entrada en los mercados

### **Reciclado Químico**

En este tipo de reciclado los residuos y las piezas usadas de plástico se descomponen a través de un proceso químico en los componentes más sencillos de partida, los monómeros, que pueden ser utilizados nuevamente como materias primas en plantas petroquímicas, pudiéndose obtener nuevamente polímeros que dan lugar a artículos como jerseys, alfombras, etc.



Fig. 3.3

Fuente: APREPET

Por sus características, es viable su aplicación tanto a mezclas de distintos polímeros, lo que evita la separación por tipos, como a polímeros termoestables, por lo que es un complemento adecuado al reciclado mecánico. El reciclado químico puede realizarse mediante diferentes procesos, como la pirólisis, la hidrogenación, la gasificación o el tratamiento con disolventes. Estos procesos, como alternativa de recuperación de los residuos plásticos se encuentran en fase de desarrollo y las instalaciones de reciclado químico europeas que están operativas a nivel comercial se encuentran sobre todo en Alemania

A continuación se muestra una comparación entre ambos tipos de reciclado.

### Comparación entre el Reciclado Químico y Mecánico

	RECICLADO MECANICO	RECICLADO QUIMICO GLICOLISIS	RECICLADO QUIMICO METANOLISIS
Calidad del desperdicio	Alta	Moderada	Amplia
Costo de operación	Bajo	Moderado	Alto
Calidad de producción	Moderada	Alta	"Virgen"
Mercado	Reducido	Muchos	Todos

Tabla 3.1

Fuente: APREPET

### Reciclado Energético

Los plásticos usados pueden ser aprovechados como combustible por su elevado poder calorífico; por ejemplo, un kilogramo de polietileno produce la misma energía que un kilogramo de fuelóleo gas natural.

Estudios de eco balance demuestran que para muchos plásticos la recuperación energética es más beneficiosa medioambientalmente que el reciclado mecánico o químico. Esta alternativa está especialmente indicada para aquellos residuos que presentan deterioro o suciedad, como es el caso de una parte de los plásticos que procesen de la agricultura o en determinados casos de residuos sólidos urbanos.

Se ha determinado que los residuos plásticos generados por una familia y que acaban en los vertederos en Europa en un año contienen energía suficiente para calentar agua para 500 baños o para que un televisor funcione durante 5.000 horas. Un ejemplo más: un envase de yogur de 0,3 litros contiene la energía necesaria para mantener una bombilla encendida durante una hora

### Recomendaciones para el Reciclado de PET

- La tapa, el arillo de seguridad y su empaque (liner o sello):

#### Descripción de la Tapa de un Envase Plástico

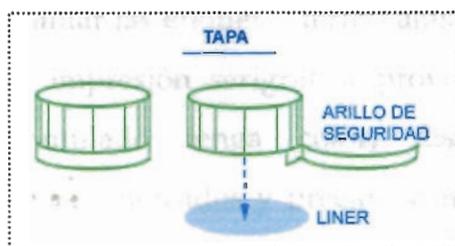


Fig. 3.4

Fuente: APREPET

Se recomienda que el arillo de seguridad se desprenda del cuello del envase y el empaque de la tapa (liner) se quede en la tapa a la hora de abrir el envase. También se recomienda que la tapa, el arillo de seguridad y el liner sean de Polipropileno o Polietileno de Alta densidad, debido a que 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 su diferente temperatura de fusión o ablandamiento.

- Etiquetas

Es preferible usar etiquetas de: Polipropileno, papel o Polietileno de alta, media o baja densidad, debido a que 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 reciclador, por lo que es importante seleccionar un adhesivo conveniente y evaluar las etiquetas termo ajustable o a presión. Los sistemas de impresión serigráfica provocan que el PET reciclado y granulado tenga color, disminuyendo sus posibilidades de uso, mercados y precio. Se recomienda evitar pigmentos de metales pesados.

- El 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 multicapas o recubrimientos

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

- Las bandas de seguridad (mangas) y sellos

Estos son generalmente incluidos en el diseño del producto envasado en PET, cuando se consideran necesarios, pero contaminan el PET para reciclar si no son removidos del envase desde la selección y separación del mismo. Se recomienda NO USAR PVC para fabricar estos elementos

- El diseño

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, integrando lo más conveniente para el consumidor y asegurando una segunda vida útil

- Ejemplo:

Diseño de botella de PET transparente, sin pigmento, con tapa que arrastre su arillo al abrir, etiqueta de polietileno desprendible, sello desprendible y de tipo colapsable (que pueda aplastarse en vacío al final de su uso). Esto permite que el PET ocupe menos espacio y se logre mayor acopio, así como que sea más fácil de precisar y se logre un mejor reciclado.

## **3.2 CONFORMACIÓN DE LA PLANTA**

### **3.2.1 LOCALIZACIÓN**

La localización adecuada de la empresa puede determinar el éxito o fracaso de un negocio. Por ello la decisión acerca de dónde ubicar el proyecto obedecerá no sólo a criterios económicos, sino también a criterios estratégicos, institucionales e, incluso, de preferencias emocionales

#### **Macro localización**

La ciudad de Guayaquil tiene alrededor de 2'039.789 habitantes<sup>11</sup>, cada persona produce 0.97 Kg/día. Con lo que podemos estimar que mensualmente la ciudad producirá 59.357,86 Ton<sup>12</sup> de desechos sólidos al mes. Si el 0.30% de los desechos mencionados corresponden a PET, la ciudad de Guayaquil produce aproximadamente 178.07 Ton/mes. En el Anexo se detalla los datos históricos del total de toneladas dispuestas en el Relleno Sanitario "Las Iguanas". Se puede apreciar que el promedio de los datos históricos del total de toneladas de PET dispuestas en el botadero alcanza 171 Ton/mes, obteniendo estadísticamente un máximo de 325 toneladas y un mínimo de 108 toneladas, con una desviación de 30 Ton. Con lo que podemos deducir que Guayaquil produce alrededor de 170 Ton/mes.

---

<sup>11</sup> Datos del VI Censo de Población y V de Vivienda – Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

<sup>12</sup> Se consideró un mes de 30 días.

Guayaquil es la primera ciudad del Ecuador por su población y por su actividad económica y posee el primer puerto nacional en cuanto a movimiento de carga del comercio exterior, de la cual maneja el 70%.

Por lo tanto se recomienda que la Instalación de la planta de Reciclaje de desechos plásticos de PET se efectúe en la ciudad de Guayaquil, debido a que se asegura tener una suficiente cantidad de materia prima, y por ser el principal Puerto Marítimo del Ecuador, se ahorran costos de transportación para la exportación del material producido (escamas de PET reciclado).

### **Micro localización**

Una vez elegida la ciudad donde se ubicará la Planta Recicladora de PET, es importante establecer un lugar específico dentro de la misma. Para ello, se debe buscar una zona propicia para esta actividad.

La Ordenanza Municipal de Plan de Desarrollo de la ciudad de Guayaquil en su artículo 120 de la Sección Segunda "De los Usos del Suelo", establece la clasificación de los Usos Industriales o de Procesamiento en atención al impacto ambiental en tres subtipos:

- a) Industrias de bajo impacto (3-B) por ser escasamente perceptibles ruidos, vibraciones y emanaciones, tales como:

industria pequeña dedicada a la fabricación de helados y otros postres; envasado y conservación de frutas y legumbres; fabricación de chocolate y artículos de confitería; etc.

- b) Industrias de mediano impacto (3-M), caracterizadas porque los ruidos, vibraciones y emanaciones son perceptibles pero no molestos, o por presentar moderado peligro de explosiones, incendios o contagios, tales como: industrias: industrias medianas y grandes dedicadas a la fabricación de helados y otros postres; pasteurización, homogeneización; molinos harineros y otros; *fabricación de productos plásticos*; fabricación de maquinarias y equipo para la agricultura; otras industrias manufactureras medianas y grandes; *depósito y almacenamiento*, etc.
- c) Industrias de alto impacto (3-A), que se caracterizan por ruidos, vibraciones y emanaciones molestas, o presentar peligros de explosiones o incendios o contagios, tales como: matanza de ganado, preparación y conservación de carne; fabricación de mantequilla, quesos, quesillos, crema y yogurt; elaboración y conservación de pescados, crustáceos, etc.

Debido a que la Planta tiene como finalidad reciclar desechos plásticos de PET, el proyecto se ubica entre las Industrias de mediano impacto (3-M).

Según la Ordenanza de Edificaciones y Construcciones de la ciudad de Guayaquil, el área donde estaría ubicada la planta recicladora

está clasificada como Zona Industrial Tipo II (ZI- 2) dentro de cuyo cuadro de compatibilidad de uso, este tipo de industria permite su instalación en áreas ubicadas a la altura de CRIDESA en la vía Perimetral Km. 22.

Por esta razón la planta estará ubicada en “Lotización Industrial” el cual se encuentra en el kilómetro 22 vía perimetral frente al mercado de mayoristas. Esta Lotización tiene como linderos la vía a Daule, la vía Perimetral y la carretera a Colinas de las Iguanas, lo que facilita un rápido traslado de las escamas de PET reciclado al Puerto Marítimo.

El sitio es estratégico debido a que se encuentra próximo a REIPA y FIBRANAC quienes son las principales empresas recolectoras de desechos sólidos reciclables. Los servicios básicos indispensables se encuentran con facilidad ya que existen otras empresas como PLAPASA, PURILIQUID, etc. Por otro lado, el sector es permitido para el funcionamiento de plantas para este tipo de actividades.

El proyecto involucra realizar un plan de Marketing, con la finalidad de incentivar a la ciudadanía a reciclar, para lo cual se necesitará establecer Centros de Acopio en lugares propicios dentro de la ciudad.

La correcta ubicación de los centros de acopio es un factor importante para lograr una mejor captación de los desechos sólidos de PET en las diferentes zonas urbanas de la ciudad de Guayaquil.

Para lograr establecer una ubicación eficaz de los centros de almacenamiento, el proyecto considera los códigos de usos de suelos y las ordenanzas emitidas por la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, las cuales establecen normas de uso<sup>13</sup> en las diferentes zonas de la Ciudad de Guayaquil.

Entre las zonas potenciales para la ubicación de los centros de acopio tenemos:

**Zona Peri central:** Comprendida desde las calles el Oro hasta Sucre y desde Eloy Alfaro hasta las calles Ismael Pérez Pazmiño luego llamada Guerrero Valenzuela. En esta área sólo es permitido el establecimiento de lo centros de almacenamiento y depósitos con un espacio mínimo de 300 m<sup>2</sup>.

**Zona Industrial:** Comprende la vía a Daule desde el Km. 4 ½ en adelante. En esta área es permitido los centros de almacenamiento y depósito, no existe ninguna prohibición de uso.

**Zona Mixta Residencial:** Comprende la parte Sur de Guayaquil desde el Oro hasta los barrios marginales. Son permitidos los centros de almacenamiento y depósito.

Si el potencial de captación de los desechos sólidos de PET se da en la zona central se optará por establecer los centros en las zonas más próximas, debido a que las normas de uso del suelo prohíben totalmente el establecimiento de estos centros. No así en las Zonas

---

<sup>13</sup> Son los códigos de usos de suelos permiten o prohíben el funcionamiento de estos centros

Industriales y Mixta Residenciales donde existe otro potencial de captación de los desechos de PET y es permitido el funcionamiento de estos centros.

### 3.2.2 PLAN DE MARKETING

#### I) PARTE DESCRIPTIVA

##### INFORMACION BASICA DE LA MERCADOTECNIA

##### Resumen Ejecutivo para Gerencia

El aumento de la importación del PET para la elaboración de vasos, botellas de agua, cola, jugos, etc. en alrededor de un 1358% del año 2002 al 2003 (de 485 ton a 7072 ton) <sup>14</sup>, y una mala disposición y manejo de estos desechos generados, ha convertido a este material en uno de los principales problemas de contaminación ambiental. Varios países del mundo se han percatado del perjuicio que causa y han buscado soluciones que ayuden a reutilizarlo para poderlo reintroducir al ciclo productivo.

Tomando en consideración esta realidad nace la idea de realizar un proyecto para la instalación de una planta recicladora de los desechos plásticos de PET generados por la ciudad. El proyecto tiene como objetivo reciclar estos materiales para la obtención de escamas de PET reciclado, las cuales serán destinadas a la

---

<sup>14</sup> Datos de ASEPLAST.

exportación. La escama de PET es el resultado del lavado, triturado y secado de todos los desechos plásticos de PET recolectados.

Para lograr este objetivo, el proyecto considera importante realizar el acopio de estos desechos en puntos estratégicos de la ciudad. Una vez recolectado el material se lo destinará a la planta para su correspondiente reciclado.

### **Antecedentes**

#### *Definición del Negocio*

El proyecto tiene como finalidad reciclar los desechos plásticos de PET generados por la ciudad de Guayaquil para la obtención de escamas de PET reciclado que serán destinadas a la exportación.

#### *En qué negocio está la empresa*

El negocio del proyecto se encuentra en el sector plástico debido a que el producto final que oferta corresponde a un materia prima plástica que es utilizado por otras empresas para la elaboración de flejes, textiles, vigas de plástico reciclado, juguetes, partes de aparatos y equipos eléctricos, etc.

#### *Alcance del producto y mercado*

El producto que ofrece el proyecto es materia prima, debido a que luego es sometido a un proceso de fabricación ulterior para la obtención de un producto terminado, como por ejemplo juguetes.

Dado que en la ciudad de Guayaquil no existe empresa que utilice las escamas de PET reciclado como materia prima, toda la producción de la planta se venderá en el mercado internacional a través de un broker.

#### *A qué consumidores atiende. Perfil del consumidor*

Dado a que el potencial volumen de producción que pueda alcanzar la planta es bajo no se puede vender directamente a las empresas que lo utilizan. Por este motivo se comercializará toda la producción a través de un broker.

El broker al cual se venderá toda la producción de la planta es un agente de mercado asiático que se encarga de comercializar grandes cantidades de escamas de PET reciclado en Argentina a Japón y China.

#### *¿Qué necesidad se satisface?*

La realización de este proyecto satisface la obtención de un materia prima de bajo costo y de calidad similar a la materia prima virgen para la elaboración de los productos descritos anteriormente.

#### *Comportamiento del consumidor*

Las expectativas de compra que posee el broker dependen básicamente de la calidad del producto, esto implica materiales que desde su recolección hasta que es reciclado cumple con cierto grado de pureza y limpieza.

El consumidor lo clasifica de dos formas: escama limpia, que es aquel material lavado, triturado y secado que no posee manchas de pintura, aceite, y otras sustancias que hacen impuras a las escamas, y escama sucia, que es aquella que si posee todo lo descrito anteriormente.

#### *Análisis de la Competencia*

En nuestro país este negocio esta muy poco explotado. Sin embargo existen empresas, como por ejemplo Coca Cola, que actualmente recicla sus mermas para destinarla a la venta.

#### *Qué formas o tecnologías se van a usar*

El proyecto plantea establecer centros de acopio en puntos estratégicos de la ciudad para la recolección del material y utilizar una planta recicladora de PET con un proceso en línea, el cual internaliza los procesos de clasificación, lavado, triturado y secado del material para su empaque y venta.

## **Análisis Situacional: micro y macro entorno**

### **Micro entorno**

#### **Clientes**

Actualmente no existe relación alguna con los clientes, pero en el momento que el proyecto este en marcha se espera mantener negociaciones con un broker asiático que será el encargado de venderlo a las respectivas empresas que lo demande, luego en una etapa de crecimiento y cuando nuestros proveedores puedan captar una mayor cantidad de desperdicios y la planta pueda generar mayores volúmenes de producción de escamas de PET reciclado se buscará tener negociaciones directas con las empresas que lo demandan.

#### **Proveedores**

El micro entorno del proyecto establece una relación directa con los proveedores (coleros, chamberos, otras empresas, etc.), pues de ellos depende la calidad del producto y para lograrlo hay que capacitar al personal encargado en la recepción del producto, para que sea capaz de distinguir y escoger la materia prima adecuada para la fabricación de escamas de PET reciclado.

#### **Competencia**

Para el análisis de la competencia se considera esta idea de negocio como un mercado nuevo y poco explotado por lo que todos quienes quisieran entrar en el mercado deberán considerar ciertos factores como los volúmenes de producción, calidad del producto y algunos otros puntos que requieran los potenciales consumidores.

### *Público*

Público es cualquier grupo que tiene un interés real o potencial en la capacidad del proyecto. Entre ellos se destacamos:

- Los públicos financieros que influyen en la capacidad de la empresa para obtener fondos.
- Y el más importante en el éxito de la organización es el público interno (proveedores y personal de planta) en el que hay que desarrollar estrategias para informarlos y motivarlos a tal punto que esta actitud positiva se refleje en la calidad del producto.

### *Productos sustitutos*

El único producto sustituto que se considera en el proyecto es la materia prima virgen.

## **Macro entorno**

### **Ambiente cultural**

El ambiente cultural está constituido por aquellas instituciones y fuerzas que afectan los valores, percepciones, preferencias y comportamientos, básicos de una sociedad.

Por tal razón es importante mencionar que los principales valores culturales de la sociedad se ven expresados en la forma en que la gente se ve así misma y a los demás, además de la forma en que se ven las organizaciones, la sociedad, la naturaleza y el universo.

Por esto la finalidad de la empresa es crear a largo plazo un sistema de reciclaje a tal grado que la sociedad sea identificada como una ciudad ecológica.

### **Ambiente social**

En el macro entorno del proyecto considera al ambiente social como base para el desarrollo de una cultura de reciclaje que en la actualidad no existe en el país aprovechando los esfuerzos de instituciones públicas como el caso de la M. I. Municipalidad de Guayaquil y su proyecto de "Regeneración Urbana".

### **Ambiente legal**

---

En el ambiente legal el proyecto se encuentra enmarcado dentro de leyes que promueven esta clase de actividades especialmente en Guayaquil, tanto así que actualmente se encuentra en marcha un proyecto de reciclaje coordinado por la Fundación Malecón 2000.

### **Ambiente político**

El ambiente político consiste en leyes, dependencias de gobierno y otros grupos de presión que influyen en las decisiones de la empresa.

Para el caso del proyecto en el país existen algunas instituciones que promueven actividades como el reciclaje. De tal manera que esto se convierte en una oportunidad para el éxito del proyecto por ello se deberán desarrollar políticas y pautas para manejar cuestiones complejas de responsabilidad social.

### **Ambiente natural**

Actualmente las tendencias se inclinan hacia una cultura ambiental y por tal razón uno de los procesos que se consideran especialmente en países desarrollados es la cultura del reciclaje, esto implica reutilizar cierto tipo de materiales que han sido utilizados y reinsertarlos en el aparato productivo como una nueva materia prima para otros productos.

### **Ambiente tecnológico**

El entorno tecnológico es una de las fuerzas que moldea los mercados y las oportunidades de negocio en la actualidad, por ello es imprescindible que el proyecto tenga una tecnología moderna esto implica procesos para recolectar la materia prima (estrategias para recaudar la mayor cantidad de desechos plásticos PET en la ciudad), y capacidad de la planta para procesar las escamas de PET reciclado.

### **Ambiente económico**

Ecuador ha dependido históricamente de los mercados externos. La escasa diversificación de las exportaciones y del desarrollo interno, ha producido una economía vulnerable a los trastornos en las relaciones de intercambio comercial. Esos trastornos, junto con la rigidez de la economía nacional, el atraso en la reforma estructural de los sectores público y financiero y respuestas políticas poco adecuadas, han afectado negativamente el desarrollo económico y social.

El país, no ha logrado desarrollar su economía en gran medida por la incapacidad del Estado ecuatoriano y el sector privado nacional para incorporarse a un proceso de modernización de sus estructuras. Esto ha significado el aumento de la pobreza y la desocupación, el aumento desmesurado de la inflación, políticas de endeudamiento con la banca internacional.

La industria del reciclado correctamente explotada genera divisas al país con el simple hecho de convertir en algo útil lo que otros desechan, generando mano de obra en forma directa e indirecta para numerosas personas y contribuir con el crecimiento económico del país, dando forma a un producto que se comercializa en mercados desarrollados que son consideradas economías industriales que constituyen mercados para cualquier oportunidad de negocio.

## II) PLAN DE MERCADEO

### MERCADEO ESTRATÉGICO

#### Misión

La misión de la empresa es:

*“Obtener materia prima reciclada de calidad, de los desechos plásticos de PET generados en la ciudad de Guayaquil, que asegure la venta sustentable del producto en el mercado internacional, y poder así contribuir a la reducción de la contaminación en la ciudad”*

#### Visión

La visión de la empresa es:

*“Organizar a largo plazo un sistema de recolección de desechos plásticos de PET que involucre tanto a las personas como a las empresas dedicadas a*

*esta actividad para asegurar una producción sustentable a lo largo de los años que nos permita ser líderes en el negocio”*

### Descripción de problemas / oportunidades

#### Análisis FODA

<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento considerable de los desechos de PET.</li> <li>• El PET tiene varias características que potencian su reciclabilidad.</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No llegar a captar todo lo presupuestado.</li> </ul>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comercialización en el mercado internacional.</li> <li>• El reciclaje es una buena opción para reducir el impacto ambiental.</li> <li>• A nivel mundial existe un mercado en constante crecimiento para el PET reciclado.</li> <li>• Se dará un producto nuevo para la exportación que generará recursos al Estado.</li> <li>• Crear una cultura de reciclaje en la ciudad.</li> <li>• Posicionarse como líderes en este mercado.</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precios del PET virgen vs. reciclado.</li> <li>• Exigencias del mercado internacional.</li> <li>• Competencia.</li> </ul>

**Tabla 3.2**

**Autor: Victor Castillo, Xavier Macero y Luis Villacreses**

## Matriz Boston Consulting Group

<i>Matriz BCG</i>	<i>Participación relativa del mercado</i>	
	Alta	Baja
<i>Tasa de crecimiento del mercado</i>	Alta	<p>Interrogación</p> <p>Las interrogaciones son unidades de negocio con baja participación en mercados de alto crecimiento. Esto se debe a que la empresa recién se encuentra en la primera etapa del ciclo de vida, la introducción. Una de las estrategias es de organizar eficientemente la estructura del negocio, partiendo de la recolección de los desechos.</p>
	Baja	<p>Vacas de dinero</p> <p>Perros</p>

Tabla 3.3

Autor: Víctor Castillo, Xavier Macero y Luis Villacreses

## **Planteamiento de Objetivos: generales y específicos**

### *Objetivo General*

“Transformar los desperdicios plásticos de PET generados por la ciudad de Guayaquil en escamas recicladas para destinarlas a la exportación”

### *Objetivo Específicos*

- Alcanzar un nivel de rentabilidad que asegure la realización del proyecto a lo largo del tiempo.
- Recolectar el 60% de los desechos plásticos de PET generados por la ciudad en 5 años.
- Establecer una directa relación comercial con las empresas que utilizan este producto como material componente.
- Ser sinónimo de reciclaje de plástico en la ciudad a mediano plazo.

## **Segmentación del Mercado**

### *Medición de la Demanda*

Dado que la producción de desechos plásticos de PET en la ciudad de Guayaquil alcanza un promedio de 150 toneladas mensuales y que existe un consumidor que es capaz de comprar 2000 toneladas

mensuales de PET reciclado, se asume que toda la producción alcanzada por la planta será vendida, debido a que los volúmenes producidos en la planta son menores a los que genera la ciudad de Guayaquil. Para medir esta demanda se utilizan los datos de la disposición de los desechos plásticos en el Relleno Sanitario de las Iguanas.

#### *Estrategia de posicionamiento*

El posicionamiento que se plantea en el proyecto es:

“Ofrecer un producto reciclado con un nivel de calidad similar al virgen a bajo costo”.

Para lograrlo hay que capacitar al personal encargado en la recepción del producto, para que sea capaz de distinguir y escoger la materia prima adecuada para la fabricación de escamas de PET reciclado, logrando así la reducción de costos en el lavado y dando lugar a un producto de calidad similar al del virgen.

#### *Selección de mercados Meta*

En una primera etapa, las escamas de PET que produzca la planta se las venderá a un broker, quien se encargará de comercializarlas a las empresas que lo utilicen como material componente. En su segunda etapa, una vez alcanzado volúmenes de producción altos, las escamas de PET serán vendidas directamente a las empresas

que lo consuman en el mercado asiático, especialmente en los países de Japón y China. Buscar mas clientes

### **Planteamiento de Estrategias (determinación de la estrategia global)**

La estrategia inicial del proyecto es la del montaje de una planta completa para improvisar el crecimiento proyectado de los desechos de PET en la ciudad, con esto se pretende ser los primeros en el mercado con la tecnología necesaria.

La segunda estrategia sería la cobertura del mercado, organizando el sistema de recolección de los desechos de PET, para captar la mayor cantidad de dicho material.

Y la última e importante, el posicionamiento y la ventaja diferencial de las escamas de PET reciclado, mencionados anteriormente.

### **Mezcla de Mercadeo**

#### *Producto*

En primer lugar se define a las escamas de PET reciclado como una materia prima, debido a que se lo somete a un proceso de fabricación ulterior para la obtención de productos terminados, como por ejemplo juguetes.

#### *Ciclo de vida del producto (CVP)*

---

La correcta recepción de los desechos de PET y el respectivo reciclaje para producir una material prima de calidad, será una estrategia inicial para la introducción del producto.

El crecimiento estará dado en función del incremento en la recepción de los desechos de PET producidos en la ciudad de Guayaquil.

Y la madurez se dará cuando la planta alcance altos volúmenes de producción y esté en la capacidad de poder vender la producción directamente con las empresas que lo consumen en el mercado internacional especialmente en los países asiáticos como Japón y China.

*Presentación: empaque, etiqueta, envase, código de barras*

La presentación del producto es otro elemento clave para la comercialización del mismo, para poder aprovechar al máximo el espacio en los containeres, el producto deberá ser llenado en sacos de plástico con la respectiva información del producto.

Marca

Para lograr un eficaz posicionamiento de mercado es importante que tenga un nombre el cual sea reconocido por el consumidor y que la primera perspectiva que formule sobre la marca sea

sinónimo de reciclaje de plásticos PET, producto de calidad a bajo costo. Se piensa usar el nombre “KENOSIS”

### Precio

El precio que se pedirá por el producto terminado será el pactado por el mercado internacional. Hasta el 18 de octubre del 2004 el precio de escamas recicladas de PET transparente fluctuaba entre los 42 - 48 dólares la tonelada y las de color verde oscilaban entre los 36 - 40 dólares la tonelada.

### Competencia

El precio del producto estará dado en función del mercado internacional y de los precios del PET virgen.

### Costos

La estructura de los costos es importante en el desarrollo del proyecto, pues es necesario hacer un análisis de costos para establecer ciertos parámetros en la puesta en marcha y control de la producción.

### *Cliente (capacidad de compra / pago)*

Se procurará vender el producto al mercado asiático mediante el uso de un intermediario

## ***Plaza (distribución)***

### *Canales: niveles de intermediación*

La distribución es de relación directa con los centros de acopio De estos centros dependerá la recepción de los desechos plásticos de PET de calidad.

El producto 'estará destinado a la exportación. Cumplir con estrategias administrativas como el justo a tiempo garantizará la acogida del producto en el mercado internacional y más aún en el mercado asiático que son mercados que poseen una cultura organizacional muy desarrollada en donde el tiempo es uno de los activos que inciden en la calidad de sus productos.

## ***Comunicación***

### *Venta directa*

El mercadeo directo será una de las estrategias de comunicación del proyecto, puesto que el producto será negociado directamente con el broker que posteriormente lo negociará con las empresas que lo requieren y a largo plazo se espera poder realizar negociaciones directas con las propias empresas que demandan el producto.

### *Mercadeo electrónico*

Otra de las estrategias a considerarse será el mercadeo electrónico (e-business), puesto que actualmente el Internet es una de las herramientas más explotadas en lo que respecta a los mercados internacionales, por la agilidad en la comunicación y la recepción de información oportuna.

### *Relaciones Públicas*

Las relaciones públicas será otra de las estrategias de comunicación. Estar presentes en ferias de la industria plástica (llevada a cabo una vez al año) será una oportunidad para presentar el producto a los distintos clientes internacionales.

Mantener contactos con empresas similares en otros países.

### **3.2.3 TAMAÑO**

El alcance del proyecto se considera de acuerdo al pronóstico de la cantidad de materia prima, que son los desechos de PET que puede producir la ciudad de Guayaquil, de donde se ha obtenido proyección de 169.76 Ton promedio mensuales desde octubre de 2003 hasta marzo de 2005<sup>15</sup>. Se prevee vender todo lo que la planta pueda producir puesto que la demanda internacional supera las 1500 Ton/mes.

La planta que se considera tiene una capacidad de producción de ½ a 1 Ton/hora. Trabajando 8 horas diarias, 22 días y utilizando su

---

<sup>15</sup> Pronostico obtenido de los datos históricos a partir de octubre de 1994 hasta marzo de 2004 – M. I. Ciudad de Guayaquil (Dpto. de Aseo Urbano)

máxima capacidad de producción se logra producir 176 Ton/mensuales de escamas de PET reciclado, con lo que fácilmente se cubre la totalidad de los desechos generados en la ciudad de Guayaquil (en caso de que se recolecte el 100%). Teniendo capacidad adicional para responder el incremento de los desechos generados por la ciudad en cualquier instante.

### 3.2.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La planta de reciclado de botellas de PET con una capacidad de producción de 500 a 1000 kilogramos hora comprende:

- 1/ Una cinta de tablillas de acero con protecciones laterales para soporte de balas, con estadio de espera para el corte manual del flejado de la bala. Completo de soportes y escalera.

Dimensiones de la cinta: 9000 mm. de largo x 1500 mm. de ancho.

- 2/ Un abridor de balas de botellas de PET.

Dimensiones máximas de las balas: 1000 x 1000 x 1200 mm.

Dimensiones del abridor: 3000 mm. de largo x 1300 mm. de ancho x 1200 mm. de alto.

Con tres visinfines de diámetro 300 mm., con motorreductor de 5,5 CV.

3/ Una cinta selectora, tipo cajón.

Dimensiones: 7000 mm. de largo x 1000 mm. de ancho.

Con túnel detector de metales.

4/ Una cinta de alimentación automática molino, de 5000 mm. de longitud, ancho 800 mm.

5/ Un molino modelo MGV2-120653, con motor principal de 180 CV., con transporte del material triturado por visinfín a ventilador de extracción.

6/ Un sistema separador en seco de etiquetas de papel, compuesto por:

-Un ciclón de diámetro 800 mm.

-Dos cabinas separadoras.

-Un ventilador de aspiración.

-Un ciclón decantador.

7/ Una cuba con batidor de 4 CV. a velocidad variable, con extractor de cangilones para la extracción del material del lavadero a la centrífuga, con motor variador de 1 CV.

Dimensiones: 1500 x 1500 x 2000 mm.

- 8/ Una centrífuga intermedia con motor de 12,5 CV., para la extracción de restos de materiales de etiquetas, completo de sistema de limpieza con rascador de actuación neumática. Un sistema de transporte neumático con ventilador de 5,5 CV adaptado a la centrífuga y un ciclón de diámetro 800 mm.
- 9/ Una balsa para separar el PET del PE, PP y otros materiales de menor densidad que el agua.

Dimensiones: 4950 x 1080 x 1800 mm.

En el fondo monta un extractor accionado por un motorreductor de 1 CV. y un transporte por visinfín a la centrífuga de 1 CV.

También monta dos sistemas de paletas accionadas por dos motorreductores de 0,5 CV cada uno y un extractor de material flotante con motorreductor de 0,5 CV.

- 10/ Un sistema de lavado en caliente con grupo adicionador de productos químicos (según necesidades) dotado de:
- Un agitador de 5,5 CV.
  - Un extractor de 1 CV.
  - Dos depósitos de 15 litros cada uno, con dosificador automático regulable.

**Nota:** Se le deberá suministrar un caudal de agua caliente a 80° C, 50 litros/minuto.

- 11/ Una centrífuga de 12,5 CV. para el secado del material, con una bandeja recogedora de agua y lodos, dotada de un sistema de limpieza por pistón neumático.  
Un ventilador centrífugo de 5,5 CV. con adaptación a centrífuga.
- 12/ Un sistema separador en seco de etiquetas de papel, compuesto por:
- Un ciclón de diámetro 800 mm.
  - Dos cabinas separadoras.
  - Un ventilador de aspiración.
  - Un ciclón decantador.
- 13/ Soportes doble para big-bag con ciclones con válvula desviadora tipo pantalón, tubería de unión, abrazaderas y curvas.
- 14/ Cuadro eléctrico de mando y control de todo el equipo.

Nota:

Todo lo que es sistema de lavado (cubas) y centrifugas está construido en acero inoxidable, siendo la estructura en acero al carbono electro-soldado y pintado.

### 3.2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Las botellas que se alimentan a la planta provienen de lugares de recolección urbanos e industriales y deben ser seleccionadas previamente (sólo PET).

El primer paso consiste en cargar las balas de botellas prensadas a una cinta que lleva a un sistema continuo y automático de apertura de las balas; a continuación las botellas sueltas pasan a una segunda cinta en la que se realiza el siguiente control:

- Detección de metales (sistema manual o automático)
- Detección de PVC (sistema manual o automático)
- Tiraje de botellas no pertinentes (sistema manual o automático)
- El sistema manual lo realizan operarios en la cinta de selección.

Seguidamente las botellas pasan al sistema de prelavado y triturado, formado por un tromel y trituradores que trabajan con agua.

El tromel garantiza una eficaz pre - limpieza de las botellas, separando todos los pequeños cuerpos pesados como: cristal, piedras, arenas..., y las etiquetas de papel. En general el tromel proporciona una mayor duración de las cuchillas del sistema de corte de los molinos trituradores.

Una vez que las botellas han sido trituradas en agua, las escamas son transportadas, siempre en continuo y en automático, a un

sistema de preflotación que permite separar y eliminar, antes del lavado, la mayor parte de poliolefinas, el papel residual, las etiquetas de PE y la polución flotante.

El proceso de lavado de las escamas consiste esencialmente en eliminar el pegamento o cola de las etiquetas, así como las distintas impurezas y sustancias que pueda haber todavía en las escamas y los residuos resistentes a la primera fase de prelavado y densado (separación por densidades).

El sistema de lavado y batido en caliente, preparado para trabajar con productos químicos (disolventes, sosa, detergentes, etc.) realiza perfectamente estas funciones, junto con el sistema TURBO WASH, que permite un notable ahorro de los costes de trabajo de la instalación, permitiendo lograr la calidad y el grado de limpieza deseados.

En el sistema TURBO WASH las escamas se exponen a una alta temperatura y a una fuerte, pero no destructiva, acción de fricción. En todo momento se controla la temperatura, la potencia de la fricción y la duración del tratamiento, siendo todos estos parámetros modificables a voluntad.

Todas estas operaciones se siguen realizando en continuo y automáticamente.

A continuación las escamas pasan a un tanque de densado donde, por flotación, se eliminan las impurezas más ligeras que el agua, las

cuales han sido separadas de las escamas de PET en el proceso anteriormente descrito.

Finalmente, para terminar el proceso de lavado, las escamas pasan por un sistema de centrifugado final con agua fría, donde se eliminan los restos de productos químicos usados durante el lavado y de productos no deseados.

Algunos posibles pequeños restos de metales son identificados automáticamente por un detector situado después de esta unidad y separados.

Antes de acabar el proceso y almacenar las escamas en big-bags por medio de una doble estación de carga, se aspira eventuales residuos de partes no deseadas.

El sistema de lavado y triturado de envases, botellas y garrafas, se puede prever también el sistema de reciclaje y tratamiento del agua, con una tecnología que permite reutilizar el agua asegurando el objetivo de minimizar el consumo de agua.

Se deberá comprobar si la calidad de los vertidos por limpieza y renovaciones es acorde con la normativa existente en la localidad de la instalación de la planta, actuando en consecuencia, y proceder a su tratamiento en caso necesario.

Toda la línea se controla y manda desde un sistema computerizado a través de pantalla táctil, con la posibilidad de asistencia remota a través de un módem y con una línea telefónica dedicada.

### **3.2.6 PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS DE COSTES**

A continuación se analiza los diferentes parámetros del sistema de ingeniería para el cálculo económico de los costes de la planta de lavado y triturado de botellas.

#### **Material perdido en el proceso**

Estos materiales son básicamente los "finos" de buen material perdidos durante el proceso de lavado. Representa el 2% aproximadamente.

#### **Material extra**

PEHD / PELD /PP, papel, humedad, tierras, materiales varios no deseados y otros materiales inertes, que equivalen a un 10-20% del producto final. El porcentaje puede variar según el acopio inicial y según la calidad de las botellas que entren en la línea.

Este parámetro es prioritario, de él depende, en gran medida, los costes del proceso.

---

Por lo tanto se considera que, para lograr una producción de 100 Kg. de escamas de botellas limpias de impurezas, es necesario alimentar la línea con 110-120 Kg. de botellas seleccionadas.

### **Potencia eléctrica**

La potencia eléctrica instalada es de 350 Kw., mientras que la energía absorbida es de 250 Kw. aproximadamente. El consumo eléctrico estimado será de 0,25 Kw. /Kg.

### **Agua**

Toda el agua que se interviene en el proceso es tratada, filtrada y reciclada en continuo para minimizar el gasto y el consumo de energía.

El sistema prevé la filtración del agua a través de unos filtros prensa que permiten la eliminación de las partes suspendidas, como son el barro y otros materiales que pueden ser fácilmente eliminados sin consumo de agua. Por lo tanto, el agua que circula por el sistema se reutiliza constantemente.

### **Aire comprimido**

El consumo de aire comprimido es de 0,05 Nm por Kg. de producto lavado.

## Calefacción

El consumo de energía para la calefacción necesaria del agua, en las peores condiciones, es de 300.000 KCal. por 1000 Kg. de producto procesado.

## Mano de obra

La Tabla 3.4 muestra el requerimiento humano de la planta

**Requerimiento Humano de la Planta**

	Número de Personal		
	Primer Turno	Segundo Turno	Tercer Turno
Supervisor de Turno	1	1	1
Control visual	2	2	2
Material de entrada y salida	1	1	1
Limpiador	1		

**Tabla 3.4**

**Autores: Víctor Castillo, Xavier Macero y Luis Villacreses**

El Supervisor de turno es encargado de la Ingeniería metálica y eléctrica y de la supervisión del trabajo.

Las personas dedicadas al control visuales encargan de eliminar los contaminantes que se encuentren en el material plástico de PET.

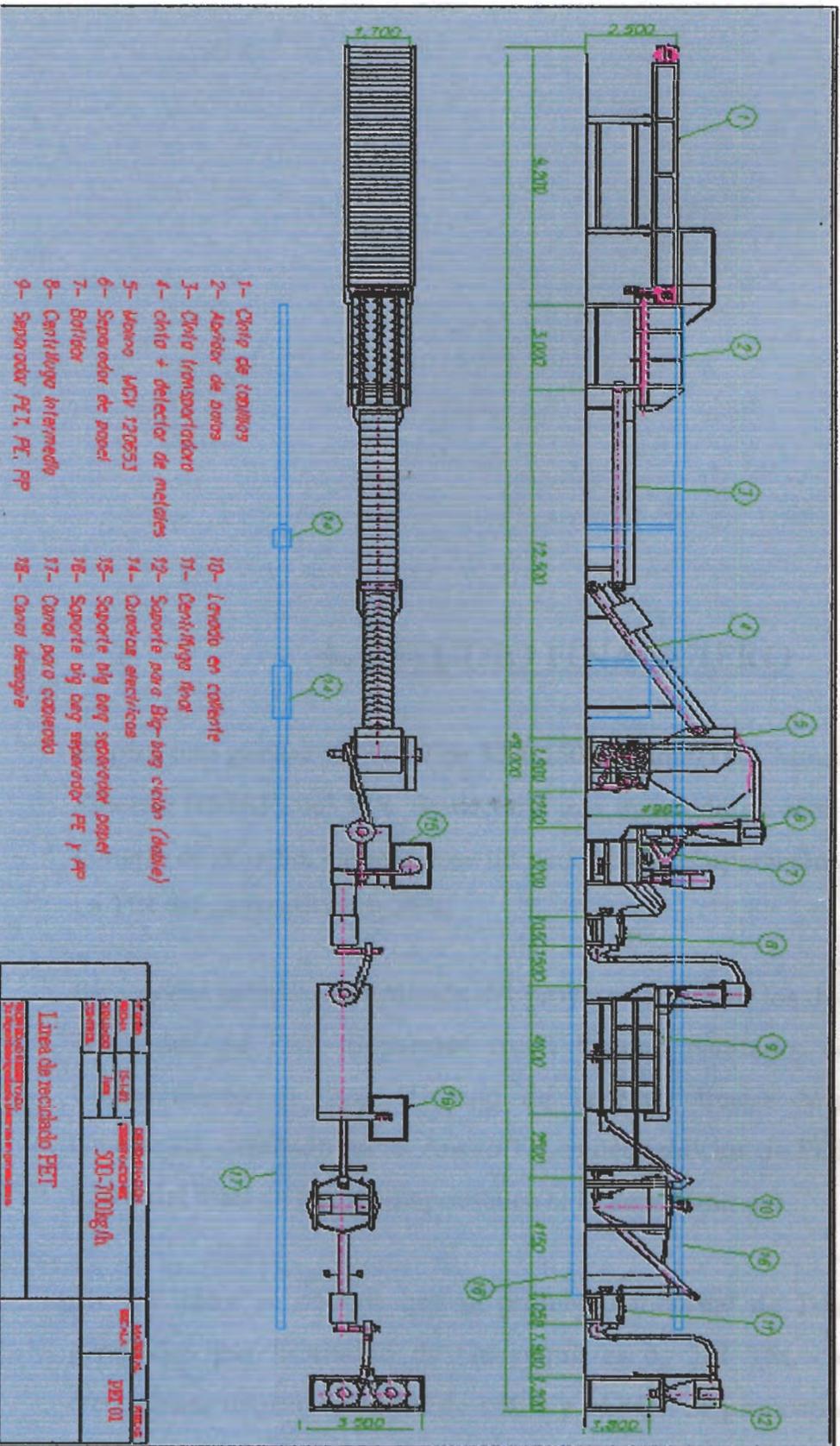
Las personas encargadas en vigilar el material de entrada y salida se dedican al desplazamiento de material, elevadores de carga y manejo del material de entrada y salida de la línea.

El limpiador se dedica a las operaciones de limpieza general y de la línea

### **Rendimiento de la Línea**

Siendo el material de entrada botellas de PET seleccionadas, en balas y provenientes de recogida selectiva o de residuos post industriales, el sistema está diseñado para procesar una media de 1000 Kg/h, +/- 10%.

### 3.2.7 PLANO DE LA PLANTA



Código		Distribuidor		Módulo		Módulo	
0001	SL181	AMERICA		0001		0001	
DESCRIPCION		300-700kg/h		PET 01			
<p>Línea de reciclado PET</p> <p>Modelo: 300-700kg/h</p> <p>Material: PET 01</p>							

#### **4. ESTUDIO FINANCIERO**

El proyecto genera un VAN de \$270.150 con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) del 17%. Se necesita una inversión de \$688.000 para poder ponerlo en marcha, estimándose un periodo de recuperación de de 6,85 años. La TIR del proyecto es de 26%.

Para poder estimar la demanda del proyecto se utilizó los datos del Total de Toneladas de PET dispuestas en el Relleno Sanitario, obtenidos en el Departamento de Aseo Urbano de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, detallado en el Anexo 1. Los desperdicios de PET representan el 0,30% del total de basura dispuesta en el Relleno Sanitario.

De los datos se obtiene que el promedio mensual de Toneladas de PET generados por la ciudad de Guayaquil es de 171 TM, con una tasa de crecimiento mensual y anual de 1,20% y 14.84%. Se pronostica que la ciudad

de Guayaquil producirá 161 TM de PET mensuales en el año 2005. En el Anexo 2 se muestra la Demanda de PET pronosticada.

En el Anexo 3 se presenta el Flujo de Caja Mensual del Proyecto.

En el Anexo 4 se detalla el Flujo de Caja anual pronosticado para 10 años en el cual se detalla el Valor Presente Neto del proyecto, su Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación.

La tabla 5.1 muestra el Análisis de Sensibilidad del proyecto, en el cual se puede apreciar que el precio, costo variable y nivel de producción en equilibrio son de \$ 401 por TM, \$ -279 y 826 TM anuales, respectivamente.

<b>Análisis de Sensibilidad</b>		
Pv TM Equilibrio	\$	401,380193
Costo/TM Equilibrio	\$	-278,619808
Cantidad TM Equilibrio		825,7924

**Tabla 5.1**

**Autores:** Victor Castillo, Xavier Macero, Luis Villacreses

## **5. ESTUDIO AMBIENTAL**<sup>16</sup>

La preocupación por la protección del medio ambiente ha constituido una de las inquietudes más importante de la sociedad contemporánea. Problemas de diversas índoles han venido a sustituir prioritariamente a la contaminación, aunque para algunos sectores de la población, como grupos ecologistas, siguen primando las inquietudes ambientales y ecológicas.

La sociedad de consumo, junto con la revolución tecnológica, ha dado lugar a la mayor producción de residuos de toda la historia de la humanidad. Los nuevos modelos de desarrollo deberán basarse en tecnologías de producción sin residuos, o con un mínimo de ellos. Esto permitirá resolver simultáneamente los problemas de la contaminación y de la escasez de recursos naturales y de energía.

---

<sup>16</sup> Fuente: Tesis de Grado “Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado”

## 5.1 ACUMULACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

La acumulación de residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los más graves problemas que afronta, no sólo Guayaquil, sino todas las ciudades en general, que se suscita principalmente por una escasa cultura ambiental y energética en cuanto a reciclaje se refiere.

Hace diez años, en 1993, cada persona en Guayaquil producía 0.6 Kg. de basura por día y se producían 1385 Tn. diarias de desechos.

Actualmente el promedio de producción de desechos es de 0.97 Kg. por habitantes por día con un promedio hasta el mes de marzo del 2004 de 1896 Tn. por día<sup>17</sup>.

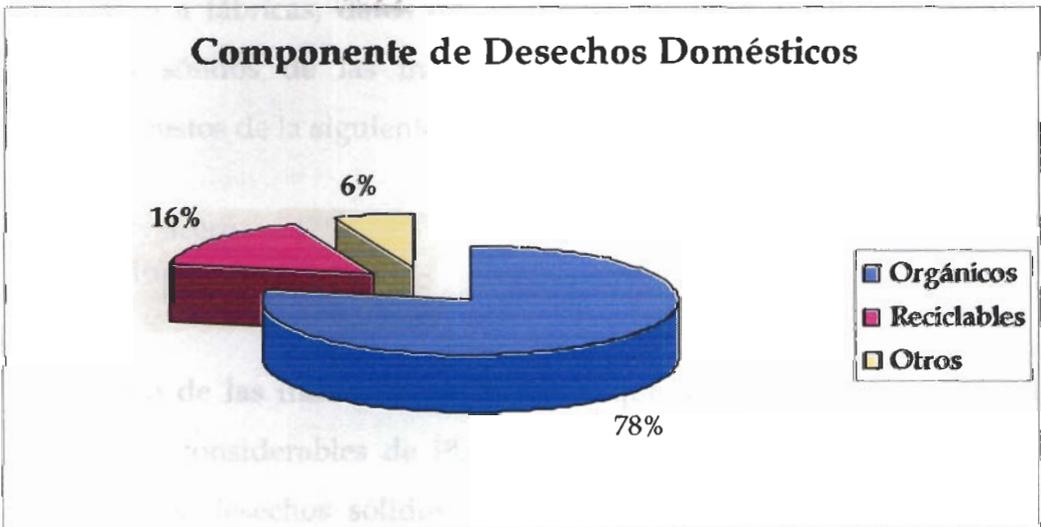


Fig. 4.1

Fuente: Tesis de Grado "Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado"

<sup>17</sup> Dato de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil

Los componentes globales en porcentajes de desechos reciclables fueron los siguientes:

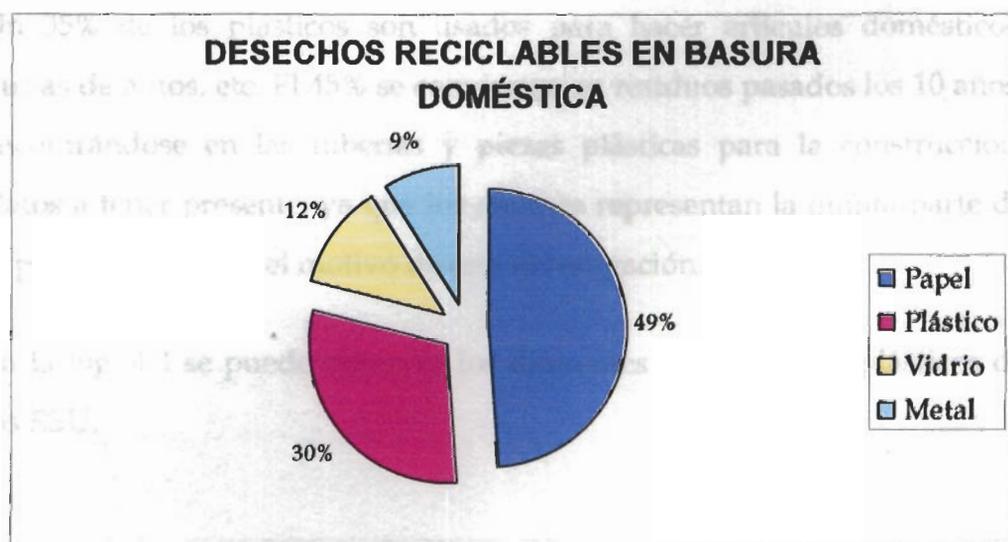


Fig. 4.2

Fuente: Tesis de Grado "Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado"

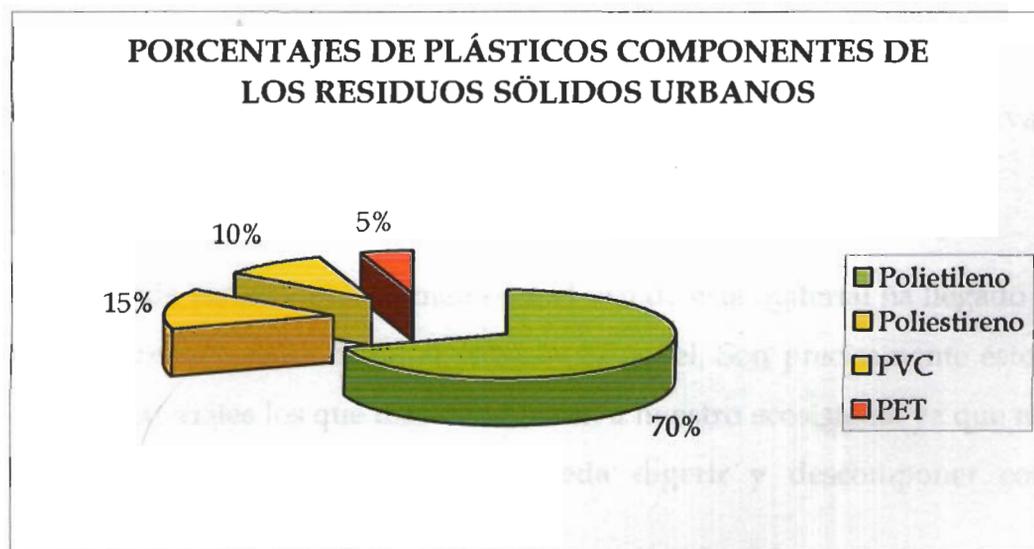
En cuanto a fábricas, datos del INEC reflejan que la descarga total de desechos sólidos de las industrias en 1993 fue de 26981 Tn/años, descompuestos de la siguiente forma:

Hierro y acero	47%
Alimentos	51,85
Otros	1,46

En el caso de las industrias de bebidas, que son las que manufacturan cantidades considerables de PET, se sostiene que la contaminación por descarga de desechos sólidos que corresponde a las 9 industrias que abarcó el estudio es de 2365 Tn. /años. Cabe resaltar que éstos son los últimos datos oficiales de que dispone el INEN.

Otras cifras revelan que aproximadamente el 20% de los productos plástico acaban como residuos en menos de un año los cuales son, por lo general embalajes para alimentos, botellas, contenedores y algunos filmes. Un 35% de los plásticos son usados para hacer artículos domésticos, piezas de autos, etc. El 45% se convierten en residuos pasados los 10 años, encontrándose en las tuberías y piezas plásticas para la construcción. Datos a tener presente, ya que los envases representan la quinta parte de la producción y son el motivo de esta investigación.

En la Fig. 4.3 se puede observar los diferentes componentes plásticos de los RSU.



**Fig. 4.3**

Fuente: Tesis de Grado "Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado"

En general, los plásticos procedentes de los hogares constan de una mezcla de distintos materiales difíciles de identificar, lo que provoca su aglutinamiento.

## **5.2 DESTRUCCIÓN DEL AMBIENTE**

El hombre a través de los tiempos, ha utilizado los recursos naturales que se hallaban a su alcance y disponibilidad para su propio beneficio; pero con el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación y con la aparición de necesidades cada vez más exigentes en cuanto a alimentación, transporte, construcción y recreación se refiere, ha habido en las últimas décadas un crecimiento desproporcionados de los desperdicios, no sólo naturales tales como metales, residuos orgánicos, inorgánicos, sino también en cuanto a productos sintéticos se refiere; lo cual ha ocasionado que los lugares asignados para el depósito de los desechos hayan quedado estrechos y saturados.

No sólo que ahora se produce más residuos, sino que también hay nuevas clases, entre ellas los plásticos.

En la década pasada, el incremento en el uso de este material ha llegado a reemplazar materiales como el vidrio y el papel. Son precisamente éstos nuevos materiales los que más daño hacen a nuestro ecosistema ya que no son sustancias que la naturaleza pueda digerir y descomponer con facilidad.

Fácil es observar las secuelas que estos tipos de materiales han ocasionado en Guayaquil:

- Contaminación del Estero Salado.
- Acumulación de envases plásticos (en especial PET).

- Rápida saturación del relleno sanitario debido al gran volumen ocupado.

Precisamente a inicios del año 2003, el Municipio de Guayaquil emprendió un programa de limpieza del Estero Saldo en su afán de mejorar el ecosistema y ornato de la ciudad, habiéndose recolectado desde febrero hasta mayo del 2003 un total de 545.52 Tn. de desechos.

Alguna de las leyes que, de una u otra manera, pretenden controlar la destrucción del medio ambiente son las siguientes:

- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. (1976)
- Reglamento sobre la Prevención y Control de la Calidad del Aire y sus Métodos de Medición. (1991)
- Reglamento sobre la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo referente al Recurso Suelo. (1992)
- Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos. (1992)
- Reglamento que establece las Normas Generales de Emisión para Fuentes Fijas de Combustión y los Métodos Generales de Medición. (1993)
- Ley de Gestión Ambiental. (1999)

El objetivo de este trabajo es precisamente intentar hacer descender los niveles de estos desechos mediante algunos usos alternativos de aquellos residuos.

### **5.3 ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

No cabe duda que, la recolección de basura es el servicio urbano que ha experimentado los mayores cambios, mejorando su eficiencia en comparación a épocas anteriores.

Hasta 1993 no se disponía de un lugar técnico sanitario, donde se pueda colocar los desechos sólidos de la ciudad. Estos eran quemados (29.5%), arrojados en lugares baldíos y esteros (4.4%) y mayormente en el botadero del Cerro San Eduardo (63.7%).

Para aquel año se contrató al Cuerpo de Ingenieros del Ejército para la adecuación y relleno con material de cobertura en el mencionado botadero.

Desde septiembre de 1994 se implantó en la ciudad de Guayaquil el relleno sanitario "Las Iguanas", bajo la administración y supervisión de la Municipalidad de Guayaquil.

Hacia 1998 y 2000 algo más del 94% de los desechos sólidos que se generan en el cantón (excepto Puna), son dispuestos en este relleno sanitario. El sistema comprende la disposición de la basura en celdas, formando capas compactadas y cubriéndolas con material pétreo.

La eliminación de los desechos urbanos, según datos comparativos de Guayaquil en los años 1993 y 2000, indica que las opciones han variado en el transcurso del tiempo según la siguiente tabla:

**Tendencia y comparación de eliminación de los Desechos Sólidos**

	Desechos Sólidos 1993	Desechos Sólidos 2000
Relleno Sanitario	0.0%	94.2%
Incineración	0.0%	0.0%
Vertedero Abierto	63.7%	0.8%
Reciclados	2.4%	1.8%
Quemados	29.5%	1.3%
Otros	4.4%	1.9%
Total	100%	100%

Tabla 4.1

Fuente: Tesis de Grado "Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado"

Durante el período señalado se han producido cambios radicales que han contribuido en forma decisiva al mejoramiento del aseo urbano y a la imagen misma de la ciudad.

## **5.4 SOLUCIONES ALTERNATIVAS**

Las soluciones que se recomiendan tienen relación directa con los plásticos, ya que este tipo de material artificial tiene largos periodos de vida residual en el medio ambiente, pudiendo llegar a durar muchos años.

Se presentan dos géneros como alternativas de solución:

- Reciclaje
- Recuperación de energía

Aparte del reciclaje, en la ciudad se podrían aprovechar los RSU como una fuente alternativa de combustible cuyo poder calorífico podría variar, dependiendo de la composición porcentual de los desechos utilizados como tal.

Si bien la eliminación de los RSU se realiza también por combustión, en la ciudad no se aprovecha la energía desprendida por tal forma de combustible, por lo que se la presenta como una forma alternativa de eliminación de desechos que puede beneficiar grandemente a la ciudad.

#### **5.4.1 RECUPERACIÓN DE ENERGÍA DE LOS DESECHOS PLÁSTICOS**

Aunque algunos plásticos puedan reciclarse, como ventaja para el medio ambiente, muchos desechos plásticos consisten en pequeños objetos dispersos entre otros materiales de desecho.

Separar y limpiar esos desechos para su reciclado puede entrañar una carga ambiental mayor que las ventajas de reciclado, incluso antes de detenerse en cuenta el costo económico.

Así mismo, podría haber residuos del proceso de reciclaje que no puedan ser reciclados a su vez.

Si el reciclaje no puede justificarse, la recuperación energía puede ser una forma eficaz en función de los costos de recuperar un valor intrínseco de los recursos.

La investigación y la práctica en los últimos años han demostrado que, en estrictas condiciones de funcionamiento, los desechos plásticos, incluso cuando la mezcla es rica en PVC, pueden incinerarse de forma segura y eficaz. La combustión consiste, a alta temperatura, recuperar el máximo de energía del combustible y garantiza la rotura completa de los compuestos orgánicos tóxicos.

El método más eficaz de recuperación energía (hasta el 85%) es la incineración para producir vapor a alta presión destinado a la generación de electricidad, vapor a baja presión para uso industrial y agua caliente para la calefacción de los hogares. La mayoría de las plantas en las que se recupera energía de los desechos no intentan conseguir los tres niveles anteriormente descritos.

Existen ciertos parámetros que muestran que el impacto ambiental de la recuperación energía mediante la incineración se ve afectado por cuatro factores claves:

- 1 La naturaleza de los desechos que se van a la incinerar;
- 2 El control de las condiciones de incineración;
- 3 La limpieza de los gases de chimenea;

#### 4 La eliminación de los residuos.

### LA NATURALEZA DE LAS CORRIENTES DE DESECHOS PLÁSTICOS DESTINADOS A LA RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Los plásticos pueden encontrarse en cuatro tipos de desechos utilizados en proceso de recuperación de energía, cada uno de los cuales presenta su propio valor de recuperación de la energía.

- a) Desechos sólidos urbanos (DSU) que se relacionan con los residuos sin tratar de los hogares y los desechos de comercios y restaurantes y se queman en grandes instalaciones de combustión en masa. Los DSU tiene un valor energético de tan sólo 10 MJ/kg y una densidad muy baja. Su contenido en plástico ayuda en la combustión de otro tipo de materiales en la combustión de desechos.
  
- b) Combustible derivado de los residuos (RDF). Se produce al retirar todo los componentes no combustibles, como metales, vidrio y materiales putrescibles, de los DSU y aglomerar el material comestible restante. Como se trata de unos DSU procesados, el RDF tiene un mayor contenido en desechos plásticos que los DSU y, en consecuencia, un valor energético más alto. Puede ser aceptable desde el punto de vista ambiental el transporte de los RDF a corta distancias desde el lugar de su

fabricación a las instalaciones autorizadas de recuperación de energía.

- c) Combustible derivado de los embalajes (PDF). Consta principalmente de desechos de papel y plástico que se mantienen de los desechos en general y se procesa en forma de granos para conseguir un valor energético aún más alto.
  
- d) Combustible de polímeros (PF). Consiste en desechos plásticos sólo procedentes de procesos de reciclado o separados de la corriente general de desechos, procesados para producir un combustible con una energía y un contenido de polímeros específicos.

Muchos incineradores no están diseñados para soportar las temperaturas que se generan cuando se utilizan combustible con un valor calorífico tan alto y, por tanto, debe diluirse con material con un valor calorífico más bajo.

Se puede observar algunos datos de valores caloríficos en la Tabla 4.2:

**Valores energéticos de los desechos plásticos**

<b>Combustibles / polímeros</b>	<b>Valor Calorífico (MJ/kg)</b>
PEAD - PEBD	45
PP	45
PS	41
PET	23
Carbon	25
PVC	22
PP/ABS/PE-AD (computadoras)	43
Embalajes de alimentos	45
Embalajes no de alimentos	37
Parachoques / depósitos de combustible	33

**Tabla 4.2**

**Fuente:** Tesis de Grado "Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado"

## **CONTROL DE LAS CONDICIONES DE INCINERACIÓN**

Las condiciones necesarias para la incineración óptima de materiales son:

- a) Altas temperaturas, 900° C a 1100° C para los desechos de hidrocarburos y 1100° C a 1200° C para los desechos halogenados. La legislación de la unión europea requiere una temperatura mínima de 850° C para todos los desechos y de 1100° C para los desechos que contengan más del 1% de sustancias orgánicas halogenadas, expresado en cloro.
- b) Suficiente tiempo de resistencia (del gas) en el incinerador. En promedio se requiere un mínimo de dos segundos.

c) Buena turbulencia.

d) Exceso de oxígeno.

El papel que desempeñan los polímeros clorados en la formación de dioxinas en los incineradores de desechos ha sido una cuestión controvertida. Se ha demostrado que la eliminación de los polímeros clorados de la mezcla de desechos no da como resultado una reducción proporcional de la formación de dioxina y que, incluso si se retira todo el PVC de la mezcla de desechos, el cloro restante es suficiente para formar dioxinas a niveles que hacen necesario el tratamiento de los gases de chimenea.

## **LIMPIEZA DE LOS GASES DE CHIMENEA DEL INCINERADOR**

Los gases enfriados procedentes de las cámaras de combustión del incinerador contienen una gama de materiales como dióxido de carbono, dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno y polvo. Es probable que los materiales orgánicos tóxicos que se formen en los gases de chimenea enfriados se absorban en la superficie de las partículas de polvo. Es esencial separar el polvo de los gases, lo que se hace normalmente mediante filtros textiles de malla fina. Los incineradores modernos han podido funcionar regularmente con emisiones de dioxinas muy inferiores a nivel de  $0.1 \text{ ng/m}^3$  que requieren algunos gobiernos. Eso requiere habitualmente equipo

adicional de limpieza de los gases, como sistemas basados en carbono activado, carbón activado o catalizadores especiales.

Para cumplir las normas moderna de emisión, es necesario retirar también de lo gases de chimenea el dióxido de azufre, el fluoruro de hidrógeno y el cloruro de hidrógeno. Esto se consigue haciendo de reaccionar a los gases con un álcali sólido húmedo, con soluciones alcalinas o simplemente con agua, lo que dependerá de la ubicación del incinerador. La neutralización de los gases ácidos con yeso húmedo produce un desecho sólido que debe depositarse en un vertedero autorizado. La neutralización de los gases ácidos con bicarbonato de sodio produce una disolución de sales de las que estas pueden reciclarse en determinadas condiciones. La absorción de los gases ácidos en agua produce una disolución de la que esos gases pueden retirarse y procesarse para su utilización comercial. Tan sólo existen unas pocas instalaciones de recuperación de ese tipo.

## **ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA INCINERACIÓN**

Habitualmente, las cenizas volantes procedentes de la limpieza del gas de chimenea contienen material, como compuestos de metales pesados, que si se liberasen, podrían causar daño al medio ambiente. Esos residuos deben considerarse siempre peligrosos y depositarse únicamente en vertederos autorizados después de realizar ensayos de lixiviación. A veces se considera ventajoso estabilizar los residuos con cemento antes de depositarlos. La ceniza de fondo de los incineradores puede ser lo suficientemente

inerte como para utilizarse como árido en la construcción de carreteras, pero debe establecerse que son inertes antes de utilizarse de esa forma.

El aprovechamiento energético de los plásticos tiene grandes perspectivas futuras debido a lo alto valores de energía que se pueden alcanzar, empero, es necesario tener en cuenta que, como producto de la combustión y degradación de los materiales plásticos, podrían emitirse a la atmósfera sustancias nocivas o contaminantes.

## 6. CONCLUSIONES

- Se espera reciclar el 35% de los volúmenes de desperdicios plásticos que la ciudad de Guayaquil produce (178.07 Ton).
- La inversión que se requiere para implementar el proyecto es \$687.788.
- El período de recuperación de la inversión es de 7 años.
- El incremento de productos plásticos en la ciudad de Guayaquil hacen que el proyecto pueda crecer a futuro a una tasa del 14.84%.
- El proyecto presenta un TIR del 26% con un VAN de \$270.149,54, lo que implica que el proyecto es rentable.

## **7. RECOMENDACIONES**

- El Municipio debería de implementar políticas de reciclaje para la ciudadanía tal como lo hace la ciudad de Loja.
  
- Las Instituciones privadas y educativas deberían de implementar campañas de reciclado entre sus miembros.

# ANEXOS

## Análisis de Sensibilidad

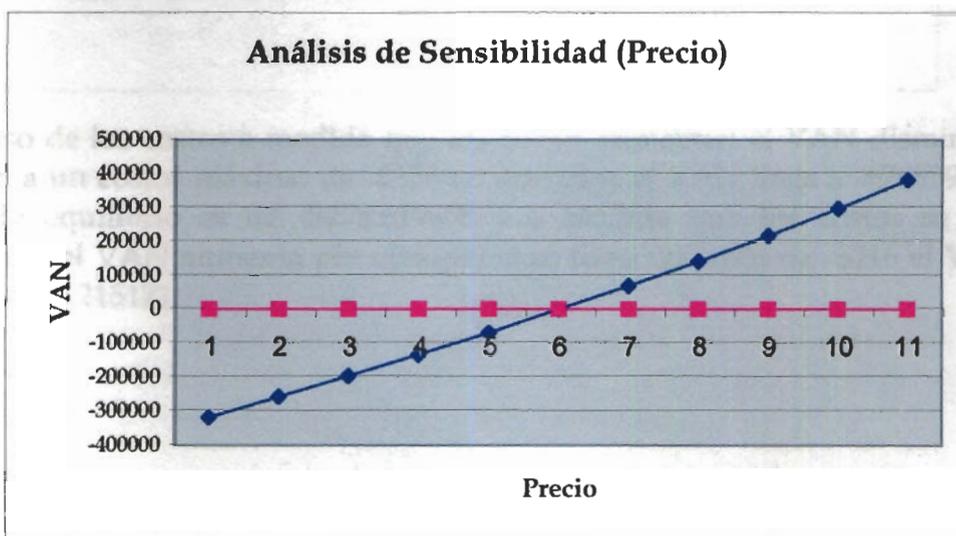
En el siguiente análisis se presenta la tendencia del valor actual nato (VAN) con respecto a 3 variables:

1. Precio
2. Costos
3. Total de Ton. de PET recolectadas

Este análisis considera una variación del + y - 5% entre cada uno de los puntos de las variables que se considera y tomando como referencia el Flujo de Caja y los respectivos Puntos de Equilibrio.

### Precio

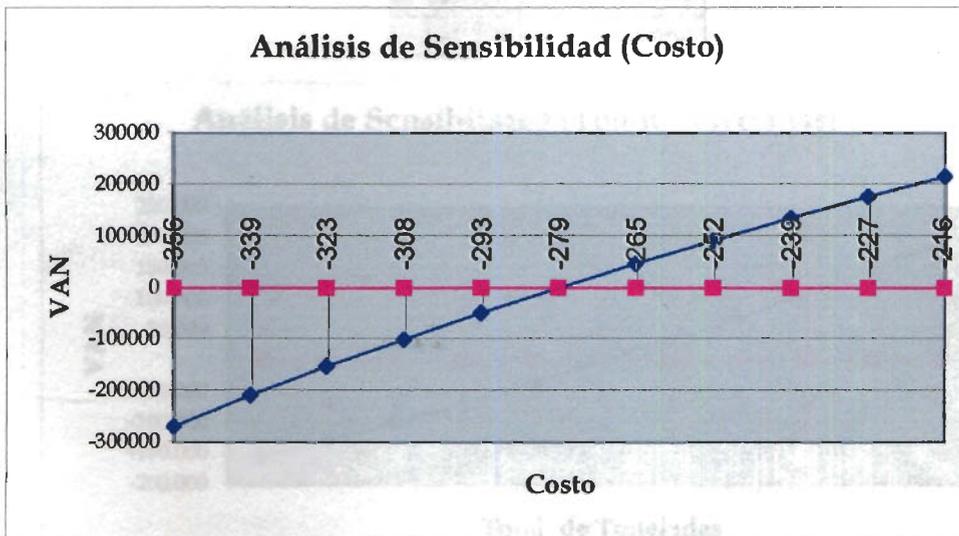
Y	X
VAN	PRECIO
-317992	311
-257978	327
-196729	344
-134472	362
-68960	381
0	401
68960	421
141368	443
217397	465
297227	488
381048	512



En el gráfico se aprecia que el precio puede variar y a medida que aumentan los precios el VAN se hace cada vez más mayor, por ejemplo si se tiene un precio máximo de \$512 por tonelada el VAN es equivalente a \$381048, no así si el precio se reduce por ejemplo si se tiene un precio de \$311 por tonelada el VAN llega a -\$377992.

# Costo

Y	X
VAN	Costo
-268596	-356
-207882	-339
-152497	-323
-100955	-308
-49413	-293
0	-279
46800	-265
91470	-252
136140	-239
177373	-227
215171	-216

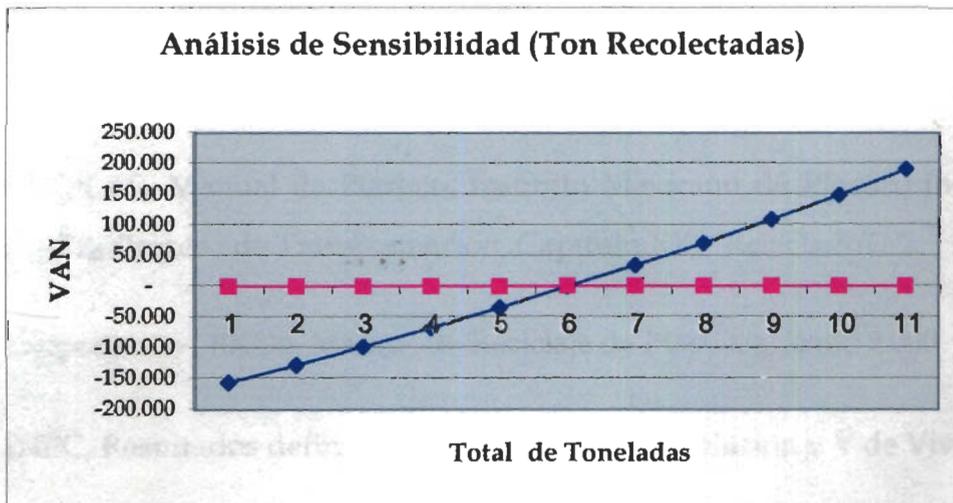


En el caso de los costos a medida que los costos aumentan el VAN disminuye llegando a un costos máximo de  $-\$356$  en este caso el VAN llega a  $-\$268596$ , el punto de equilibrio es de  $-\$278.619808$  y a medida que los costos se van reduciendo el VAN aumenta por ejemplo si se tiene un costo de  $-\$216$  el VAN puede ser de  $215171$ .

requiera un total de Ton. de 10... VAN llega a 51912  
disminuye el total de Ton. el VAN es:  
Ton. requeridas es de 640 Ton. el VAN

## Total de Ton. recolectadas

Y	X
VAN	Total de Ton PET Recolectadas
-155.685	640
-127.194	674
-97.866	709
-66.862	746
-34.185	785
-	826
34.530	867
70.562	910
109.107	956
149.329	1.004
191.227	1.054



En el Análisis de Sensibilidad considerando la variable del Total de Ton. recolectadas a mayor cantidad de Ton. el VAN aumenta, tomando en cuenta un punto de equilibrio de 825.7924 Ton.

Si se considera un total de Ton. de 1054 el VAN llega a \$191227 y a medida que disminuye el total de Ton. el VAN también se reduce por ejemplo si el total de Ton. recolectadas es de 640 Ton. el VAN llega a -155685.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASEPLAS, Manual de Plástico, Instituto Mexicano de Plástico Industrial (IMPI), Proceso de Transformación, Capítulo XX, “Reciclado”.
- Corporación OIKOS, Manual de Reciclaje de Plásticos, Junio 2.000
- INEC, Resultados definitivos del VI Censo de Población y V de Vivienda.
- Jorge Toro, “Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado”, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2.004.
- Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, Proyecto de Relleno Sanitario las Iguanas, “Manual de Operación y Mantenimiento”
- Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, Dirección de Ambiente, Estudio de un Programa de Reciclaje en la Fuente y en el Sitio de Disposición Final de los Desechos Sólidos realizado por el Consorcio ISTA - CPR.

- Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, Ordenanzas Sustitutiva de Edificaciones y Construcciones del Cantón Guayaquil, Anexo 5.
- ASEPLAS, <http://www.aseplas.com>
- APME, <http://www.apme.org>
- ABIPET, <http://www.abipet.org>
- ECOMÁQUINAS, <http://www.ecomaquinas.com>
- PETCORE, <http://www.petcore.org>
- YAHOO FINANCE, <http://www.finance.yahoo.com>