

25
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"PROGRAMA DE RECOLECCION Y
RECICLADO DE PLASTICO"

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N :

HUMBERTO GABRIEL CORTES GUTIERREZ
GABRIELA RODRIGUEZ CABRERA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.



1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pag.	
CAPITULO 1	Introducción	1
1.1	Origen de la Tesis	1
1.2	Problemática de los desperdicios sólidos	1
1.3	Objetivo	8
1.4	Ciclo diario de la basura	8
CAPITULO 2	Plásticos Reciclables	16
2.1	Definiciones	17
2.2	Clasificación general de los plásticos	19
2.3	Clasificación de los plásticos susceptibles de reciclado	26
2.4	Producción de plásticos en México y en el Mundo	32
CAPITULO 3	Características químicas	36
3.1	Polietilentereftalato (PET)	37
3.2	Polietileno	39
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	39
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	42
3.3	Polipropileno (PP)	44
3.4	Cloruro de polivinilo (PVC)	49
3.5	Poliestireno (PS)	52

CAPITULO 4	Programa de recolección y reciclado	54
4.1	Reconocimiento de los posibles mercados para plásticos	55
4.2	Estimación de la cantidad de plástico susceptible a reciclar a partir de la recolección	60
4.3	Selección del mercado y negociación de un contrato	65
4.4	Diseño del programa de recolección	68
4.5	Implementación de una campaña de educación a la comunidad	80
4.6		82
4.7	Procesos disponibles de reciclado de plásticos	91
4.8	Métodos para el reciclado de plástico	102
	Utilización de los plásticos a partir de la basura municipal	
4.9	Características de degradación en el reciclado	113
4.10	Aplicación de los plásticos reciclados	117
CAPITULO 5	Modelo Económico	123
5.1	Sistema de cálculo de costos	125
5.2	Sistema de costos anual para el reciclado	125
5.3	Costos derivados de los materiales reciclables	129
APENDICE A	Producción de plástico y su aprovechamiento en México (1991)	133
CAPITULO 6	Conclusiones y recomendaciones	136
CAPITULO 7	Bibliografía	137

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 Origen de la tesis.

En la actualidad uno de los problemas más graves que afectan a la humanidad es el gran incremento en el consumo de las materias primas, especialmente las materias primas plásticas, sin considerar que estas no son renovables.

La industrialización, producción y consumo de toda clase de productos ha traído como consecuencia, el incremento de la basura, contaminación y degradación del ambiente.

En los últimos años la contaminación en el Valle de México se ha tornado en una situación intolerable, esto se hace patente en la atmósfera, suelo y agua. El gobierno capitalino ha emprendido diversas campañas y tomado medidas para combatir la contaminación, enfocándose principalmente en mejorar la calidad del aire, olvidando la contaminación existente por la generación de los desperdicios sólidos.

Por lo anterior y por la preocupación de mejorar el ambiente en donde vivimos se originó la idea de diseñar un programa comunitario destinado al aprovechamiento y control de los desperdicios plásticos, el cual comprende desde su recolección hasta su procesamiento y aplicaciones.

Actualmente no existe algún tipo de programa similar en el país, sin embargo, en algunas comunidades se están realizando esfuerzos significativos para el control y aprovechamiento de la basura municipal.

1.2 Problemática de los desperdicios sólidos.

La problemática de los desechos sólidos se ha convertido en un tema de tipo económico y social muy delicado, siendo que el gran volumen de desechos sólidos lo constituyen los plásticos.

Desde el punto de vista de control, podríamos clasificar la basura en dos grandes grupos:

- La controlada: es aquella que tiene algún tipo de depósito específico siendo recolectada de alguna forma, y teniendo un fin determinado por el mismo hombre.
- La no controlada: es aquella sobre la cual el ser humano perdió su control y sus efectos nocivos están determinados por el azar.

Hasta un tiempo reciente, la basura controlada constituía una situación manejable, pero en los últimos años se han presentado una serie de problemas asociados que llevan al hombre a proponer soluciones como las que hoy se están llevando a cabo. Algunas de estas son:

1.- Reducción de las fuentes de basura: se enfoca directamente al rediseño de diversos productos para que se reduzcan los materiales que los constituyen o eliminar los dobles empaques al momento de la venta.

2.- Biodegradación: Se tienen cuenta con algunos adelantos tecnológicos, sin embargo hay evidencia de que aún los desechos orgánicos no se degradan completamente si las condiciones de humedad y disponibilidad de aire no son las adecuadas. Además, existen algunos materiales que no pueden degradarse fácilmente.

3.- Incineración con recuperación de energía: la incineración siempre preocupará por las emisiones dañinas y las cenizas tóxicas. Ya que se cuenta con la tecnología moderna para controlar dichas emisiones y eliminar los contaminantes del aire, la energía desprendida se utiliza para la generación de vapor y electricidad.

4.- Reciclado: es un método altamente deseable para el manejo de los desechos. Los problemas asociados con este método incluyen la necesidad de recolectar y separar los diferentes componentes. La mayoría de los plásticos pueden ser reformados en una operación de reciclado.¹

¹ Ing. Marco Antonio Espejel. "Plásticos Fotodegradables". Panorama Plástico. Vol. 7, Febrero 1990.

A pesar de los métodos mencionados, es evidente que el manejar estos desechos es un problema complejo que requiere de muchas soluciones y todas ellas acordadas entre sí.

La basura no controlada, por un lado, es un problema social. Deforma el aspecto de los parques, playas y calles, además de ser un problema potencial de salud, es un peligro para la vida humana y animal.

Las fuentes significativas de este tipo de basura son:

- Descuido e irreflexión de la gente cuando arroja la basura.
- Control inadecuado al recolectar la basura y los desechos sólidos.
- Canalización ilegal del desecho sólido (confinación de ríos, lagos y mares).

Dicho problema es producto en gran medida de la actividad humana, anteriormente en la historia de la humanidad nunca había surgido una escasez absoluta de espacios para desperdicios. Sin embargo, los montones de desperdicios crecen a la vez que los lugares para acumularlos disminuyen.

Desde el punto de vista económico este problema afecta tanto a las personas, comunidades, regiones y países, incluso a las empresas de la siguiente forma:

- Los costos para eliminar los desechos cada día se elevan más, esto se debe en parte a que los costos de los tiraderos y transporte se han disparado.
- La dificultad de desembarazarse de la basura casera común ha obligado a muchos gobiernos a imponer nuevas obligaciones a las empresas, forzándolas a recibir la devolución de sus productos cuando los clientes requieran deshacerse de los mismos, esto, a su vez, ha efectuado un cambio en la forma de diseñar productos.

Los gobernantes se encuentran atrapados entre los votantes, que no quieren más basureros e incineradores, y los consumidores quienes desean seguir adquiriendo cosas que posteriormente se convertirán en desechos.

Se piensa que el reciclado es la mejor manera de reducir las montañas de basura municipal. Este concepto parte de una verdad innegable, si las botellas y recipientes metálicos pueden tener un empleo posterior, habrá menos desperdicios. Este argu-

mento ha llegado a extremos irracionales, cuando los gobiernos establecen cantidades fijas de los productos de una industria que deben de ser recolectados y procesados. En varias partes de los E.U., los gobiernos estatales amenazan con prohibir la fabricación de productos como pañales y botellas desechables, a menos que las compañías cubran los costos de reciclado. En Alemania fué aprobada una nueva ley que obliga a los fabricantes a ser responsables de sus empaques.²

En la mayor parte del mundo el costo de la recolección es asumido por los impuestos de la ciudad y por una tarifa establecida por este servicio. El primer objetivo para una política de cambio sería obligar a los contaminadores a correr con los costos financieros y ambientales reales de la eliminación de los desperdicios, y luego dejar que decidan cuál es la solución más conveniente. Si los gobiernos desean desalentar la generación de desperdicios y, de hecho, fomentar el reciclado, es necesario que se aseguren de no dar subsidios para utilizar materias primas vírgenes.

Muchos países tratan de convencer al público que devuelvan sus botellas de plástico al insistir en un depósito reembolsable, estas estrategias han tenido una buena acogida en la población, pues sólo cobran el impuesto a los que desechan el recipiente. Sin embargo, la cantidad de depósito y los gastos de administración del programa son, en general, muy superiores al daño ambiental ocasionado por las botellas eliminadas. Es mejor reservar estas tácticas para desperdicios verdaderamente peligrosos que suelen aparecer en terrenos baldíos y tiraderos clandestinos.

En la mayor parte del mundo la generación de desperdicios se encuentra en pleno crecimiento, pero la disponibilidad de tiraderos se reduce, así que no basta con reducir la generación de los desechos, sino procesar la basura que existe actualmente y la que sin poder evitarlo se generará en el futuro. Siempre que existan rígidas reglas de seguridad para el cumplimiento obligatorio de los ciudadanos podrán contar con un mejor nivel de vida.

En lo que se refiere al problema de la basura en México, específicamente en la Zona Metropolitana, llega a niveles casi intolerables, convirtiéndose en un grave problema social, político y económico. Esto se debe en gran medida al nivel educacional de la

² José Ignacio Rodríguez y Martínez. "Tirando la basura fuera de su lugar". El Eco-nomista. 20 de Febrero de 1992 pag. 18-19.

población, ya que cerca del 80% de los desechos queda sin utilización contaminando el ambiente, y permitiendo el desarrollo y arraigo de miles de personas que viven de lo que se encuentra en la basura a la par del establecimiento de un caciquismo urbano desmedido y voraz.³

La producción de desperdicios plásticos varía de acuerdo al tipo de material y sus diversas áreas de aplicación. Para poder entender claramente este tipo de conceptos, se muestra a continuación una serie de diagramas estadísticos de los seis plásticos más importantes a nivel de consumo en México, y la ruta que estos siguen a través del tiempo de vida útil que los mismos presentan.

Los principales rubros causantes de esta problemática son: el obsoleto centralismo de la administración pública, la desmedida expansión del D.F. hacia sus zonas aledañas lo cual promueve una generación desigual en las diferentes Delegaciones, el crecimiento continuo de la población, la falta de planeación de los servicios públicos y la inexistencia de una conciencia ciudadana de los habitantes de la capital, han ocasionado y fomentado una anarquía absoluta en la mayor parte de los servicios que son indispensables para la comunidad.

El actual sistema de recolección, barrido, disposición final y reutilización de la basura es ineficiente según jefes de limpia de diferentes delegaciones. La basura representa a su vez, fuertes erogaciones por parte del gobierno del D.F., en lo que se refiere a salarios, mantenimiento de camiones y equipo en general, y construcción de centros de recolección, los cuales deberían de agilizar el traslado de la basura a los tiraderos oficiales.

Al tratar de obtener información actualizada y confiable sobre la composición de la basura generada en la Ciudad de México, se presentó un gran hermetismo por parte de las autoridades responsables (Departamento del Distrito Federal y la Secretaría de Desarrollo Humano y Ecología), como consecuencia de intereses creados por diversas personas y grupos que explotan todo tipo de material desechado a su propio beneficio.

³ Castillo Berthier H. 1983 "La sociedad de la basura: caciquismo en la Ciudad de México". Instituto de Investigaciones Sociales. U.N.A.M. pag. 30.

TABLA 1

**TIPO DE MATERIALES ARROJADOS
A LA BASURA EN U.S.A**

MATERIAL	MILLONES DE TONELADAS		PORCENTAJE	
	1970	1986	1970	1986
PAPEL	36.5	50.1	32.4	35.6
VIDRIO	12.5	11.8	11.1	8.4
METALES	13.5	12.6	12.0	8.9
PLASTICOS	3.0	10.3	2.7	7.3
CAUCHO Y CUERO	3.0	3.9	2.7	2.8
TEXTILES	2.0	2.8	1.8	2.0
MADERA	4.0	5.8	3.6	4.1
OTROS	0.1	0.1	--	--
BASURA ORGANICA	12.8	12.5	11.4	8.9
PASTO Y PLANTAS	23.2	28.3	120.6	20.1
VARIOS INORGANICOS	1.9	2.6	1.7	1.8
TOTAL	112.5	140.8	100.0	100.0

* FUENTE: FRANKLIN ASSOCIATES Ltd. "Characterisation of Municipal Waste in the U.S.A 1960 to 2000".

1.3 Objetivo de la tesis.

El propósito de la tesis es el diseño e implementación de un programa de reciclado de desechos plásticos más comunes en el mercado, el cual comprende desde la recolección de los desechos hasta su procesamiento incluyendo la descripción de una campaña de educación comunitaria.

Otro punto a tratar es la identificación de los diferentes mercados en donde se pueden emplear los diferentes tipos de productos fabricados a través de la manufactura del reciclado de los plásticos.

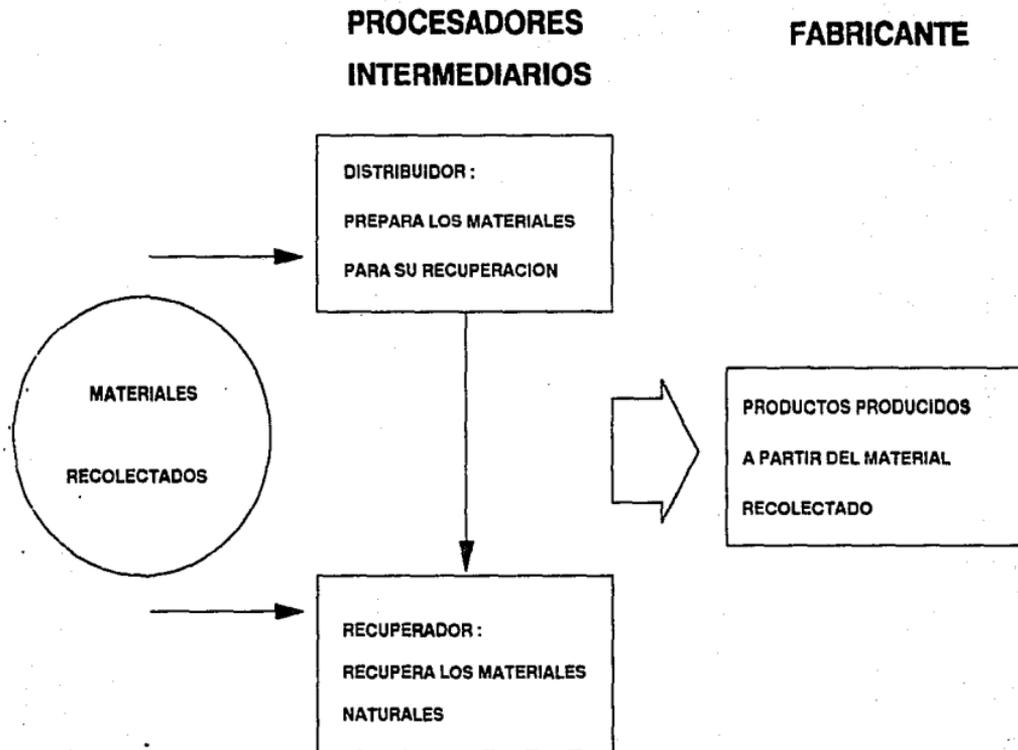
Identificación de las fuentes de trabajo en el reciclado de plásticos como son:

- El Recolector: es una compañía o personas que transporta los productos de su origen al distribuidor.
- El Distribuidor: es un intermediario que identifica y hace una preclasificación de los desechos recolectados, una vez realizado lo anterior el material puede compactarse o triturarse para su transportación al recuperador.
- El Recuperador: compañía que convierte las resinas de las botellas, recipientes y otros, en hojuelas o trozos ("pellets") listos para su reuso en un nuevo producto. La mayoría de las veces el mismo recuperador realiza la manufactura de los nuevos productos.

1.4 Ciclo diario de la basura.

Se considera que la basura se mueve dentro de un sistema cerrado llamado medio ambiente y es dentro de este sistema que se presenta un ciclo de desecho y reaprovechamiento de la misma, ya que, luego de salir los desechos de las manos de los consumidores siguen una serie de pasos que van dándoles un valor determinado, esto es, la basura va adquiriendo valor de acuerdo a la fuerza de trabajo invertida en ella, quizá no siempre comparable con el valor de otros productos pero

DIAGRAMA 2



si adquiere un cierto valor, mismo que a lo largo de todo el ciclo va aumentando y llega en el final hasta el punto de partida donde el consumidor adquiere nuevamente bienes que le son necesarios y que muchas veces tienen su origen o parte de él en la misma basura que tiró durante la primera parte de este ciclo.⁴

Este valor va ligado también a diversas formas de distribución de las percepciones económicas de todos los trabajadores que participan en el proceso de recolección, separación y venta de la basura.⁵

Aunque son muchos los materiales de desperdicio que podrían llegar a constituir un problema, como metales, el papel, la madera y los plásticos, estos últimos son especiales debido a su durabilidad y bajo peso. Algunas soluciones para la reducción de la basura pueden ser las siguientes:

- Educación al público
- Refuerzo a leyes severas en contra del desecho de basura al ambiente.
- Refuerzo a las formas apropiadas para el desecho de sólidos y mejoramiento de los sistemas de recolección.
- Manufactura de productos que se degraden en subunidades que sean menos dañinos al contacto de los elementos.

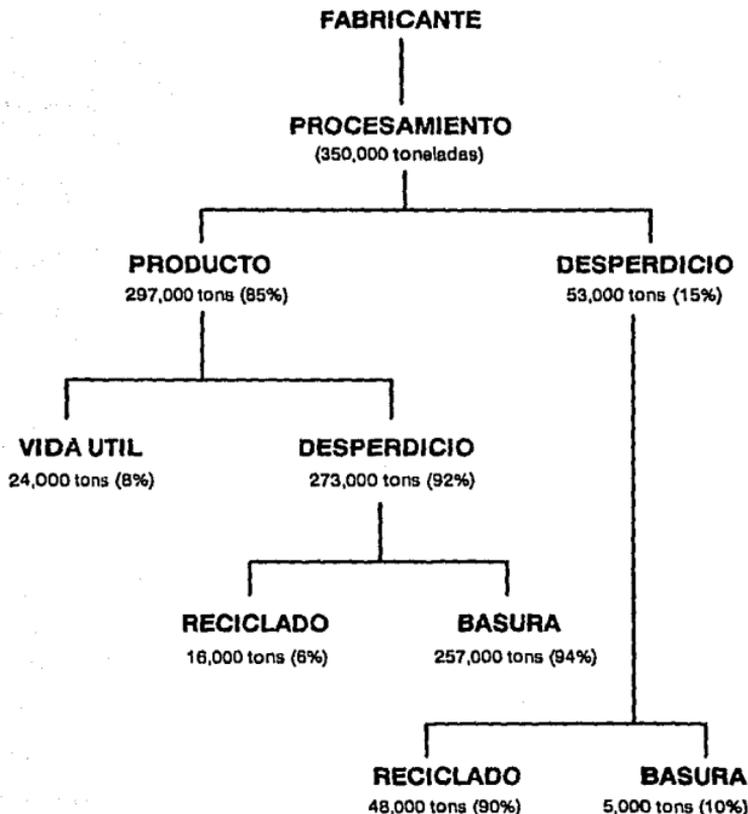
⁴ Castillo, op. cit. 35

⁵ Ibidem.

TABLA 3

POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE)

Recuperación en México, 1990

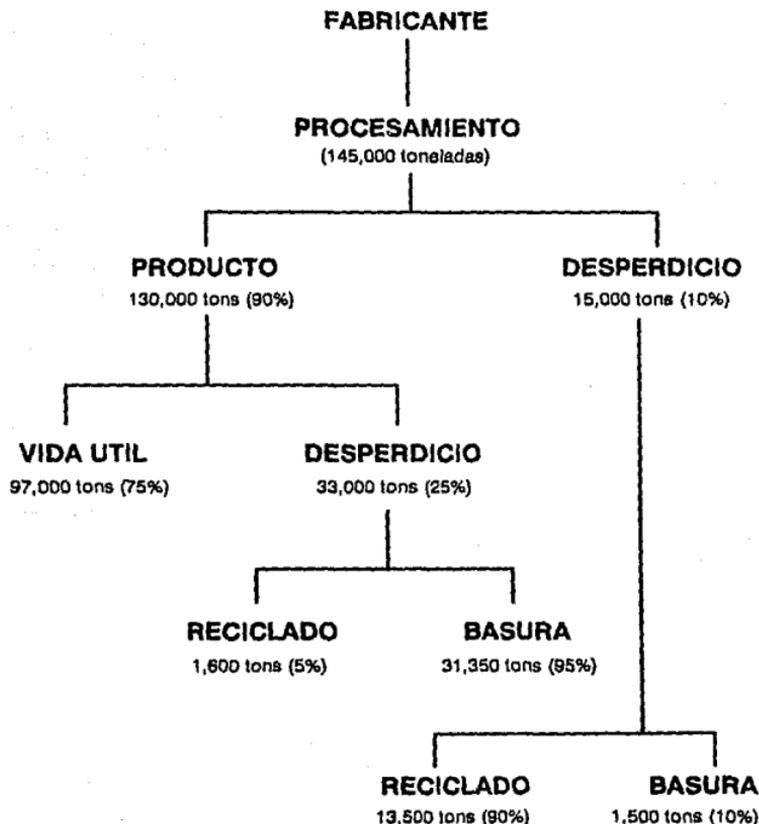


* Datos obtenidos de un Estudio Mercadotécnico realizado por ULTRAPLAST, 1991

TABLA 4

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)

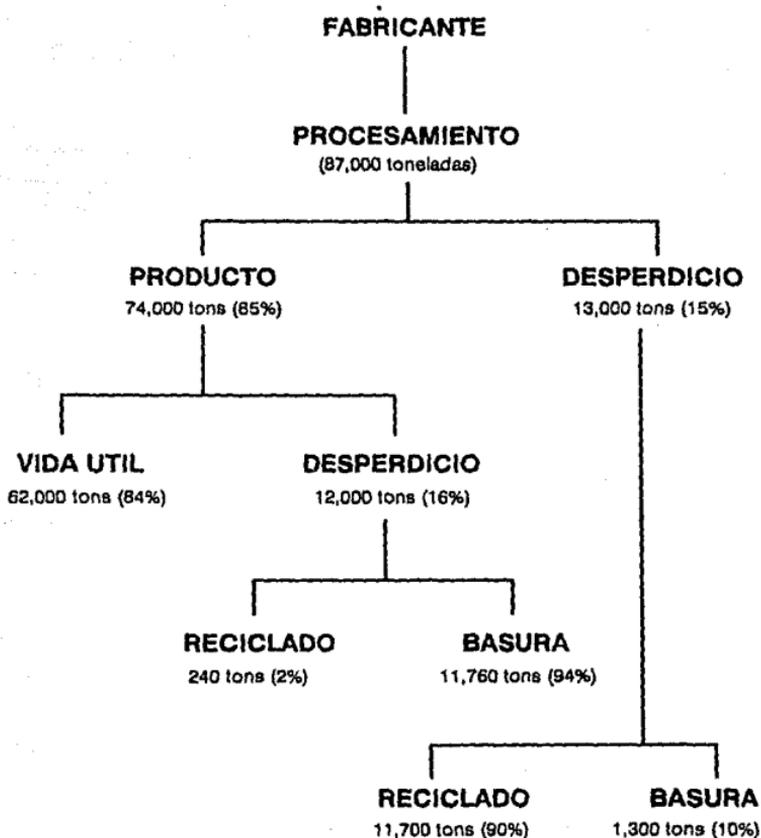
Recuperación en México, 1990



* Datos obtenidos de un Estudio Mercadotécnico realizado por ULTRAPLAST, 1991

TABLA 5

POLIESTIRENO (PS)
Recuperación en México, 1990

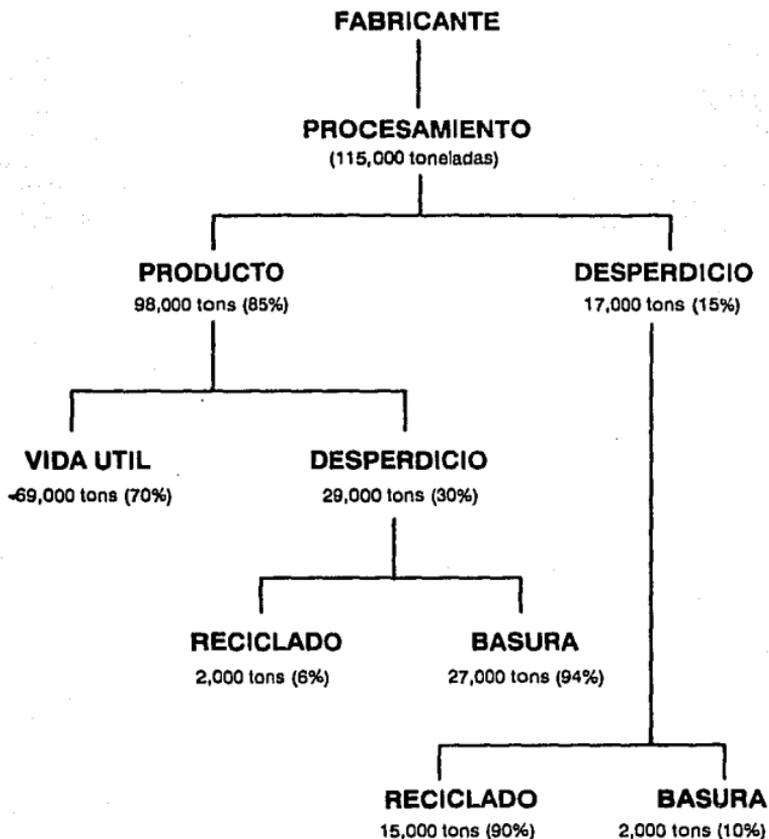


* Datos obtenidos de un Estudio Mercadotécnico realizado por ULTRAPLAST, 1991

TABLA 6

CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

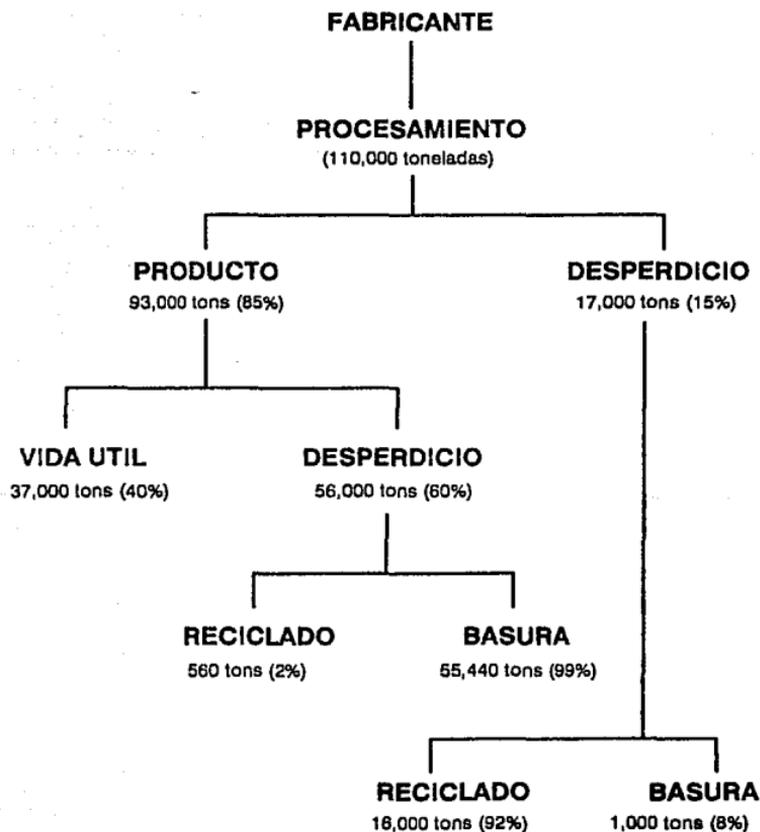
Recuperación en México, 1990



* Datos obtenidos de un Estudio Mercadotécnico realizado por ULTRAPLAST, 1991

TABLA 7

POLIPROPILENO (PP)
Recuperación en México, 1990



* Datos obtenidos de un Estudio Mercadotécnico realizado por ULTRAPLAST, 1991

CAPITULO 2

PLASTICOS RECICLABLES

2.1 Definiciones

Plástico.

Son materiales artificiales formados por macromoléculas de compuestos orgánicos obtenidos sintéticamente o bien por transformación de productos naturales. Poseen gran resistencia al ataque de los ácidos, bases, agentes atmosféricos, buenas propiedades mecánicas así como resistencia a la rotura y desgaste.¹

Resina.

Una resina es generalmente definida como una sustancia amorfa o una mezcla de moléculas de medio o alto peso molecular que son insolubles en agua pero solubles en algunos compuestos orgánicos, mientras que a temperaturas ordinarias es un líquido muy viscoso o también se puede presentar como un sólido que gradualmente se va suavizando con el incremento de la temperatura.²

Monómero.

Es un compuesto químico no saturado, cuyas moléculas contienen carbono y donde los átomos de carbono se encuentran unidos mediante un doble enlace. Esta molécula es de estructura sencilla y de bajo peso molecular además de no estar mezclada con ningún otro componente.³

1 Stevens M. 1990 "Polymer Chemistry". Oxford University Press. N.Y. Oxford (1990).

2 Stevens, loc cit.

3 Bikales, Overberger, et al.- 1985 "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering".- Sección de Reciclado. Wiley-Interscience Publication, Canada. Tomos II, V y XIV.

Polímero.

Es un producto orgánico natural, artificial o sintético, de elevado peso molecular, formado por unión, mediante enlaces químicos, de una o varias unidades moleculares elementales, llamadas monómeros, que en elevado número y determinado orden se repiten en agrupación molecular.

Las propiedades de dichos productos se encuentran determinadas por el tamaño de la cadena, además de que el número de monómeros contenidos dentro del polímero recibe el nombre de grado de polimerización.⁴

Polimerización.

Es el proceso por el cual los polímeros sintéticos se forman a partir de la unión de monómeros, se unen entre sí formando una cadena muy grande sin que se presente la formación de productos secundarios.⁵

Homopolímero.

Es un polímero obtenido de un monómero único con la ayuda de agentes iniciadores conocidos comúnmente como catalizadores, que generalmente son peróxidos orgánicos.⁶

Copolímero.

Se presenta cuando aparece una polimerización entre dos o más monómeros de diferente tipo, mejorando así las propiedades del producto polimerizado puro.⁷

⁴ Bikales, loc cit.

⁵ Ibidem.

⁶ Stevens M. 1990 "Polymer Chemistry". Oxford University Press. N.Y. Oxford (1990).

⁷ Stevens, loc cit.

2.2 Clasificación General de los Plásticos

En la actualidad existe una gran cantidad de tipos diferentes de plásticos, es por ello que el comportamiento y las características finales de los mismos constituyen un factor importante para determinar su uso.

Se ha realizado diversos intentos por clasificar a los plásticos, pero básicamente se puede mencionar que existen dos diferentes clasificaciones:

Por su Estructura Química y por su Consumo.

Por su Estructura Química:

Las propiedades de los plásticos se encuentran determinadas por la naturaleza física o química de los polímeros, por esa razón la estructura y los elementos que la constituyen influyen de manera distinta a las propiedades de los materiales dando como resultado una serie de productos diferentes y variados.

a) Comportamiento al calor.

Se encuentran agrupados en dos clases: Termoplásticos y Termofijos. En el primer caso ese término se aplica a todos aquellos materiales que se reblandecen y fluyen por la aplicación de calor y/o presión, con lo cual se pueden moldear constantemente, sin embargo, dependiendo del polímero manejado y de la degradación química, el número de ciclos de moldeo se limita. La ventaja de estos materiales consiste en su facilidad en la recuperación cuando las piezas son rechazadas o se rompen por su manejo, mediante un molido y recalentado del material. Estos materiales presentan dos tipos de estructuras que son: ramificada y no ramificada.

Debido a estas estructuras, los termoplásticos tienen uniones muy débiles y es por esto que cuando son sometidos al calor intenso su estructura se ablanda y puede fluir fácilmente.

Dentro de este grupo de plásticos podemos encontrar:

- Polietilenos
- Polipropilenos
- Vinílicos
- Acrílicos

Los Termofijos son materiales que no se reblandecen con la aplicación de calor una vez que han sido transformados. Muchas de las resinas que se usan actualmente curan por la acción de catalizadores que no requieren aplicación de calor, y todos ellos presentan una estructura química de cadenas entrecruzadas, lo que limita el movimiento de sus moléculas, proporcionándoles dureza a este tipo de materiales. A diferencia de los termoplásticos, las uniones entre molécula y molécula son muy fuertes y por esa razón no fluyen con la aplicación de calor, sino por el contrario, se presenta una degradación que puede llegar a la destrucción del material.

Dentro de este grupo encontramos:

- Resinas fenólicas
- Poliésteres
- Epóxicas
- Ureicas
- Poliuretanos
- Silicones

b) Cristalinidad.

Una de las Características importantes dentro de los plásticos se encuentra determinada por la distribución de sus moléculas en las cadenas del polímero, lo cual causa una ramificación en la clasificación de los plásticos por su cristalinidad, los cuales son:

- Amorfos
- Cristalinos

Dentro de los polímeros amorfos las moléculas se encuentran en completo desorden, por lo que dejan pasar la luz entre los huecos que se forman. Este desorden dentro de las moléculas del material provoca la transparencia de los mismos.

Los materiales que presentan dicha estructura amorfa son:

- Policarbonatos
- Poliestirenos
- Acrílicos
- PVC

Por otro lado los polímeros cristalinos poseen cadenas moleculares parcialmente ordenadas por lo que el paso de la luz se dificulta. La cristalinidad en este tipo de plásticos consiste en cientos de pequeñas islas de regiones acomodadas que juntas forman un bloque al paso de la luz, dando como resultado materiales opacos.

El porcentaje de cristalinidad puede ser bajo (como el poliestireno), moderado (como el polietileno de baja densidad) y alto (como el teflón y muchos tipos de poliamidas).

c) Presencia de Monómeros.

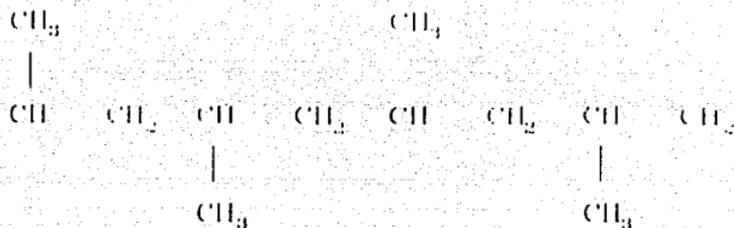
Cuando se introdujeron los polímeros sintéticos dentro de la industria del plástico, todos aquellos se producían mediante la polimerización eran de un solo tipo de monómero, pero conforme la tecnología y las necesidades fueron avanzando se descubrió que la mezcla de dos o más monómeros diferentes modificaban las características de estos, dotando a los mismos de propiedades distintas o superiores a las que se ofrecían con los polímeros puros.

Actualmente los plásticos se polimerizan con monómeros de la misma especie o de tipos diferentes.

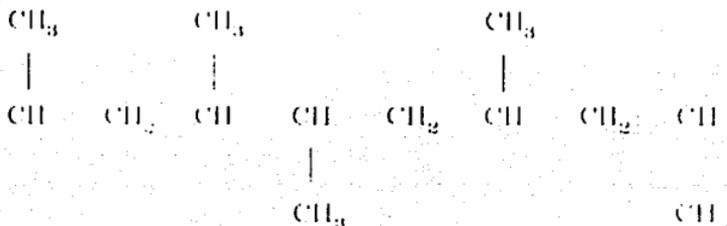
Cuando hablamos de un copolímero en bloque, las moléculas dentro de la cadena toman lugar por grupos definidos.

En los copolímeros alternados las moléculas se unen alternando un monómero con otro.

Cuando se presentan injertos en los copolímeros, se tiene una cadena principal con monómeros del mismo tipo donde se injertan pequeñas cadenas de otro tipo de monómero.



En la configuración final, atáctica, los grupos ramificados se disponen al azar a lo largo de toda la cadena polimérica.



Cabe mencionar que existe una serie de materiales llamados elastómeros, que aunque son materiales plásticos, estos se encuentran aislados debido a que su mercado se encuentra canalizado a sustituciones de hule natural. Este tipo de materiales presentan la característica de modificar su forma cuando se someten a esfuerzos grandes y recuperar la misma cuando dicho esfuerzo es retirado. Estos poseen un menor grado de entrecruzamiento que el caso de los termofijos, por lo cual se pueden reblandecer mediante la acción del calor sin llegar a que se fundan. Los productos finales se encuentran aplicados a aquellas necesidades de gran resistencia química y alta resistencia a la abrasión.

Por su Consumo.

Una clasificación completa de los plásticos según su aplicación y los niveles de consumo no es fácil, dadas las innumerables posibilidades que presentan en este aspecto. Sin embargo, se ha logrado determinar tres grandes grupos de clasificación.⁸

a) "Comodities".

Es el grupo de polímeros que presentan un alto índice de consumo, quedando dentro del mismo todos aquellos que tienen características en común. Estas propiedades se pueden sintetizar en la lista que se presenta:

- * Facilidad de integración.
- * Amplio rango de uso, se puede usar el producto de diversos proveedores.
- * Mínimos requerimientos de asistencia técnica.
- * Procesamiento y equipo relativamente simple.
- * Mercados dispersos y clientela disgregada en un rango grande de comercialización.
- * Altos volúmenes de producción y ventas.
- * Bajos precios y márgenes de utilidad.
- * Precio de acuerdo al costo.
- * Competencia del producto transformado por precio.

Los materiales que se encuentran incluidos dentro de este grupo son:

- Polietileno
- PVC
- Poliestireno
- Polipropileno

b) Versátiles.

Grupo de polímeros representado por un consumo medio, en donde las características varían esencialmente por el mercado de aplicación, en donde se encuentra:

- * Competencia en base a la facilidad de procesamiento.
- * Poca tecnología en producción y transformación.

⁸ Stevens, loc. cit. pag 128.

- * La clave de su desarrollo se basa en su diseño y creatividad.
- * Se acude a mercados bien definidos.
- * Su desarrollo técnico se muestra estancado.

Los materiales que se encuentran incluidos dentro de este grupo son:

- Poliuretanos
- Melamina
- Resinas poliéster
- Acrílicos
- Resina fenólica
- Resina epoxicas
- Silicones

c) Especialidades.

A este grupo de polímeros se les ha llamado de especialidades precisamente por su campo de aplicación y consumo, ya que sólo son usados en casos específicos llegando a grados extremadamente especializados. Todos ellos tienen en común lo siguiente:

- * Precios y márgenes de utilidad altos.
- * Procesamiento y equipo especializado.
- * Venta en base a las propiedades de la resina
- * Bajos volúmenes de producción y venta.
- * Gran diversidad de formulaciones y grados.
- * Presentan gran futuro en el mercado.
- * Su venta se encuentra acompañada de servicio técnico.

Entre el grupo de las especialidades aparecen los siguientes polímeros:

- Poliamidas
- Acetales
- ABS
- Policarbonatos
- PET
- PST
- Polióxido de fenileno
- Politetra-fluoro-etileno

Cabe mencionar que todos los materiales también se pueden agrupar de acuerdo a la familia que pertenecen, la cual se encuentra caracterizada por poseer un grupo funcional específico en su estructura. Dicho grupo funcional pertenece a la unidad que se repetirá en forma consecutiva a lo largo de la cadena del polímero, y es la que dará las propiedades clave del material.⁹

2.3 Clasificación de los Plásticos susceptibles a procesos de reciclado.

Este apartado ayudará a comprender porque **sólo algunos productos plásticos pueden ser aceptables para el mercado y porque otros no lo son.** Existen cinco grandes tipos de plásticos comúnmente encontrados en recipientes de uso doméstico.

a) Polietilentereftalato (PET)

El PET es el material plástico que más se recicla, representa aproximadamente el 25% del mercado de las botellas de plástico. Su principal uso es para las botellas de refresco. También es usado comúnmente para otras aplicaciones de empaque para licores, aceites ligeros y otros.

En 1989, aproximadamente 690 millones de libras de PET fueron convertidas en botellas de refresco en E.U., el 28% fué reciclada y 190 millones de libras a partir de recipientes de plástico también fueron recicladas, esto representa un 9% de incremento con el año anterior, de acuerdo con los datos de "The National Association for Plastic Container Recovery (NAPCOR)".

b) Polietileno (PE)

⁹ Bikales, loc. cit. pag 81.

Es ampliamente utilizado como plástico en artículos para el hogar, es una familia que incluye a plásticos específicos como son:

+ Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Se caracteriza por su bajo costo, facilidad de formación, rigidez y su resistencia a la fractura. El HDPE posee una variedad de usos tales como botellas de leche, agua y jugo; botellas de blanqueadores y detergentes; botellas de aceite para coche; bolsas de supermercado. Este plástico representa el 50% del mercado de las botellas de plástico. En 1987 2.2 billones de libras de botellas de uso doméstico hechas a partir de HDPE fueron vendidas en E.U..

Aproximadamente 800 millones de libras de botellas de jugo y de leche son desechadas en E.U., las cuales representan una cantidad importante para las compañías recicladoras.

Los recipientes son separados en incoloros o coloridos. Los primeros están gobernados comúnmente por un alto precio, gracias a que pueden ser remanufacturados en una gran variedad de productos finales.

Los recipientes de color están empezando a reciclarse en productos como botellas para aceite de motor, tuberías de riego, tuberías para drenaje y cubetas.

+ Polietileno de Baja Densidad (LDPE).

Es comúnmente usado en aplicaciones que requieren claridad, neutralidad, fácil procesamiento e impermeabilidad. Este plástico normalmente es usado como bolsa del supermercado y de basura.

Algunas compañías de E.U. recuperan el LDPE a partir de la basura generada por tiendas, separando el papel corrugado para su venta, y reprocesando el plástico para usos agrícolas de bajo valor.

De cualquier forma la industria ha empezado a evaluar el reciclado de la basura de LDPE proveniente de los hogares. La primera impresión económica es desalentadora para una recuperación como una simple resina.

c) Cloruro de Polivinilo (PVC).

Gracias a su capacidad de combinación, el cloruro de polivinilo, es también llamado

PVC, y puede ser manufacturado desde productos de alta resistencia (tuberías) hasta empaques transparentes de comida, aún más, en botellas de aceite para la cocina, agua, químicos domésticos y artículos de belleza y salud.

Las botellas de PVC forman menos del 6% del total de las botellas de plástico que se encuentran comunmente en los hogares.

Según la NAPCOR cerca de 5 millones de libras de PVC fueron recolectadas para su reciclado en 1989. En ese mismo año la "Occidental Chemical Corporation" anunció un programa a nivel nacional para recuperar las botellas de PVC usadas. Las botellas compactadas son compradas en lotes de más de 5000 libras a precios similares de las botellas de PET. Un sistema de separación de PVC del PET y otras resinas han sido desarrolladas por "The National Recovery Technologies of Nashville, Tennessee" y del "Center for Plastics Recycling Research at Rutgers, The State University of New Jersey".

d) Polipropileno (PP).

Es resistente a las sustancias químicas y tiene bajo peso específico. Este plástico ha ganado una amplia aceptación en la aplicación de productos que van desde libras y películas hasta empaques de comida, recipientes de yoghurt y otros similares.

Para los últimos 30 años el polipropileno se ha usado como materia prima para baterías de automóviles, debido a que es un material ligero, durable y reciclable.

De acuerdo con Nimont E.U., Inc., 150 millones de libras de polipropileno son recicladas a partir de las baterías de los autos cada año en E.U., lo cual representa entre el 98 - 95% de las baterías sin vida útil. Cerca de 40% del propileno recuperado es utilizado en la generación de nuevas baterías y otras autopartes.

e) Poliestireno (PS).

El poliestireno es una resina versátil, con un rango de propiedades que incluyen: claridad, facilidad de manejo y un proceso de manufactura sencillo. Mientras que este plástico es usado en recipientes domésticos, recipientes de yoghurt, platos, tazas y vasos desechables.

Se ha observado recientemente un crecimiento en el reciclado de poliestireno, donde 20 millones de libras fueron recolectadas en 1989. Las principales fuentes de abasto de materiales de desecho proviene de hospitales y restaurantes de servicio rápido (por ejemplo McDonald's, Kentucky Fried Chicken y otros).

Existen otros tipos de plásticos, pero estos representan la gran mayoría que son utilizados para la fabricación de recipientes de uso doméstico. Cada familia de polímero tiene propiedades únicas que hacen que sean utilizados para algunas aplicaciones en particular.

Para que un plástico se pueda considerar susceptible al reciclado, la resina debe de cumplir con los siguientes requerimientos:

- 1) La fuente de abastecimiento debe contener la resina lo más pura posible. Los desechos industriales provenientes del moldeo, soplado o extrusión son fácilmente reciclables, ya que se encuentran ajenas a cualquier otro tipo de material. También los materiales de posconsumo provenientes de una sola resina, como es el caso del HDPE utilizado para las botellas de leche en E.U., el poliestireno usado en los empaques de algunos alimentos y el PVC.
- 2) En una mezcla de materiales, como es el caso de los desperdicios municipales, las resinas deben de ser fáciles de separar y clasificar.
- 3) Las resinas recicladas deben de ser altas en su valor comercial, como el lo son el PET y el HDPE.
- 4) Los plásticos reciclados deben tener aplicaciones y usos de calidad aceptables, generalmente no son recomendables para alimentos.

"The Society of Plastics Industries, Inc." (SPI), ha desarrollado un sistema para codificar los recipientes de plástico de uso común, con ello se busca la fácil identificación del tipo de material con que se fabricó el artículo, ayudando así a su clasificación de los

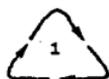
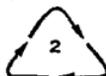
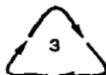
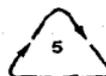
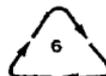
recipientes plásticos a partir de su resina de composición. Los códigos de la SPI son localizados en la base o cerca de ella en los recipientes. Dicho código se muestra en la **Tabla 8**.

El código usado por la industria recicladora de plástico cada número de código representa una familia de resinas que contiene muchos tipos de plástico con diferentes propiedades. Todos los productos que contengan el mismo código pueden no ser compatibles en el proceso usado en el reciclado.

Por ejemplo, las botellas moldeadas por soplado y por inyección tienen un mismo número de código. Pero durante el proceso de reciclado sólo se utilizan las moldeadas por soplado, la razón es la diferencia que hay entre los índices de flujo ("Melt Flow Indices", MFI).

Los índices del MFI están relacionados con la viscosidad del material a procesar. El HDPE moldeado por inyección contiene un alto MFI, mientras que el moldeado por soplado su MFI es bajo.

Antes de iniciar el proceso de reciclado se debe hacer un estudio para la localización de las posibles fuentes de abastecimiento y el tipo de materiales contenido, a partir de esto seleccionar el proceso adecuado según las características del material a procesar.¹⁰

TABLA 8 CODIGOS DE PLASTICOS RECICLABLES**POLIETILENTEREFTALATO****POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD****CLORURO DE POLIVINILO****POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD****POLIPROPILENO****POLIESTIRENO****OTROS PLASTICOS**

2.4 Producción de Plásticos en México y en el Mundo.

Tal parece que la industria de los materiales plásticos no puede tener una producción balanceada. Después de haber tenido dos años excelentes de producción en 1987 y 1988. Para 1989 el crecimiento en la producción junto con una insuficiente demanda llevaron a este sector a entrar en la parte baja de un ciclo, y los márgenes de utilidad cayeron hasta los niveles de 1986.

El periodo dramático de la liquidación de inventarios a principios de 1989, temporalmente sofocaron la demanda y pusieron los precios en una situación declinante. Los productores tuvieron que cambiar su estrategia para mejorar la demanda, y un nuevo punto de equilibrio se pudo alcanzar.

La industria puede estancarse por algunos años o tener una estabilidad relativa, durante la cual los márgenes reducidos limitarán las inversiones para nuevas capacidades. Pero la demanda de los polímeros continúa creciendo y eventualmente el mercado cambiará de rumbo. En un corto periodo es posible que los plásticos volverán a subir de precio y la historia se repetirá por sí misma una vez más.

La sobrecapacidad es el más grande problema de la industria, la cual tiene que repartir su producción durante los próximos años. Pensando en tener más ventajas ante la decadencia que se presenta en 1990, se pensaba que la demanda para los plásticos era fuerte y aún creciendo, y no había signos de que esta tendencia fuera a cambiar, aún con la presión en contra del uso de los mismos por parte de movimientos ecologistas para la protección del ambiente, sin embargo la recesión que actualmente se sufre a nivel mundial a mermado estas expectativas.

Con el bajo aprovechamiento de las ventajas de los polímeros se espera que impulse a los productores de plástico a la búsqueda de mejoras en la tecnología y desarrollo de los mismos. Las innovaciones en los procedimientos tecnológicos deben estar enfocados a reducir lo más posible los costos de producción, como el desarrollo de grados de resinas especiales que dirijan hacia nichos de mercado de productos con gran valor agregado.

TABLA 9

**PRODUCCION DE LOS PLASTICOS MAS IMPORTANTES
EN U.S.A
(EN MILLONES DE LIBRAS)**

	1988	1989	1990	1991*
PROPILENO	21,244	20,027	21,500	20,400
LDPE	10,397	9,695	10,800	10,300
HDPE	8,400	8,102	8,100	7,800
POLIPROPILENO	7,274	7,238	8,000	7,600
POLIESTIRENO	5,187	5,104	5,000	4,600
PVC	8,350	8,478	8,900	8,500

* ESTIMADO

FUENTE: BUREAU OF THE CENSUS, INTERNATIONAL TRADE COMMISSION, SOCIETY OF THE PLASTICS INDUSTRY'S COMMITTEE ON RESINS STATISTICS

TABLA 10

**PRODUCCION DE LOS PLASTICOS MAS IMPORTANTES
EN MEXICO
(EN TONELADAS)**

	1988	1989	1990	1991
PET	18,093	14,853	16,092	17,645
LDPE	317,101	340,101	347,803	337,211
HDPE	81,717	97,134	175,674	212,764
POLIPROPILENO	0	0	0	36,045
POLIESTIRENO	125,528	124,703	132,444	137,746
PVC	272,666	287,536	309,201	375,008

Al desarrollar nuevos materiales cuyas especificaciones los hacen superiores con respecto a los materiales tradicionales, se puede caer en una sustitución de unos plásticos por otros, dejando sin mercado a estos últimos. Uno de estos ejemplos es el nuevo grado de poliestireno de alto impacto, el cual está reemplazando al acrilonitrilo-butadieno-estireno y al policarbonato en aplicaciones en partes automotrices y herramientas. Al seguirse desarrollando nuevos productos se tendrán que buscar nuevos mercados con posibilidades atractivas de crecimiento.

CAPITULO 3

CARACTERISTICAS QUIMICAS

3.1 Polietilentereftalato (PET).

El homopolímero del PET y algunos copolímeros de bajo grado son conocidos como polímeros cristalizables. Cuando se mantiene por un lapso de tiempo y dentro de un rango de temperaturas arriba de 80°C el PET cristalizará espontáneamente. La máxima cristalización ocurrirá en un rango de temperaturas de 140 a 190°C; el punto de fusión es aproximadamente de 245°C. La cristalización puede ser disminuida por medio de una modificación química. Una modificación suficiente (copolymerización) del PET con un glicol adicional (o ácido) puede resultar un polímero que no cristalice.

Las características más relevantes del PET son su claridad y flexibilidad cuando es usado para la manufactura de láminas o botellas. Es también un buen material aislante para los gases como el oxígeno y dióxido de carbono. El PET puede ser reforzado con fibras de vidrio para producir por medio del moldeo por inyección productos con gran resistencia al calor y una gran rigidez. La resistencia del PET a los químicos y solventes es grandemente incrementada en proporción directa al incremento en la cristalinidad de los polímeros.

El PET es un plástico muy versátil gracias a sus excelentes propiedades físicas y porque se puede transformar tanto en productos amorfos como en semicristalinos. Cuando el PET se procesa adecuadamente, se pueden hacer artículos que sean orientados y cristalizados obteniéndose con una gran claridad. Fuera de su estabilidad dimensional se pueden obtener láminas de PET por medio del control de la orientación y la temperatura durante el proceso. Para aplicaciones de empaque, el PET es comunmente usado gracias a que combina un óptimo procesamiento, buenas propiedades mecánicas y aislantes.¹

A continuación se presenta la Tabla 11 donde se muestran las características más importantes del PET.

¹ "Handbook Plastics Materials and Technology". John Wiley and Sons, Inc. 1990. U.S.A. Irvin I. Rubin Editor.

TABLA II POLIETILENTEREFTALATO

PROPIEDADES	UNIDADES INGLÉSBAS	VALOR	UNIDADES MÉTRICAS	VALOR
MECÁNICAS:				
DENSIDAD	g/cm ³	0.93	g/cm ³	1.40
FUERZA DE TENSIÓN	psi	28,000* 10,000*	MPa	172* 69*
MODULO DE TENSIÓN	psi	820,000* 320,000*	MPa	475* 220*
MODULO DE FLEXIÓN	psi		MPa	
PORCENTO DE ELONGACIÓN	%		%	
DUREZA				
TÉRMICAS:				
DEVIACIÓN TÉRMICA T @ 264 PSI	°F		°C	
DEVIACIÓN TÉRMICA T @ 68 PSI	°F		°C	
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°F	174	°C	174
ÍNDICE DE TEMPERATURA ANTE RAYO ULTRAVIOLETA	°F		°C	
COEFICIENTE LINEAL DE EXPANSIÓN TÉRMICA	in/in/°F		mm/mm/°C	
AMBIENTALES:				
ABSORCIÓN DEL AGUA (24 HRS)	%	<0.1	%	<0.1
CLARIDAD	% Transmisión	98	% Transmisión	98
OPACIDAD DEL FOG		0		0
RESISTENCIA QUÍMICA A:				
ÁCIDOS DÉBILES		Buena		Buena
ÁCIDOS FUERTES		Débil		Débil
SABES DÉBILES		Buena		Buena
SABES FUERTES		Débil		Débil
SOLVENTES DE BAJO PESO MOLECULAR		Débil		Débil
ALCOHOLES		Buena		Buena
FÍSICAS:				
FUERZA DIELECTRICA	Volt	650	Volt/cm	39
CONSTANTE DIELECTRICA	10 ⁻⁶ Hertz	2.3		2.3
FACTOR DE POTENCIA	10 ⁻⁶ Hertz	0.08		0.08
OTROS:				
PUNTO DE FUSIÓN	°F	473	°C	246
TEMPERATURA DE CRISTALIZACIÓN	°F	170	°C	80

* Propiedades determinadas de botellas moldeadas por soplado.

3.2 Polietileno.

El polietileno es químicamente inerte. No se disuelve en ningún disolvente a temperatura ambiente, pero líquidos tales como el Benceno y Tetracloruro de carbono son disolventes suyos a temperaturas superiores, lo hacen hincharse ligeramente. Tiene una buena resistencia a los ácidos y álcalis. A 100°C no es afectado en 24 horas por el ácido sulfúrico o el clorhídrico, pero el ácido nítrico lo carboniza. Se utiliza frecuentemente como recipiente para los ácidos, incluido el fluorhídrico.

El polietileno envejece expuesto a la luz y al oxígeno con pérdidas de resistencia, alargamiento y resistencia al desgarro. Probablemente el punto de ataque son los hidrógenos terciarios de la cadena en los puntos de la ramificación. Los estabilizadores retardan la deterioración, pero sólo unos pocos son los suficientemente compatibles con el polímero para tener un efecto notable. El comportamiento a la interperie del material pigmentado con negro de humo es bastante bueno. Se produce también en el polímero un cierto entrecruzamiento cuando se calienta o trabaja a temperaturas elevadas. Pocos plastificantes u otros aditivos son compatibles con el polietileno en cantidades mayores del 1% aproximadamente.

Posee una buena tenacidad y flexibilidad en un amplio intervalo de temperaturas. Su densidad decrece rápidamente a temperaturas por encima de las del ambiente, los grandes cambios resultantes crean dificultades en algunos métodos de fabricación. El relativamente bajo punto de fusión cristalino (alrededor de 115°C para los materiales típicos) limita el intervalo de temperatura con que se puede trabajar para obtener buenas propiedades mecánicas.²

Polietileno de Baja Densidad (LDPE).

El LDPE es muy dúctil en un rango de temperaturas, su elongación más baja es de 90 a 100% y gradualmente empieza a incrementarse, acompañado por una orientación

2 Billmeyer F.W. "Ciencia de los Polímeros". 1978 Harscience Publishers Inc, N.Y.

hasta que la fractura ocurre en elongaciones muy elevadas. Normalmente la resistencia se incrementa con la densidad, pero la elongación decrece. La tensión y deformación son producto del peso específico del producto.

Tanto la dureza y la resistencia del material **dependen** de la temperatura y la cristalinidad, la cual se ven reflejadas en la densidad. A temperatura ambiente la resistencia se incrementa de manera logarítmica mientras que la densidad se incrementa de 0.910 a 0.950 g/cm³. La dureza y la resistencia **decrecen** en forma casi logarítmica cuando el producto empieza a fluir, a altas temperaturas el material cae bruscamente. La resistencia no depende del tipo de dureza a temperaturas normales, esto es, gracias a su gran ductibilidad, pero llega a ser más sensible a los decrementos de temperatura.³

El LDPE ha venido a cubrir la vieja necesidad de un material que aisle eficazmente los conductores eléctricos sin producir pérdidas eléctricas a alta frecuencia. La naturaleza no polar del polímero lo hace ideal para este propósito.

Un termoplástico es considerado tenaz si su falla es acompañado por una larga y permanente deformación, de igual forma se presenta una falla en la ductibilidad y fragilidad si hay una fluidez relativamente pequeña del plástico. Cuando la temperatura decrece existe una transición de la falla en la ductibilidad a una falla en la fragilidad. El LDPE es tenaz, ya que exhibe una buena resistencia al impacto en un amplio rango de temperaturas gracias a que sus fallas que presenta son en la ductibilidad, excepto en temperaturas extremadamente bajas. La transición de la temperatura usualmente decrece con un incremento en el peso molecular y un incremento en las ramificaciones de la cadena (decrecimiento de la densidad y cristalinidad). En lo que se refiere a la fractura por tensión es crítico en los cables y botellas de este material.⁴

Sus características más importantes se presentan en la Tabla 12.

3 "Handbook Plastics Materials and Technology". John Wiley and Sons, Inc. 1990, U.S.A. Irvin I. Rubin Editor.

4 Ibidem.

TABLA 12 POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

PROPIEDADES	UNIDADES INGLÉSAS	VALOR	UNIDADES METRICAS	VALOR
MECANICAS				
DENSIDAD	g/cm ³	0.97 - 0.93	g/cm ³	0.913 - 0.935
FUERZA DE TENSION	psi	1000 - 2500	MPa	6.9 - 17.2
MODULO DE TENSION	psi	20,000 - 45,000	MPa	138 - 316
MODULO DE FLEXION	psi		MPa	
PORCENTO DE ELONGACION	%	100 - 700		100 - 700
DUREZA		D45 - 80		D45 - 80
TERMICAS				
DESVIACION TERMICA T @ 254 PSI	°F		°C	
DESVIACION TERMICA T @ 60 PSI	°F	104 - 112	°C	41 - 46
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°F	184 - 216	°C	80 - 102
INDICE DE TEMPERATURA ANTE RAYOS ULTRAVIOLETA	°F		°C	
COEFICIENTE LINEAL DE EXPANSION TERMICA	in/in/°F	100-200 x 10 ⁻⁶	mm/mm/°C	180-350 x 10 ⁻⁶
AMBIENTALES				
ABSORCION DEL AGUA (24 HRS)	%	<0.01	%	<0.01
CLARIDAD	% Transmision	Translucido	% Transmision	Translucido
APARACION DEL FDA		SI		SI
RESISTENCIA QUIMICA A:				
ACIDOS DEBILES		No atacado		No atacado
ACIDOS FUERTES		Atacamiento severo		Atacamiento severo
BASES DEBILES		No atacado		No atacado
BASES FUERTES		No atacado		No atacado
DISOLVENTES DE BAJO PESO MOLECULAR		Atacamiento severo		Atacamiento severo
ALCOHOLES		No atacado		No atacado
FISICAS				
FUERZA DIELECTRICA	V/mil		kV/mm	
CONSTANTE DIELECTRICA	10 ⁻⁶	2.3		2.2
FACTOR DE POTENCIA	10 ⁻⁶	0.0005		0.0005
OTROS:				
PUNTO DE FUSION	°F	215 - 236	°C	106 - 112
TEMPERATURA DE CRISTALIZACION	°F	-186	°C	-126

Poliétileno de Alta Densidad (HDPE).

Gracias a la alta cristalinidad del HDPE y la diferencia existente del índice de refracción entre las fases cristalina y amorfa, las películas delgadas de HDPE son traslúcidas, con una transparencia muy inferior que el LDPE. Adicionalmente, su compleja estructura morfológica del HDPE ocasiona que su transparencia disminuya. El límite en la transmisión ultravioleta del HDPE es de 230 nm.

El HDPE es muy buen aislante y ampliamente usado para cables. La densidad del polímero y su peso molecular afectan ligeramente sus propiedades eléctricas.

Efecto de la orientación: este parámetro tiene un profundo efecto en las propiedades mecánicas. Durante la elongación el tamaño se incrementa normalmente 10 veces y cuando el volumen permanece constante la sección transversal se reduce 10 veces, en otras palabras, los artículos fabricados con gran orientación son aproximadamente 10 veces más fuertes que los fabricados con el polímero no orientado. Por esta razón, es preferible si la tecnología permite la utilización de materiales altamente orientados como lo son los filamentos, películas, cuerdas y en la aplicación en algunos otros materiales que ofrezcan grandes ventajas. Ya que la orientación significa un incremento de rigidez, también los módulos de elasticidad de filamentos de HDPE pueden ser incrementados 6 veces.⁵

Sus características más importantes se presentan en la Tabla 13.

⁵ Ibidem.

TABLA 13 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

PROPIEDADES	UNIDADES INGLESES	VALOR	UNIDADES METRICAS	VALOR
MECANICAS:				
DENSIDAD	lbm/ft ³	38.7-50.3	g/cm ³	0.941-0.957
FUERZA DE TENSION	psi	2700-4400	MPa	18.6-30.3
MODULO DE TENSION	psi		MPa	
MODULO DE FLEXION	psi	100,000-140,000	MPa	688-1034
PORCENTO DE ELONGACION	%	100-1000		100-1000
DUREZA				
TERMICAS:				
DESVIACION TERMICA T @ 164 PSI	"F		"C	
DESVIACION TERMICA T @ 86 PSI	"F	180-300	"C	65-83
PUNTO DE ABLANAMIENTO	"F	348-356	"C	120-130
INDICE DE TEMPERATURA ANTE RAYOS ULTRAVIOLETA	"F		"C	
COSFICIENTE LINEAL DE EXPANSION TERMICA.	in/in/°F	80-100 x 10 ⁻⁶	mm/mm/°C	108-188 x 10 ⁻⁶
AMBIENTALES:				
ABSORCION DEL AGUA (24 HRS)	%		%	
CLARIDAD	% Transmision		% Transmision	
APROBACION DEL FDA		SI		SI
RESISTENCIA QUIMICA A:				
ACIDOS DEBILES		No atacado		No atacado
ACIDOS FUERTES		Minimamente atacado		Minimamente atacado
BASIS DEBILES		No atacado		No atacado
BASIS FUERTES		No atacado		No atacado
SOLVENTES DE BAJO PESO MOLECULAR		Minimamente atacado		Minimamente atacado
ALCOHOLES		No atacado		No atacado
ELECTRICAS:				
FUERZA DIELECTRICA	V/mil	400-400	kV/mm	15.7-32.6
CONSTANTE DIELECTRICA	10 ⁻⁶ Hertz	2.2-3.0		2.2-3.0
FACTOR DE POTENCIA	10 ⁻⁶ Hertz	0.00005-0.0005		0.00005-0.0005
OTROS:				
PUNTO DE FUSION	"F		"C	
TEMPERATURA DE CRISTALIZACION	"F		"C	

3.3 Polipropileno.(PP)

Es uno de los termoplásticos más versátiles cuyo conjunto equilibrado de propiedades y de características permite que se adapte adecuadamente a la producción de una amplia gama de artículos.

Entre las principales características del polipropileno que contribuye a la selección del grado adecuado para diversas aplicaciones de moldeado por inyección se puede destacar los siguiente:

- Facilidad en su procesamiento.
- Permite velocidades de producción igual a otros termoplásticos.
- Resistencia única al doblado.
- Ideal para el moldeado de estructuras microcelulares.
- Excelente brillo y apariencia.
- Menor densidad de todos los termoplásticos, ocasionando un mayor rendimiento por unidad de peso.
- Buena resistencia a la temperatura, pudiendo ser utilizado sin deformación.
- Reacciona con el oxígeno de muchas formas, causando que la cadena se rompa y el polímero se vuelva más frágil. Esta acción es provocada por altas temperatura o tensión mecánica.
- La radiación puede romper la cadena y seccionarla transversalmente causando variaciones en su propiedades.
- Excelente balance entre rigidez, resistencia al impacto y al estiro, esto debido a su alta cristalinidad.
- Excelente resistencia química, especialmente a los detergentes.
- Bajos olores y no mancha; existen grados disponibles para el contacto con grados alimenticios y farmacéuticos.
- Bajo índice de absorción de agua.
- Fácil de colorear.

- Fácil de decorar a través de:

+ "Hot Stamping"

+ "Silk Screen"

+ Rotulado

- El elevado punto de fusión permite que las piezas bien moldeadas sean esterilizables y el polímero conserva una alta resistencia a la tracción a temperaturas elevadas.

A continuación se presenta la comparación de las propiedades de las diferentes películas del polipropileno.

	No orientado	Orientado
Fuerza de tensión (MPa)	20 - 62	172 - 207
Porcentaje de elongación	400 - 800	60 - 100
Módulo de elasticidad (MPa)	758 - 965	2,206 - 2,620
Fuerza de impacto (N/cm)	10 - 29	49 - 147

Las propiedades isotáctica, sindiotáctica y atáctica del polipropileno son mostradas en la Tabla 14. El polipropileno sindiotáctico tiene un interés más científico que práctico, ya que su dificultad para sintetizarlo es muy grande (particularmente porque se requiere de una temperatura de - 78°C.

Tabla 14 Propiedades de Tacticidad del Polipropileno.

Propiedades	Isotáctico	Sindiotáctico	Atáctico
Densidad (g/cm ³).	0.92 - 0.94	0.89 - 0.91	0.85 - 0.98
Punto de Fusión (°C).	165	135	-
Solubilidad en Hidrocarburos a 20°C.	ninguna	medio	alto
Resistencia a la tensión.	alta	media	muy baja

Fuente: Oriá A.R. "Polipropileno." Elastinocías. Enero 1986

Para un mejor análisis de los tipos de PP es posible dividirlo en dos grandes grupos:

1.- Homopolímeros.

El homopolímero de PP es una resina obtenida a través de la polimerización en el propileno utilizando catalizadores estereoespecíficos. Estos homopolímeros de polipropileno para moldeado por inyección existen disponibles en una amplia gama de índices de fluidez, partiendo de 1.5 g/10 min. hasta 16 g/10 min. para los productos tradicionales.

Estos grados son recomendables para aplicaciones en donde el artículo moldeado deba poseer una buena rigidez transparencia y resistencia a temperaturas elevadas.

2.- Copolímeros.

El copolímero de PP, es una resina obtenida a través de la polimerización del monómero de propileno conjuntamente con un porcentaje de etileno.

Se encuentra disponibles en diversos grados de este tipo de resina, siendo en promedio los índices de fluidez producidos desde 0.8 g/10 min. hasta 10 g/10min.

El copolimero de PP es una resina que se caracteriza por su buena resistencia al impacto, inclusive a bajas temperaturas, siendo ideal para el moldeado. En casos donde exista una alta resistencia al impacto, es posible encontrar grados elaborados expresamente para esta aplicación con una resistencia muy superior a los grados de copolímeros normales.⁶

A continuación se presentan en la Tabla 15 las propiedades más importantes de Polipropileno.

6 Oria A.R. "Polipropileno" Plastinoticias, Enero 1986.

TABLA 16 POLIPROPILENO

PROPIEDADES	UNIDADES INGLEAS	VALOR	UNIDADES METRICAS	VALOR
MECANICAS				
DENSIDAD	DM ³	56.4	g/cm ³	0.903
FUERZA DE TENSION	PSI	5150	MPa	35.3
MODULO DE TENSION	PSI	300.000	MPa	1360
MODULO DE FLEXION	PSI	248.000	MPa	1680
PORCENTO DE ELONGACION	%	Depende de la historia del molde de la espere		Depende de la historia del molde de la espere
DUREZA		100		100
TERMICAS				
DESVIACION TERMICA T @ 24 PSI	°F	131	°C	55
DESVIACION TERMICA T @ 58 PSI	°F	214	°C	101
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°F	210	°C	154
INDICE DE TEMPERATURA ANTE RAYOS ULTRAVIOLETA	°F	230	°C	115
COEFICIENTE LINEAL DE EXPANSION TERMICA	in/in/°F	80 x 10 ⁻⁶	mm/mm/°C	80 x 10 ⁻⁶
AMBIENTALES				
ABSORCION DEL AGUA (24 HRS)	%	< 0.03	%	< 0.03
CLARIDAD	% Transmision		% Transmision	
APROBACION DEL FDA		21CFR177.1520(c)(1)		21CFR177.1520(c)(1)
RESISTENCIA QUIMICA A:				
ACIDOS DEBILES		Excelente		Excelente
ACIDOS FUERTES		Varia con el tipo		Varia con el tipo
BASES DEBILES		Excelente		Excelente
BASES FUERTES		Buena		Buena
SOLVENTES DE BAJO PESO MOLECULAR		Por excelente		Por excelente
ALCOHOL		Excelente		Excelente
ELECTRICAS				
FUERZA DIELECTRICA	V/mm	800-1000	kV/mm	24-28
CONSTANTE DIELECTRICA	10 ⁻⁶ Hertz	2.35		2.35
FACTORE DE POTENCIA	10 ⁻⁶ Hertz	0.0003		0.0003
OTROS				
PUNTO DE FUSION	°F	227	°C	164
TEMPERATURA DE CRISTALIZACION	°F	-4	°C	-20

3.4 Cloruro de Polivinilo.(PVC)

El incremento de volumen de ventas de PVC a permitido la búsqueda de los métodos de manufactura más productivos y efectivos para el monómero.

El PVC contiene propiedades térmicas similares con la de otros termoplásticos amorfos. La resina pura es un termoplástico claro, duro y rígido, pero con la adición de algunos agentes puede ser suavizado a un grado específico.⁷

El PVC es un gas incoloro a - 14°C pero puede ser licuado a temperaturas ordinarias si la presión es incrementada, por ello el transporte del liquido en carros tanques a presión es ampliamente practicado.

El PVC, como el etileno, es un material insaturado, pues esta constituido por una doble ligadura. La reacción de polimerización es exotérmica, desprendiendose aproximadamente 23,000 cal/gmol de monómero.⁸

La resina del PVC, como el polietileno, es casi completamente resistente al agua y prácticamente inmune al ataque por medio de soluciones acuosas. Los objetos fabricados con PVC no son afectados por los cambios ocurridos en la humedad del ambiente. Sin embargo, como otros materiales orgánicos, el PVC es susceptible al ataque de otros solventes orgánicos de similar naturaleza.⁹

La presencia de los átomos de cloro en el material proporciona una resistencia a la flama que es deseable en muchas aplicaciones. La resina puede arder bajo la exposición de la flama, pero su propia flama se extingue por si misma.

7 Kinney. "Engineering Properties and Applications of Plastics." John Wiley and Sons, Inc. U.S.A. 1968.

8 Ibidem.

9 Kinney, loc. cit.

La naturaleza polar dada por los átomos de cloro proporciona dureza al material con un incremento en la temperatura de fusión como el Polietileno. Adicionalmente la naturaleza polar del PVC favorece la cristalización.¹⁰

La resina pura del PVC muestra una tendencia a descomponerse lentamente bajo la exposición prolongada a la luz solar o a temperaturas moderadamente altas. La tendencia se incrementa al elevar aún más la temperatura o bajo la acción de materiales catalíticos, tales como compuestos de hierro o zinc.

Debido a los requerimientos específicos de la industria, se han desarrollado diversos tipos de PVC. Entre los más comunes se encuentran:

- Sin plastificar: resina fuerte y rígida; químicamente resistente.
- Copolímeros: su fabricación se realiza para cubrir tolerancias específicas; dimensionalmente estable.
- Flexible (plastificado): se controla su flexibilidad; es resistente al fuego.¹¹

Las propiedades generales del PVC se encuentran en la Tabla 16.

¹⁰ Kinney loc. cit.

¹¹ Ibidem.

TABLA 17 CLORURO DE POLIVINILO

PROPIEDADES	UNIDADES INGLÉSA	VALOR	UNIDADES MÉTRICAS	VALOR
MECÁNICAS:				
DENSIDAD	mil ³	79.5 - 108	gram ³	1.18 - 1.70
FUERZA DE TENSIÓN	psi	800 - 1400	MPa	5.5 - 10.2
MÓDULO DE TENSIÓN	psi	700 - 1800	MPa	4.8 - 12.4
MÓDULO DE FLEXIÓN	psi		MPa	
PORCENTO DE ELONGACIÓN	%	180 - 430	%	180 - 430
DUREZA				
TÉRMICAS:				
DESVIACIÓN TÉRMICA T @ 884 Psi	"F		"C	
DESVIACIÓN TÉRMICA T @ 88 Psi	"F		"C	
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	"F	Varía	"C	Varía
ÍNDICE DE TEMPERATURA ANTE RAYOS ULTRAVIOLETA	"F	Varía	"C	Varía
COEFICIENTE LINEAL DE EXPANSIÓN TÉRMICA	in/in/F	$7 - 25 \times 10^{-6}$	mm/mm/C	$12.5 - 45 \times 10^{-6}$
AMBIENTALES:				
ABSORCIÓN DEL AGUA (24 HR)	%	Varía	%	Varía
CLARIDAD	% Transmisión	Claro. Transmisión opaco	% Transmisión	Claro. Transmisión opaco
APROBACIÓN DEL FDA		Posible		Posible
RESISTENCIA QUÍMICA A:				
ÁCIDOS DÉBILES		No atacado		No atacado
ÁCIDOS FUERTES		No atacado		No atacado
BASES DÉBILES		No atacado		No atacado
BASES FUERTES		No atacado		No atacado
SOLVENTES DE BAJO PESO MOLECULAR		Atacado por éteres, Hidrocarburos Clorados		Atacado por éteres, Hidrocarburos Clorados
ALCOHOLES		Mínimamente atacado		Mínimamente atacado
ELECTRICAS:				
FUERZA DIELECTRICA	V/mil	250 - 400	kV/mm	8.0 - 12.0
CONSTANTE DIELECTRICA	10 ⁻⁸ Hertz	3.5 - 4.5		3.5 - 4.5
FACTOR DE POTENCIA	10 ⁻⁸ Hertz	0.04 - 0.14		0.04 - 0.14
OTROS:				
PUNTO DE FUSIÓN	"F	Varía	"C	Varía
TEMPERATURA DE CRISTALIZACIÓN	"F	Varía	"C	Varía

3.5 Poliestireno.(PS)

Comunmente todo lo que se produce con poliestireno es atáctico y su polimerización se produce por medio de radicales libres.

Este material se adapta admirablemente a la producción en masa. Las grandes cantidades producidas de artículos y juguetes se elaboran en máquinas automáticas de moldeo. Una de las ventajas que ofrece es su resistencia al agua, su estabilidad dimensional y las posibilidades ilimitadas de color. Dentro de las desventajas se encuentra la resistencia al calor, fragilidad, poca resistencia al medio y es susceptible al ataque de solventes tales como la querosona y el tetracoloro de carbono.

La fabricación de poliestireno es sencilla en relación a otros termoplásticos además de obtener una gran claridad en el producto, esto se debe a que no cristaliza al llegar al punto de fusión, siendo la transición de cristal a líquido de forma gradual y su fabricación requiere de poca energía. Los métodos más utilizados para la fabricación de artículos con dicho material es por medio de la extrusión e inyección con una pequeña o nula degradación.¹²

Las propiedades generales del poliestireno se encuentran en la Tabla 17.

¹² Idem.

TABLA 18 POLIESTIRENO

PROPIEDADES	UNIDADES INGLESA	VALOR	UNIDADES METRICAS	VALOR
MECANICAS:				
DENSIDAD	lbm/ft ³	64.8 - 65.4	g/cm ³	1.04 - 1.05
FUERZA DE TENSION	psi	4700 - 8700	MPa	32.4 - 59.5
MODULO DE TENSION	psi	480,000 - 675,000	MPa	3108 - 3276
MODULO DE FLEXION	psi	480,000 - 500,000	MPa	3108 - 3448
PORCIENTO DE ELONGACION	%	1.2 - 5.8	%	1.3 - 6.5
DUREZA		M80 - M84		M80 - M84
TERMICAS:				
DESVIACION TERMICA T @ 254 PSI	°F	198 - 228	°C	70 - 100
DESVIACION TERMICA T @ 88 PSI	°F	190 - 223	°C	82 - 112
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°F	194 - 227	°C	90 - 100
INDICE DE TEMPERATURA ANTE RAYOS ULTRAVIOLETA	°F	122	°C	50
COEFICIENTE LINEAL DE EXPANSION TERMICA.	in/in/°F	$2.5 - 4.7 \times 10^{-5}$	mm/m/°C	$5 - 8.5 \times 10^{-5}$
AMBIENTALES:				
ABSORCION DEL AGUA (24 HRS)	%	0.01 - 0.03	%	0.01 - 0.03
CLARIDAD	% Transmision	88 - 91	% Transmision	88 - 91
APROBACION DEL FDA		Regulado 21 CFR 177		Regulado 21 CFR 177
RESISTENCIA QUIMICA:				
ACIDOS DEBILES				
ACIDOS FUERTES				
BASES DEBILES				
BASES FUERTES				
SOLVENTES DE BAJO PESO MOLECULAR				
ALCOHOLES				
ELECTRICAS:				
FUERZA DIELECTRICA	V/mi	175	V/mm	10 T
CONSTANTE DIELECTRICA	10 ⁻⁶ Hz	2.54		2.54
FACTORE DE POTENCIA	10 ⁻⁶ Hz	0.0002		0.0002
OTROS:				
PUNTO DE FUSION	°F		°C	
TEMPERATURA DE CRISTALIZACION	°F	185 - 220	°C	74 - 110

CAPITULO 4

PROGRAMA DE RECOLECCION Y RECICLADO

Existen seis pasos preliminares para la planeación de un programa de reciclado de plásticos, los cuales son:

- 1) Reconocimiento de todos los posibles mercados para plásticos.
- 2) Estimación de la cantidad de plástico susceptible a reciclar a partir de la recolección.
- 3) Selección del mercado y negociación de un contrato.
- 4) Diseño de un programa de recolección.
- 5) Implementación de una campaña efectiva de educación comunitaria.
- 6) Procesos disponibles para el reciclado de plásticos.

4.1 Reconocimiento de los posibles mercados para plásticos.

Antes de seleccionar un mercado, se debe hacer un reconocimiento del potencial de todos los recolectores (si existen) o la cantidad de desecho plástico disponible.

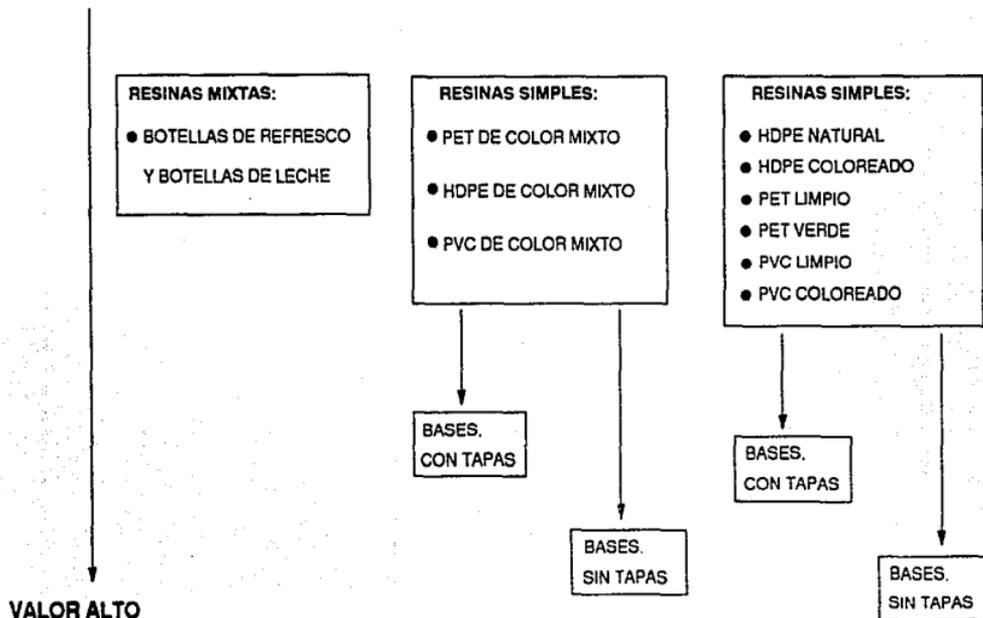
Este es el mejor camino para observar la variedad de plásticos que desecha una comunidad y la cantidad de recolección con el más económico y eficiente mercado. Para determinar las especificaciones de cada mercado se presenta a continuación el tipo de resinas más comunes presentes en diferentes tipos de desechos.

Categorías	Resinas Recuperables
Botellas de refrescos.	PET y HDPE coloreado proveniente de la base.
Recipientes de leche, jugo y agua.	HDPE natural.
Botellas de diferentes tipos de bebidas.	PET, HDPE natural, PVC limpio y HDPE coloreado proveniente de la base.
Botellas de detergentes y blanqueadores.	HDPE coloreado.
Todo tipo de botellas.	PET, HDPE coloreado y natural, PVC, LDPE, PP y otros.
Cualquier tipo de recipientes rígidos.	PET, HDPE, PS, PVC, PP, LDPE y otros.
Bolsas de tiendas de autoservicio.	HDPE, LDPE y PVC.

DIAGRAMA 3

LOS MEJORES COMUN DENOMINADORES

VALOR BAJO VALOR ALTO



Más y más productores se están dando cuenta de la importancia de reciclar el plástico y del desarrollo de nuevos procesos. Algunos observadores han de oído su tendencia a la oposición sobre la producción de plásticos o su uso que afecte al ecosistema, que es considerado un problema tan serio para la industria como lo es la sobrecapacidad.

Los productos clorados y los plásticos son objeto de una gran campaña publicitaria adversa. Estos materiales producen productos indispensables que pueden ser reciclados antes de ser destruidos. El diseño de un programa activo para el reciclado de plásticos puede ser una solución al dilema de los desechos sólidos.

El consumo estimado de varios plásticos reciclados según "The Strategic Analysis, Inc.", prevé un crecimiento durante 1990 a 1995 de aproximadamente 8% por año. Por otra parte "The Council on Plastics and Packaging in the Environment", estima que para finales de 1992 el 20% de las casas de E.U. tendrán contenedores que ayudarán a la separación y recolección de desechos, se estima recolectar 179 millones de libras por año de recipientes de plástico rígido.

Algunas características de los plásticos reciclados son:

- No son biodegradables.
- Color oscuro permanente.
- Propiedades dieléctricas.
- Propiedades de flotación.
- Resistencia a la abrasión.
- Durables.
- No tóxicos.
- Puede ser cortado, clavado, planchado y otros.
- Libre de mantenimiento.

En otra estimación los factores económicos para el reciclado de PET y HDPE parecen ser atractivos, mientras permanezcan las diferencias en precios del polímero reciclado y el polímero virgen.

En el caso del poliestireno, la dificultad en su recolección y la identificación de volúmenes suficientes de material susceptible al reciclado hacen que este producto sea difícil de reciclar, aunque el proceso de reciclado de este material sea fácil. Es probable que se alcance costos competitivos al maximizar los recursos frente a la resina virgen.

En el reprocesamiento del PET a partir de las botellas de refrescos u otro tipo de artículo en gránulos no garantiza su venta. En contraste con las latas de aluminio y las botellas de vidrio, las cuales son reprocesadas y usadas para hacer nuevas latas o botellas, en la transformación del PET no se puede usar en la fabricación de nuevas botellas de PET para bebidas carbonatadas. Los problemas no son únicamente técnicos, sino que también influyen factores económicos y psicológicos. Pocas compañías que se dedican a la producción de bebidas desean vender sus productos en botellas de PET reprocesado, y los pocos productores de PET reciclado desean sostener los costos y los largos periodos de pruebas requeridas por el consumidor.

Los mercados para el PET reciclado están divididos en aquellos que requieren un material con bajo peso molecular o un material que no cumpla con la condición anterior. Los materiales de bajo peso molecular normalmente se usan en mercados para artículos de bajo costo, donde la botella de PET tiene que competir con los precios bajos de las películas de otros plásticos.

El PET de bajo peso molecular es también usado para producir fibras para aplicaciones textiles. El PET verde reciclado se puede usar para aplicaciones en fibras, geotextiles y materiales para la industria de la construcción. Estos materiales son pigmentados normalmente con carbon negro. Los geotextiles son utilizados para estabilizar los durmientes en las vías del ferrocarril, en lozamiento de caminos, muros de contención y otros.

En lo que se refiere a los mercados del PET reciclado de alto peso molecular abarca el futuro para las botellas de refresco elaboradas con PET reciclado, y quizá para las futuras latas de plástico para las bebidas, las cuales únicamente pueden llegar a ser viables como un reciclado sucesivo, esto es, que al reciclar el plástico no se pierdan sus propiedades o sea reforzado con resina virgen, de esta forma volver a producir botellas para bebidas.

Actualmente, el PET reciclado es usado comercialmente en mezclas de PBT (polibutilen terftalato) o con policarbonatos. Los productos fabricados se destinan principalmente a la industria automotriz, conexiones y componentes eléctricos, partes de bombas y corazas. Nuevamente el PET reciclado de alto peso molecular es preferido, esencialmente libre de contaminantes y en forma de granulos.

El PET reciclado puede ser usado junto con fibra de vidrio para producir componentes de gran valor agregado, principalmente para aplicaciones estructurales o automotrices.

El PET incoloro, reciclado o virgen, si se encuentra libre de contaminantes puede ser usado para el moldeo por soplado, cuyos productos estan orientados a recipientes que no sean para guardar comida.¹

TABLA 19 Estimación del crecimiento de la demanda para resinas de E.U.
(en millones de libras/año).

Resinas	1985	1990	1995
LDPE	150	168	185
HDPE	2001	2770	3785
PVC	3004	3068	476
PP	230	293	360
PS	911	1164	1450
PET	715	1150	1740

Fuente: Chemical Week, Octubre 15 1986, p. 39.

¹ Modern Plastics International, "PET, Recycling, domit topics at SPE conference", Diciembre 1987.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el crecimiento de la demanda de las resinas plásticas será constante, lo cual deja ver que en el futuro los mercados crecerán de forma significativa. De igual forma se piensa que el mercado para los plásticos reciclados aumentará de igual forma, ya que el avance en la tecnología para su procesamiento los hará cada vez más competitivos.

4.2 Estimación de la Cantidad de Plástico susceptible a reciclar a partir de la recolección.

Se requiere de un fuerte apoyo por parte del público consumidor para darle un empuje definitivo a la industria de la recuperación y reciclado de materiales plásticos de posconsumo. La creación de grupos de investigación enfocados a resolver estos problemas no ha sido suficiente, es por esto que la industria debe encontrar otras formas para reciclar materiales poliméricos utilizados en aplicaciones específicas.

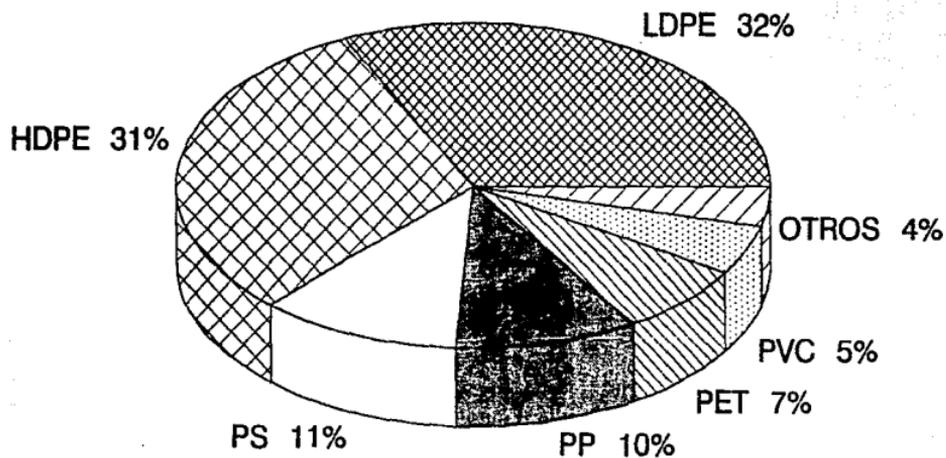
Dentro de todos los objetos plásticos que pueden ser reciclados, son los contenedores de polietileno rígido de alta densidad los que tienen una mayor oportunidad de ser recuperados mediante el reciclado. "Los contenedores de HDPE son ahora más que siempre los de mayor abundancia y valor", afirma Robert Bennet, Coordinador del programa de reciclado para el estado de Massachusetts en E.U.

Según la "Eaglebrook Plastics", los contenedores de HDPE que se encuentran apiñados en los basureros se encuentran en una proporción casi cuatro veces mayor a la de las botellas de PET fabricadas para bebidas, siendo la anterior una de las principales compañías que están enfocando esfuerzos a la reutilización del HDPE dedicado a la fabricación de botellas y contenedores, en la que consumieron 750 millones de libras de resina de HDPE en 1988.

Una encuesta realizada por la revista "Modern Plastics" en E.U. pone de manifiesto que la lentitud en la recolección y procesamiento de los recipientes, lo cual es el principal obstáculo para que sean recuperados y reciclados. Normalmente se recuperan menos de 40 millones de libras de HDPE en botellas moldeadas por soplado (cerca de la mitad son botellas de leche), y aproximadamente 43 millones de libras moldeadas por inyección (la mayoría recipientes abiertos).

TABLA 20

RESINAS MAS USADAS COMO CONTENEDORES



La mezcla de los residuos de HDPE con la que se puede contar, aplicando tecnología sencilla para el reciclado, con la que cuentan la mayoría de las fábricas, se estima en 55 millones de libras. Este material recuperado es producto de desecho dentro de las mismas plantas de transformación por inyección o soplado.

En México el consumo de los plásticos mencionados va en aumento (ver Apéndice A), lo cual sugiere la planeación sobre la utilización de los desechos generados.

Actualmente uno de los obstáculos más grandes para el reciclado de los plásticos son los inadecuados sistemas de recolección. La necesidad más creciente es la de crear nuevos sistemas que faciliten la recolección, que sean capaces de facilitar el transporte y permitir la separación de los materiales poliolefinílicos después de que estos han entrado a los basureros municipales.

La implementación de un programa de recolección de plásticos es muy factible dentro de la comunidad, y facilitaría la recolección de los materiales plásticos, haciendo que en el proceso de reciclado se suprimiera un cuello de botella. Un ejemplo de lo anterior es el proyecto piloto de las comunidades de Rhode Island East Greenwich y West Warwick, en la cual los vecinos separaron la basura plástica, pudiéndose recolectar la misma cantidad de plástico que aluminio.

* Hoja de estimación de niveles de recuperación.

a) Cálculo de peso estimado:

En la Tabla 21 se encuentran los niveles de recuperación (lbs./familia/año) para el reproceso de las resinas. Estos datos son estimados para las comunidades de E.U., para el caso de México tanto los artículos como las cantidades varían y se tendría que hacer un estudio para una comunidad específica.

$$\begin{array}{r}
 \text{Nivel de recuperación} \\
 \text{lbs./hogar/año}
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{r}
 \text{N}^\circ \text{ de hogares esti-} \\
 \text{mados}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{r}
 \text{Estimación lbs/año}
 \end{array}$$

TABLA 21

**NIVELES DE RECUPERACION PARA EL REPROCESO
DE RESINAS PLASTICAS.**

CATEGORIAS	RESINAS RECOLECTADAS	NIVEL DE RECUPERACION LBS./HOGAR/AÑO	DENSIDAD ESTIMADA LBS./CU. YD.
Botellas de refresco	PET	5 - 11	30 - 45
Empaques de leche	HDPE natural	5 - 10	25 - 30
Botellas de refresco y empaques de leche	PET y HDPE natural	8 - 17	30 - 40
Botellas de bebidas	PET, HDPE natural y PVC limpio	8 - 18	30 - 40
Botellas de blanqueadores y detergentes	HDPE coloreado	1 - 2	35 - 50
Otros tipos de botellas	PET, HDPE natural y coloreado, PVC Y PP	8 - 18	40 - 50
Otros tipos de recipientes	PET, HDPE, PS, PVC, PP	20 - 30	45 - 55
Otros tipos de plásticos	PET, HDPE, LDPE, PS PVC, PP.	25 - 40	---

$$\frac{\text{Estimación lbs/año}}{52^*} = \text{Estimación lbs/semana}$$

b) Cálculo del volúmen del material recolectado:

$$\frac{\text{Estimación lbs/semana}}{\text{Densidad lbs/m}^3} = \text{Estimación vol./semana}$$

$$\frac{\text{Vol./semana}}{\text{N}^\circ \text{ de camiones semanales}} = \text{Estimación vol./camión}$$

* Se usa 52 para la recolección semanal; 26 si la recolección en promedio es cada dos semanas; 24 si la recolección se hace 2 veces al mes; 12 si la recolección es mensual.

La cantidad de plástico con la que podemos contar varía dependiendo de la situación en que se encuentra, es decir, si la comunidad consume una gran cantidad de productos plásticos y la forma en que lo hace, pues el suministro sería escaso si se contara únicamente con bolsas de plástico o productos que contengan un bajo contenido de plástico. Para el caso del D.F. y área Metropolitana no fué posible evaluar la cantidad de desperdicio generado, pues los obstáculos impuestos por parte de las autoridades impiden la obtención de ellos.

A continuación se presenta un estimado donde se representan las posibilidades que se cuentan para diversas situaciones:

Situación	Efecto
Una gran participación de la comunidad.	Incremento de recuperación en todos los rubros.
Baja participación de la comunidad.	Decremento de recuperación en todos los rubros.
Decaimiento del programa de recuperación.	Decremento sustancial en la recuperación.
Depósito estatal de botellas de bebidas.	Decremento cerca de cero de botellas de PET.
Agua potable de baja calidad.	Un estudio sobre la composición de la basura ayudará a determinar los efectos locales.
Productos fabricados con diferentes materiales (vidrio, plástico o aluminio).	Un estudio sobre la composición de la basura ayudará a determinar los efectos locales.

Fuente: The Council for Solid Waste Solutions. Washington, D.C. 1990.

4.3 Selección del mercado y negociación de un contrato.

Se debe considerar los pros y contras de la negociación de un contrato a largo plazo, o improvisar debido a la situación del mercado. El comercio de los productos se encuentra entre la seguridad de tener un precio competitivo y la posibilidad de tener un potencial de crecimiento en un determinado tiempo.

Un contrato a largo plazo tiene la ventaja de proveer al comprador un precio determinado, difícil de cambiar. Si el precio del producto o de los productos aumenta en el mercado, se seguirá pagando el precio establecido. También existe una desventaja, la cual reside en que si la demanda de los plásticos se incrementa considerablemente, los beneficios probables por un aumento de precio son inexistentes.

Cuando se maneja una gran cantidad de plásticos se deben de tener contratos que contemplen más de un mercado, esto dará un margen de seguridad en el comercio de los mismos. Si por alguna razón no prevista en alguno de los mercados cambian las especificaciones para el material a aceptar, o si existe la imposibilidad de comerciar el material, los otros contratos ayudarán a minimizar dicha pérdida. La desventaja de poseer más de un contrato con suministro de pequeñas cantidades, es que los precios no alcancen niveles competitivos, con lo cual la capacidad de expansión es casi nula.¹

Es importante considerar que el producto fabricado no debe ser de mayor precio que el elaborado con materia prima virgen. La negociación con los proveedores del material plástico de desecho en el caso del D.F. será con los pepenadores o alguna compañía que se constituya para tal efecto.

Existe también la posibilidad de formar centros de acopio para el público en general, pero se piensa que si no se les otorga algún beneficio económico el éxito de estos centros será nulo.

A continuación se presentan consideraciones adicionales que deben de hacerse cuando se esta seleccionando un mercado y negociando un contrato.

a) Condiciones del material.

Generalmente los municipios o ayuntamientos obtienen mejores precios si su plástico ha sido compactado o comprimido, con lo cual se reducen los costos de transporte, pues el camión tiene más espacio y puede transportar mayor cantidad de material y los costos originados serán menores al repartirlo por cada tipo de material.

¹ The Council for Solid Waste Solutions. Washington, D.C. 1990.

b) Contenedores.

Se pueden usar varias formas de procurarse los contenedores y diferentes tipos de ellos.

El mercado al que se dirige puede o no proveer los contenedores en los cuales se llevará a cabo la recolección, de ser así se debe de contemplar la existencia de un gasto extra por concepto de renta de los mismos, en caso contrario se deberá de comprar los más adecuados a las necesidades de la comunidad. El problema de los contenedores puede solucionarse fácilmente cuando el gobierno interviene, ya que al interesarle la limpieza del ambiente y cumplir con una obligación, éste estará dispuesto a instalar los contenedores, tal vez no los más idóneos pero con los que se pueda trabajar.

c) Estructura de pago.

En el caso de que el mercado proporcione el transporte, el transportista deberá recoger el material cuando se tenga la certeza del peso o volumen recolectado, de tal forma que se estime el tiempo necesario para poder entregar la siguiente carga y no tener sobre existencias ni falta de la misma.

Es importante establecer una penalización en caso de que no se recoga el material a tiempo, pues trae como consecuencia un atraso en las otras actividades, que pueden repercutir en gastos extras.

* Precios:

Se debe de considerar dentro del contrato una cláusula que permita cambios (tal como si hubieran cambios en el programa y en las cantidades de material recolectado, o si el precio del mercado cambia radicalmente). El contratista siempre querrá la mayor flexibilidad posible para el cumplimiento del contrato. Por lo tanto, se debe de tomar en cuenta si la estructura de pago puede ser cambiada durante la duración del contrato o al final, y los parámetros a regir.

El contrato debe de proveer un precio base para el material y se ajusta dependiendo de las fluctuaciones que sufra el mercado.

Los contratos a corto plazo dan una gran flexibilidad de tomar ventaja cuando los precios están subiendo; los contratos a largo plazo dan una mayor seguridad en un mercado inestable. En caso de negociar un contrato a largo plazo se debe contar con una demanda estable o asegurada.

Es importante para la rentabilidad del programa establecer la forma de pago más conveniente, dentro de la cual las dos partes estén de acuerdo.

4.4 Diseño del Programa de Recolección.

Una vez conocidos los materiales y los volúmenes que pueden ser recolectados (habiendo escogido antes un mercado específico) y conocer los requerimiento del mercado, entonces se está listo para diseñar un programa de recolección bajo estas condiciones.

La mejor aproximación es incluir los materiales plásticos dentro del diseño del programa de reciclado de materiales en general desde el principio. Por ello se debe asegurar que la recolección y los volúmenes de almacenamiento están plenamente medidos. El programa de recolección para reciclar materiales debe parecerse tanto como sea posible al sistema de recolección de desechos sólidos (por ejemplo: si en una comunidad existe un sistema de recolección de basura eficiente, al incluirles pequeñas modificaciones se puede incluir los plásticos para reciclar).

Si existe un programa vigente en el lugar y se adiciona la recolección de los plásticos para su reciclado se debe considerar los siguientes principios básicos:

- Integración de los plásticos a programas existentes.

El punto principal para que el costo del programa sea realmente efectivo es, integrar

los plásticos dentro de la infraestructura existente en el programa de reciclado. No es redituable tener una recolección de material independiente y un sistema de manejo exclusivo para plásticos. Esto puede significar que se tenga que cuidar y soportar ambos sistemas.

- Los programas de reciclado de plástico deben de adecuarse a los programas existentes.

Si existen programas de recolección para el reciclado de latas, papel y botellas, es común encontrar que los plásticos se encuentran mezclados entre ellos. Si la recolección se efectúa semanalmente, ya sea por medio de contenedores en las colonias o de cualquier otra fuente alterna, entonces los cálculos para los volúmenes de plástico recolectado deben de hacerse en base a la frecuencia mencionada.

- Enfoque a los plásticos para un mercado determinado.

El objetivo principal es tener un plan para empezar la recolección de la máxima cantidad de material que realmente interesa, el cual debe ser aquel que el mercado identificado acepta. Un alto volumen de contenedores tal como botellas de refresco, leche, recipientes de agua y jugo; botellas de HDPE coloreado, son los que regularmente encontramos en los mercados. Otras resinas que son muy comerciales por medio de mercados futuros y que actualmente poseen un potencial de desarrollo muy grande, pueden ser incluidos una vez que se implemente el programa de recolección.

A continuación se presentan los pasos básicos para la recuperación de los plásticos:

- 1.- Recolección de diversos materiales en contenedores de la colonia.
- 2.- Identificación de los requerimientos básicos en la separación.
- 3.- Uso de los recipientes domésticos donde se concentren los desechos sólidos.
- 4.- Frecuencia de recolección semanal.
- 5.- Considerar en el programa la amplia gama de plásticos que se pueda recolectar.
- 6.- Promoción efectiva, con una clara especificación de los tipos de productos plásticos que pueden ser incluidos o no.

Las siguientes características aumentarán la rentabilidad de la recolección de los plásticos:

- 1.- Recolección de los materiales individualmente o mezclados.
- 2.- Uso de vehículos de gran capacidad para la recolección.
- 3.- Contar con el personal adecuado para juntar el material recolectado.

Los siguientes puntos indican que el buen funcionamiento de la recolección de los plásticos puede disminuir.

- 1.- Si la recolección se hace únicamente de los plásticos que nos interesan.
- 2.- El uso de un solo contenedor en lugar de varios de ellos.
- 3.- Uso de contenedores demasiado grandes al aire libre.
- 4.- Personal incapacitado para llevar a cabo la recolección.
- 5.- Poca cooperación de la comunidad.

a) Tipo de contenedores adecuados a la comunidad.

El programa ideal de reciclado para cualquier área es en el que se trabaja dentro de las necesidades que requiere la comunidad, y que el trabajo se realice a los menores costos posibles.

Estrictamente hablando en términos de rentabilidad, la situación óptima es aquella que incorpora una ley básica para el reciclado con el objeto de maximizar los niveles de recuperación, combinada con un catálogo de materiales a recolectar mensualmente. Pero son muchos los factores que afectan al diseño del programa de reciclado de una comunidad, empezando por que cada programa de reciclado es distinto para una comunidad, ya que cada una posee diferentes requerimientos.

La recolección en contenedores es el programa más eficiente y conveniente. Esto se explica por el incremento de la popularidad de estos en E.U. La conveniencia de la recolección por contenedores ha mostrado significativamente una mayor recuperación y calidad de todos aquellos materiales susceptibles al reciclado.

b) Tipo de materiales que se recolectarán por medio de los contenedores,

Existen muchas formas de diseñar un programa de recolección por medio de recolectores localizados dentro de una colonia. Cada uno de los componentes del programa tiene sus ventajas y desventajas, siendo la mejor opción aquella que cumpla con las necesidades de la comunidad. Los componentes del programa a considerar son los siguientes:

1.- Los materiales recolectados pueden ser separados o mezclados:

La recolección de los materiales mezclados tiene la ventaja de ser un método relativamente fácil y eficiente, ya que evita que el personal separen los materiales. Siendo la desventaja de este, el tiempo y el trabajo posterior a la recolección para poder separar cada tipo de material y volver a desechar aquellos que son inutilizables. Si la separación de los materiales representa llevar a cabo un gran proceso, ésta debe realizarse por los habitantes de cada hogar o en los camiones recolectores de basura.

La ventaja que se presenta cuando las personas separan sus propios desechos se ve reflejada en los costos de operación, la desventaja es una baja en la cantidad de materiales recolectados.

Muchas personas sienten que la separación de las diferentes categorías de materiales es inconveniente y molesta. La separación que se lleva a cabo en los camiones de basura podría ser la forma más conveniente para el público, pero los costos de operación se incrementan de forma considerable.

Casi todas las operaciones que involucran contenedores localizados en diferentes puntos de la colonia, ayudan al incremento de los materiales reciclables mezclados que son recolectados por camiones, el tiempo de clasificación requerido de los camiones en cada parada se reduce.

El manejo de los materiales mezclados reduce la necesidad de contar dentro del camión con divisiones que permitan separar cada tipo de desecho, siendo el espacio más aprovechado y eliminando el problema de contar con las divisiones. El problema principal de contar con divisiones fijas dentro del camión es que durante el recorrido

una de ellas se puede llenar más rápido que las otras, lo cual obliga al camión a descargar, teniendo aún espacio disponible en otros compartimientos. Esto da como resultado un mal aprovechamiento de la capacidad del camión y eleva los costos de operación.

Las soluciones posibles al problema del aprovechamiento del espacio dentro del camión pueden ser varias, las más adecuadas son: la instalación de compartimientos de diferente tamaño de acuerdo a la cantidad promedio recolectada de cada uno de los materiales. Otra solución es instalar compartimientos móviles dentro del camión, así el espacio del mismo se va adecuando dependiendo de la cantidad de material recolectado, pero su instalación y mantenimiento implica un gasto mayor.

Sin embargo, pese a los beneficios que representa la recolección y uso de materiales mezclados, el proceso de transformación se vuelve más complicado, afectando la cantidad y calidad del producto terminado, pues contiene mayor cantidad de desperdicios de materiales no reciclables.

Algunos grados de separación de los materiales dependen en gran medida de la facilidad que se tenga para su recuperación o en su fácil manejo antes de que los materiales sean procesados para cumplir con los requerimientos de los mercados escogidos.

Se puede llegar a dar una contaminación de un material con otro (p. ejem. pedazos de vidrio en latas de aluminio, materiales orgánicos y otros), esto afecta a la calidad de los materiales producidos tomando en cuenta la facilidad de recuperación. Las opciones que se presentan mediante el uso de los materiales mezclados pueden, y deben ser, la que represente los mayores beneficios ya sea en la recolección como en el procesamiento de los materiales reciclables.

2.- Frecuencia de recolección de los plásticos reciclables.

La desventaja de una recolección conjunta, radica principalmente en la capacidad del camión recolector, ya que el volumen de los desperdicios se incrementará considerablemente.

Si consideramos la recolección de un día alterno en el que normalmente se lleva a cabo, se tiene que contar con un servicio de recolección eficiente, regular y que cubra con las necesidades de la población. Como complemento al buen funcionamiento del proceso se debe de informar a la población sobre los horarios, días y rutas de los camiones recolectores.

3.- Recipientes usados en la recolección.

Muchos programas de reciclado proveen a las personas con recipientes para el depósito de los desechos plásticos reciclables, facilitando así la participación y recolección.

Estudios y la experiencia en los E.U. han demostrado un incremento significativo en la participación de la ciudadanía y en la recolección de los desechos plásticos, cuando se distribuyen al público los recipientes destinados a los materiales reciclables.

Cuando se usa este tipo de programa se crea de forma directa una especie de presión entre los vecinos para participar en el programa de reciclado, ya si alguno o algunos de ellos participa (al sacar de su casa el recipiente especial para los desechos reciclables) recuerda y presiona psicológicamente a los demás vecinos a participar.

Una ayuda para ejercer este tipo de presión psicológica es el color del recipiente a utilizar, ya que este debe de ser de un color distintivo y fácil de reconocer por la población. Un color que cumple con estas características es el azul o verde, ya que se identifica muchas veces con la limpieza, salud y ecología.

Con la distribución de contenedores, sean recipientes o bolsas de plástico, representa un costo opcional dentro del programa. De cualquier forma, la recolección se vuelve más fácil para el recolector, porque los materiales recolectados son plenamente identificados. Si los recipientes se usan para cualquier tipo de material, el recolector invertirá más tiempo en tratar de determinar cuales son los materiales reciclables y cuales no lo son.

El uso de los recipientes en lugar de bolsas significa una inversión original más fuerte, pero este gasto solo se hará una sola vez, mientras que las bolsas de plástico necesitan ser reemplazadas.

En algunas comunidades de E.U. y actualmente en México se invita a la población a utilizar las bolsas de plástico de las tiendas de autoservicio para los desechos reciclables, siendo también éstas susceptibles al reciclado. Una ventaja en el uso de las bolsas de plástico se ve reflejada en el tiempo de recolección, ya que el recolector no tiene que vaciar y volver a poner en su lugar el recipiente de plástico, sino que recoge la bolsa y la deposita directamente en el camión. De cualquier forma, el sistema de recolección en el que se emplean las bolsas de plástico requiere que sean rotas para abrirlas, vaciarlas y juntar los desechos para su disposición.

Un recipiente rectangular o una caja es generalmente la forma que más se prefiere por las siguientes razones:

- Una caja es fácil de recoger y depositar en el camión.
- La caja puede ser colocada del lado conveniente del camión para ser clasificada.
- Es más fácil remover los contaminantes de una caja que de cualquier otro tipo de recipiente.
- Los recipientes de basura tradicionales y las bolsas son asociadas por las personas como contenedores de basura, mientras que una nueva forma como sería una caja o un recipiente rectangular da un nuevo mensaje para el reciclado.³

4.- Vehículos recolectores.

Un eficiente vehículo recolector es aquel que permite la más grande recolección y número de paradas por día, de acuerdo a las necesidades impuestas por la topografía del lugar y caminos disponibles.

3 The Council for Solid Waste Solutions. Washington, D.C. 1990.

El costo de los vehículos puede llegar a representar la contribución más grande dentro de la inversión original. De cualquier forma los costos de mano de obra exceden a la amortización del costo del vehículo.

c) Selección de los camiones adecuados al programa de reciclado.

Existe una gran variedad de vehículos para la recolección. Uno de los puntos más importantes a considerar es que el vehículo por adquirir sea económico tanto en su operación como en su mantenimiento y ofrezca la mayor productividad (productividad = número de casas visitadas o kg. recolectados por hora) posible. Considerando el número, tipo y condición de diferentes materiales susceptibles al reciclado que son recolectados al mismo tiempo que los plásticos deseados, dan la pauta para elegir el mejor diseño de nuestro vehículo. Para un estudio completo se deben considerar los siguientes puntos:

- Precio de Compra

El precio de compra de los vehículos no son siempre la mayor contribución sobre los gastos totales, además de que el precio de los mismos pueden ser amortizados durante el desarrollo del programa.

- Costo efectivo del costo de operación y su mantenimiento.

* Tamaño: en casi todos los casos, los camiones deben tener una capacidad de por lo menos 28 yardas cúbicas o 21.3 metros cúbicos.

* Máquina diesel: los motores diesel son típicamente más eficientes que los motores que usan gasolina (generalmente dos veces más). El precio del diesel en México es más barato, lo cual representa otra ventaja para usarla.

* Transmisión automática: la constante necesidad de parar y volver arrancar ocasiona que la transmisión manual consuma mucho tiempo y sea más caro en su mantenimiento.

* Componente Hidráulicos: al incluir en el camión componentes hidráulicos, se necesita implantar cilindros, sistemas eléctricos - hidráulicos y partes móviles, los cuales

requieren de un mantenimiento constante y un reemplazo a mediano plazo. Esto representa un incremento a la inversión a costa de la realización de un trabajo más eficiente.

* Frenos de aire: este es el tipo de frenos es ideal, pues debido al calor que se genera por las constantes paradas del camión solamente son soportadas con efectividad y seguridad por éstos.⁴

- Operaciones fundamentales que resaltan la máxima productividad laboral.

* Acceso al camión por ambos lados: para poder llevar a cabo la recolección más eficientemente por los dos lados de la calle, el camión recolector deberá tener acceso a sus depósitos por ambos lados. Se puede pensar también en un ahorro en la distancia recorrida y tiempo de recolección.

* Capacidad del vehículo: esta debe de ser lo suficientemente grande para evitar que el camión tenga que descargar frecuentemente, lo cual implica un aumento en los costos.

* Secciones internas móviles: con ello se utiliza mejor el espacio del camión.

* Reducción de volumen: la compactación de plásticos, latas de aluminio y otros tipo de materiales incrementan el número de paradas que se puede realizar en una misma ruta, ya que se obtiene una mayor capacidad de carga en el camión.

d) Modificaciones al programa de recolección de materiales de desecho.

No todas las comunidades pueden tener el lujo de comenzar con un programa de reciclado de plásticos con todo el equipo nuevo, pero pueden ser incluido en la recolección de dichos desechos.

Cuando se adicionan los materiales plásticos a un programa de reciclado existente, tal vez sea necesario hacerle algunas modificaciones para su mejor funcionamiento.

⁴ Ibidem.

1.- Reducción del volumen de los plásticos.

* Se debe educar al público para que compacte las botellas de plástico: el público debe saber que antes de sacar los desechos plásticos para su recolección deben compactar las botellas, con esto ayudan a reducir el volumen de los materiales y a bajar costos dentro del programa de recolección. También con esta medida los plásticos ocuparán menos espacio en los hogares.

* Uso de un compactador instalado en uno de los compartimiento del vehículo recolector.

* Uso del espacio destinado para los plásticos en un camión recolector: dentro de un camión destinado a la recolección de otros materiales se puede incluir un espacio adicional destinado especialmente para los plásticos. La ventaja de ese método es un ahorro en los costos de operación siempre y cuando el camión permita incluir dicho dispositivo. La desventaja del mismo es la labor de separación y las medidas de seguridad asociadas con ese sistema.

2.- Aumento de la capacidad de los vehículos recolectores.

Debido al ligero peso de los plásticos y a su característica de flotar en la parte superior de la carga, es recomendable agregar en el camión un espacio adicional sin afectar mucho la distribución del peso del camión.

Algunos ejemplos para el aumento de la capacidad son:

* Adicionar una jaula en la parte trasera o arriba del camión.

* Uso de redes o bolsas a los lados o atrás del camión.

* Poner los plásticos en alguna parte no usada en los vehículos de recolección.

e) Programa de recolección rural a domicilio o por medio de contenedores fijos.

El programa de recolección por medio de contenedores es el más eficiente en muchas áreas. Sin embargo, existen comunidades en donde el sistema de recolección domiciliar funciona mejor que con contenedores fijos.

Para calcular las cantidades de materiales de materiales para ser recolectados , se deben usar Tablas de Niveles de Estimación de Recuperación (Tabla 21).

Los programas de recolección domiciliaria normalmente recuperan significativamente menores cantidades de los que utilizan contenedores.

1.- Consideraciones especiales para las áreas rurales.

* Cantidad: algunos mercados en áreas rurales requieren de camiones de carga cuya capacidad sea muy grande. Si es este el caso, entonces toma algo de tiempo el recolectar la cantidad requerida, y la recolección de los plásticos es más factible y por lo tanto vale la pena llevarla a cabo. En la mayoría de los programas que funcionan actualmente en los E.U. no importa que tan pequeña es la población, se puede incluir a los plásticos en los programas recolectores.

* Almacenaje: el tamaño de los contenedores debe ser el apropiado para almacenar el volumen requerido de plásticos. Estos deben tener una capacidad mínima, pues no se pueden poner contenedores demasiados pequeños, esto depende si los residentes están educados a compactar los recipientes plásticos, de no ser así se deberán de contar con contenedores mas grandes.

Normalmente el tamaño regular de los contenedores utilizado en los E.U. es de 15 yardas cúbicas, la cual es la cantidad mínima que se requiere para tener una alimentación de una compactadora de plásticos con una capacidad de 600 a 800 libras compactadas de botellas de PET y HDPE.⁵

* Localización: el lugar en donde se colocará el almacén debe ser tal que los plásticos no se degraden por la exposición de los rayos ultravioleta provenientes del sol. El almacén puede estar a la interperie siempre y cuando no afecte a las propiedades de los materiales; se debe cuidar que la humedad tampoco dañe a los plásticos. Si los contenedores son de color negro absorberán los rayos solares y así se obtendrá una buena protección.

⁵ Ibidem.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

* **Mercados compartidos:** se puede algunas veces tener la posibilidad de trabajar conjuntamente con comunidades cercanas. La ventaja de combinar plásticos reciclables recolectadas por una comunidad con otras son:

Obtención de una economía de escala durante la recolección, procesamiento y comercialización.

Se tiene una mayor frecuencia de envíos de producto hacia el mercado, con lo cual los inventarios son menores y los requerimientos de almacenaje bajan.

La capacidad de negociar un mejor precio para el producto.

* **Contaminación:** el diseño de contenedores para la recolección debe de ser de tal forma que sea fácilmente visto por las personas y con ello evitar la contaminación. Si al momento de montar los contenedores se notifica a la comunidad sobre el tipo de materiales que deben depositar en ellos, se tendrá entonces menores posibilidades de contaminación.

Si se lleva a cabo la recolección a domicilio se corre el riesgo de obtener una mayor contaminación en caso de que no sea debidamente controlada. Una forma de evitar la contaminación en este tipo de programa es educando e informando sobre el reciclado de plásticos a los trabajadores encargados de la recolección, ya que sabiendo de su manejo, separación y proceso se les facilitará el trabajo y los riesgos de contaminación serán menores.

Muchas personas depositan sus desechos en cualquier contenedor, en vez de leer los carteles sobre el tipo de material que se debe de tirar en cada uno de ellos, esto es imposible de controlar pero se debe minimizar lo más posible informando a la gente.

* **Señalamientos:** es esencial tener buenas señales. Estas deben de ser claras, durables, resistentes al ambiente y su apariencia deben ser de forma "oficial", es decir, deben de ser de tal forma que el público lo tome seriamente, una idea sería que fueran de forma y color similar a las usadas por las autoridades gubernamentales de cada comunidad.

4.5 Implementación de una campaña de educación a la comunidad.

Para que el programa del reciclado de los resultados esperados se debe tener la participación del público y su aceptación como puntos principales de su éxito. El reciclado de plásticos se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo pero actualmente tiene un fuerte impulso. Sin embargo, aún existen muchos mitos sobre los plásticos que deben ser separados.

La educación acerca del reciclado de los plásticos es la llave para la participación y soporte del programa de reciclado de plásticos, el cual visto como una forma importante para:

- La conservación del espacio de relleno de tierras.
- Conservación de las fuentes no renovables (p. ejem. bosques).
- Tomar una acción personal para el mejoramiento del ambiente.

a) Pasos para implementar un programa efectivo de educación al público.

1.- Anuncios iniciales.

Al empezar a informar al público sobre este programa se debe tener una fecha específica dentro de un futuro próximo.

Los servicios públicos como la televisión, el radio, artículos en los periódicos y folletos han demostrado realmente ser efectivos. Informar a la gente joven a través de las escuelas públicas o privadas es también un medio de ayuda para informar a la población.

Se debe tener un especial cuidado en no dejar pasar mucho tiempo para la recolección porque las personas pueden acumular grandes cantidades de material y esto haría que el programa se estancara durante las primeras semanas.

2.- Arranque de la campaña.

El plan de empezar el programa debe ser con una gran campaña promocional, coordinando a la prensa, radio y la televisión local. Es de mucha ayuda conseguir que

políticos y personas que gozan de fama se vean envueltos dentro del programa.

Es muy importante que antes de arrancar con el programa de reciclado se esté seguro de que la población oyó, leyó y vió acerca del mismo, y sabe como actuar y lo que se espera de ellos.

3.- Educación y avisos continuos.

Se debe avisar a los residentes acerca de como y porque deben de participar para reforzar los hábitos que ayuden al programa de reciclado, informandoles sobre los resultados de los esfuerzos (p. ejem. las toneladas recolectadas y el dinero ahorrado). Esto los motivará a seguir participando en el programa, es importante conocer la opinión del público sobre el mismo y las sugerencias para mejorarlo.

b) Puntos principales que debe de incluir un programa efectivo de educación.

1.- Identidad con el proyecto.

La identidad del proyecto significa la promoción de un reconocimiento y creación de un sentimiento positivo acerca del reciclado y del programa de recolección local.

El uso de un logotipo es un buen ejemplo para llamar la atención de los residentes. Utilizando el logotipo para materiales promocionales, videos, señales para centros de recolección local, vehiculos recolectores, contenedores propios de cada hogar, uniformes de empleados y otros, garantiza que los residentes de cierta localidad tengan presente la existencia de un programa de reciclado de plásticos y colaboren con él.

2.- Consistencia.

La información consistente demanda una planeación extensiva. El plan que se introdujo al público y reforzado a través del tiempo sin grandes cambios trae como consecuencia la maximización de la participación ciudadana. Normalmente, las alteraciones frecuentes a las reglas del programa de recolección puede producir confusión en la población y con ello un mejor nivel de participación.

3.- Claridad.

La información debe de ser concisa y fácil de entender. Esta también deben estar reforzada a través de graficas y señales.

Usando grandes señales y pocas palabras casi toda la gente observará las instrucciones por un breve tiempo, alrededor de 10 a 15 segundos. Unas instrucciones limpias y simples acerca del reciclado ayudarán a la participación y calidad de los materiales recolectados.

La información básica del programa de recolección del reciclado de los plásticos debe cubrir:

- Tipo de materiales que deben ser depositados. Se debe de anexar una lista de productos que se incluyen dentro del programa de reciclado y adicionalmente los que quedan excluidos.
- Tratamiento de materiales antes de ser depositados.
- Remover las tapas de los recipientes cuando sea necesario.
- Forma de separar el material.
- Si se desea indicar sobre la reducción del volumen de los plásticos.
- El horario en que se recogerán los desechos.
- Indicar el lugar en donde se recogerán los materiales (sólo aplicable cuando se utilicen contenedores en las colonias).
- Se debe especificar la dirección y el teléfono a donde pueden de recurrir en caso de necesitar mayor información.

4.6 Procesos disponibles de reciclado de plástico.

a) Generalidades.

Una vez que se analizan los criterios presentados anteriormente para la elección de un programa eficiente de recolección de materiales plásticos susceptibles al reciclado, la educación y conscientización de la población, el implemento de la campaña publicitaria y el entrenamiento del personal, ahora se deben tomar en cuenta el proceso de reciclado idóneo a utilizar dependiendo del resultado del análisis anterior, ya que el programa de recolección, el tipo de plástico(s) a recolectar y el proceso de reciclado escogido deben dar como resultado la máxima eficiencia del sistema.

Previamente al método de reciclado el material debe pasar por una serie de etapas anteriores para estar listo para su procesamiento, dentro de estas se encuentra la limpieza, caracterización y clasificación del material.

En países industrializados, principalmente en los E.U. se han elaborado numerosos estudios sobre distintos tipos de equipo para el reciclado, en el caso de "Rugers University's Center for Plastics Recycling Research (New Brunswick, NJ)" en donde se ha encontrado que el cuello de botella para el reciclado de los plásticos se encuentra en la separación de los mismos, a partir de la basura municipal. Para resolver tal problema se ha diseñado un proceso en donde se separan los plásticos por medio de solventes.⁶

A continuación se presentan los procesos que a través del tiempo han comprobado ser los más eficientes y económicos hasta ahora, pudiendo estos ser modificados de acuerdo a los requerimientos propios de cada región.

b) Limpieza.

Debido a que la fuente de abastecimiento de plásticos proviene directamente de la basura, ya sea la municipal o recolectada a domicilio, el material contiene una infinidad de impurezas tales como lodo, mugre, etiquetas, adhesivos y materiales residuales en general, lo cual entorpece el proceso de reciclado y lleva necesariamente a un proceso de limpieza inicial.

Las etiquetas y adhesivos que están presentes en los desechos plásticos en muchas ocasiones son muy difíciles de retirar, existen varias formas de llevar a cabo la operación, todas toman su tiempo determinado y se deben de realizar de tal forma que no afecte al plástico.

Dentro de los trabajos desarrollados por el "The U.S. Bureau of Mines.", destacan los métodos de agitación empleados en el tratamiento del polietileno, cuya procedencia fué de las botellas encontradas en los depósitos de basura. El método consiste en la

⁶ Rotman D. "Solid waste is a mushy problem". Chemicalweek, December 20/27, 1989.

trituration de las botellas, se hace una mezcla de agua caliente y fría, alcohol, hidróxido de sodio, acetona y benceno. Una vez hecha la mezcla se utilizaron varios procedimientos para la agitación de la solución con el material, entre ellos destacan la ultrasónica y por medio de paletas, junto con ello se realizó un lavado por fricción.

El primer paso fue triturar el polietileno hasta un tamaño de partícula de aproximadamente 0.5 pulgadas, para ello se empleó un molino rotatorio de cuchillas. Posteriormente para remover las partículas ligeras se utilizó una corriente de aire a través del material.

Para la eliminación de los contaminantes que se encontraban más adheridos al material tales como las etiquetas y adhesivos, se utilizaron diferentes tipos de soluciones y métodos de agitación. La mezcla del hidróxido de sodio 1 N conteniendo 150 gramos de arena por litro de solución en una muestra de 1.2 kg. de plástico en 6 litros de solución, fue la que mejor funcionó para remover dichos contaminantes, quedando la muestra lo suficientemente limpia (98%) para llevar a cabo el siguiente paso en la transformación del material.⁷

c) Identificación.

Esta operación consiste específicamente en realizar un análisis de la distribución relativa del porcentaje en peso de los diferentes componentes plásticos de los desperdicios recolectados en una comunidad. En la Tabla 21 se hace referencia a los niveles de recuperación posibles para las comunidades de los E.U., siendo estos niveles variables dependiendo del lugar donde se lleve a cabo el estudio.

Para hacer una identificación de los tipos de plásticos presentes, se cuentan con diversos métodos como son:

- Espectroscopia de masa.
- Análisis térmico diferencial.
- Espectroscopia al infrarrojo.

7 Esquivel Quiroz Jorge 1984 "Metodos de reciclado para desechos plasticos." 1984 U.N.A.M. pag. 53.

- Análisis termogravimétrico.
- Cromatografía de gases.
- Disolución selectiva

pero para una identificación más rápida y práctica durante la recolección se usa el color, tacto y tipo de presentación.

d) Separación.

Una parte importante dentro del proceso de reciclado es la separación de cada tipo de plástico que se recolectan, ya que para cada tipo de plástico existe un método específico que maximiza la operación del reciclado.

Existiendo impurezas en la materia prima a utilizar la pureza del producto terminado y el rendimiento de la operación se ve seriamente afectadas. Esto se debe principalmente a la modificación de las propiedades del plástico que será reciclado, producto de la mezcla de materiales y la degradación de los mismos plásticos.

Existen diversos métodos de separación para los desechos plásticos recolectados. Estos se clasifican en tres grupos: manual, físico y químico.

1.- Separación manual.

Consiste primordialmente en la identificación plena del material por métodos fáciles, rápidos y seguros. Se utiliza personal que llevará a cabo la separación de cada tipo de plástico.

El código impreso en el artículo facilitará la operación en la identificación del plástico que se ha recolectado.

2.- Separación física.

Estos están basados esencialmente en la forma, densidad y propiedades eléctricas de los plásticos. Estos son aplicados principalmente a las poliolefinas, poliestireno,

polipropileno, termofijos en general, películas plásticas, espumas plásticas y de fibras con recubrimientos plásticos.

Los métodos más comunes son:

- **Clasificación por aire:** consiste esencialmente en la separación de una fracción pesada y una ligera aplicando una corriente de aire. Este tipo de separación debe de incluir un tratamiento preliminar en la mezcla de desechos tal como el desmenuzamiento, separación magnética y tamizado.

- **Método del cilindro caliente:** consiste en transportar los desperdicios por medio de una banda transportadora por debajo de un cilindro caliente colocado sobre el paso del desecho.

La porción plástica de los desechos se adhiere al contacto con el cilindro, de donde es raspada por una cuchilla fija a un segundo transportador.

- **Método de contracción por calor:** este método fué diseñado para eliminar películas termoplásticas de desechos de papel. Consiste en transportar la mezcla de desechos de baja densidad en una corriente de gas ocasionando una contracción a la parte termoplástica, pasando posteriormente a un separador por aire.

- **Método de separación de medio acuoso:** por medio de la densidad de los termoplásticos cuya densidad es muy parecida a la del agua y varía de tal forma que favorece la utilización de métodos gravitatorios para su separación.

- **Método de separación electrostático:** este método se utiliza para una separación electrodinámica de materiales de desecho. Opera de la siguiente manera:

El material es triturado entre 1 a 3 pulgadas, se alimenta al separador por medio de un alimentador vibratorio, luego pasa a un tambor rotatorio eléctricamente cargado, enfrente del tambor se encuentra un electrodo que genera un campo eléctrico, el electrodo atrae al papel mientras que el plástico se adhiere al tambor y es removido por una cuchilla en la parte inferior de éste.

Este método también sirve para la separación de los metales, lo que genera que el metal sea atraído por el electrodo ya que es un material más conductor que el papel. Por lo tanto se tendrá ahora tres compartimientos para recolectar los diferentes materiales.⁸

3.- Separación química.

Este método de separación ha sido desarrollado por el "Rensselaer Polytechnic Institute (Troy, NY)", consiste básicamente en moler los desperdicios plásticos y depositarlos en un recipiente que contengan solvente, tal como el xileno. Posteriormente se incrementa la temperatura y se disuelve cada tipo de plástico presente uno por uno.⁹

e) Recuperación.

Después de obtener una mezcla de plásticos por medio de un método de separación se llevará a cabo la recuperación de los diferentes tipos de plásticos presentes. Las principales técnicas de recuperación son:

1.- Técnica de recuperación desarrollada por "The Bureau of Mines".

Una muestra de desechos plásticos coleccionada en una población de E.U. se le practicaron varios ensayos para determinar su contenido; primero se separó de sus componentes primarios. El primer paso fué la trituración del material hasta obtener un tamaño aproximado de 4 pulgadas. Se lavó con agua y arena a una temperatura de 50 a 60°C. Una vez realizada esta operación la muestra fué secada con aire a 85°C.

8 "PET Recycling Technology is available for licensing." Plastic World. Marzo 1987.

9 Esquivel, op cit. pag 58.

CONCENTRADO DE DESECHOS PLASTICOS
DE BLACK CLAWSON

88

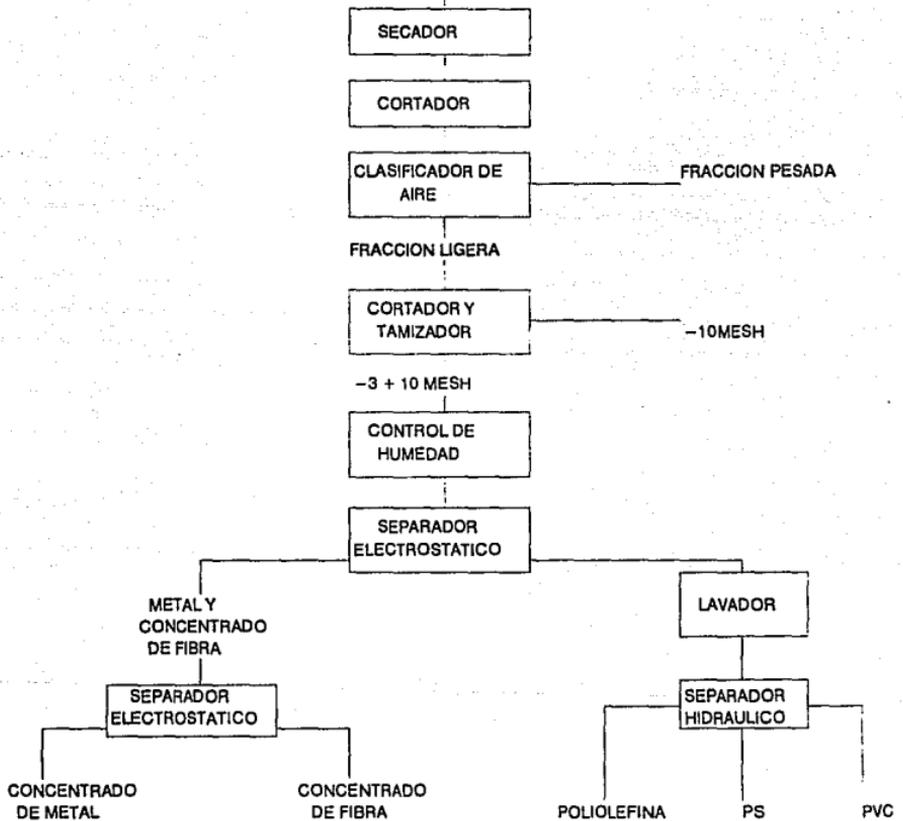


DIAGRAMA 4 DIAGRAMA DE PROCESO PARA RECUPERACION DE PLASTICOS,
METAL Y FIBRA DEL CONCENTRADO DE CLAWSON.

Aproximadamente el 20% del material de esta muestra se pasó por un tamizado y posteriormente por un separador hidráulico. El resultado final indica un alto contenido poliolefínico sobre todo de polietileno.

2.- Técnica de recuperación "The Black Clawson Fiberclaim Urban Refuse Recovery System".

Para esta técnica se obtuvo una muestra de materiales de desperdicio y se trituró hasta un tamaño de 2 pulgadas, clasificándose posteriormente por medio de aire. El 25% de la fracción pesada del separador de aire contuvo el 45% del total de plásticos, el resto del contenido de plástico se obtuvo en la fracción ligera del separador.

La fracción pesada se concentró un 95% de desecho de plástico por medio de una molienda y tamizado del material, juntamente con una separación electrostática. Este proceso recuperó 99% de plástico contenido en la fracción pesada del separador de aire. Las pérdidas que se obtuvieron fueron a causa de la fracción ligera del separador.

El plástico recuperado se lavó con agua y arena a una temperatura de 50 a 60°C. Finalmente la mezcla se separó en sus principales componentes a través de un separador hidráulico.¹⁰

3.- Técnica de recuperación "The Bureau's College Park Metallurgy Research Center".

La muestra seleccionada se trituró a un tamaño de 3 pulgadas. La mezcla se separó en sus elementos primarios por medio de un separador de aire en cuya fracción ligera se encontraron películas y espumas plásticas en un 69% en peso, en la parte pesada se encontró el 31% restante.

¹⁰ Esquivel, op cit pag 61.

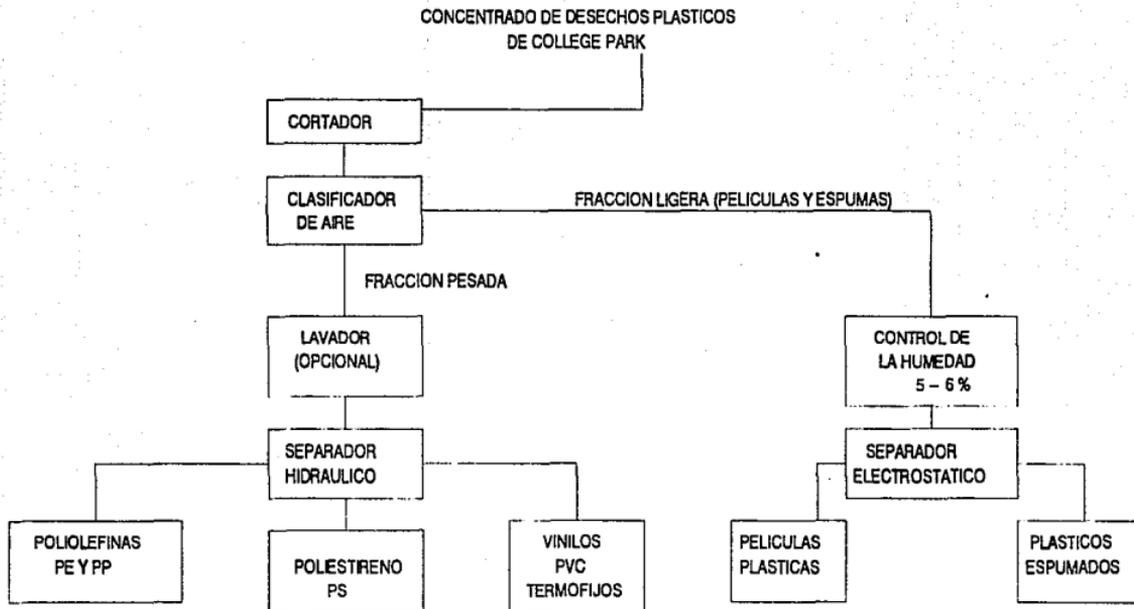


DIAGRAMA 5 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE SEPARACION DE DESECHOS PLASTICOS CONTENIENDO ALTO PORCENTAJE DE PELICULAS Y ESPUMAS.

Para la fracción ligera se empleó un separador electrostático cuyo objetivo principal es la recuperación de las películas y espumas plásticas. Para la fracción pesada se recuperaron sus componentes por medio de un separador hidráulico.

El resultado obtenido por medio de esta técnica de recuperación fué de 72% en peso de poliolefinas, 21% de PVC y 6% de poliestireno.¹¹

4.7 Métodos para el reciclado de plástico.

A continuación se describirán los diferentes sistemas de procesamiento basados en las operaciones unitarias de recuperación y separación de los desechos plásticos, es decir, el reciclados de éstos.

Existen tres tipos de métodos principales para el aprovechamiento de los desechos plásticos:

- Refabricación directa.
- Recuperación de sus componentes químicos.
- Fabricación de artículos a partir de desechos plásticos inapropiados para llevarse a cabo en un proceso directo en un equipo convencional para plásticos.

a) Refabricación directa.

Este tipo de reciclado por lo general involucra el manejo del material muy limpio, libre de contaminantes y sin ningún problema en su procesabilidad para la producción de diversos artículos. Algunos de estos materiales pueden ser directamente reprocesados mientras que otros necesitan de materia virgen adicional en diversos rangos de tolerancia (dependiendo del artículo a fabricar).

¹¹ Fitzel P. "Modernizing the Recycling Grind." Beverage World, Junio 1987, p. 43.

Este tipo de proceso presenta una serie de ventajas y desventajas. La mayoría de las veces se presentan una serie de problemas técnicos los cuales tienen su origen por diferentes causas, dependiendo tanto del material que se está usando como del proceso y del producto que se quiere manufacturar. Estos problemas por lo general son:

La degradación del material debido a los procesos que sufre, lo cual provoca la caída de propiedades inherentes del material, tal como la apariencia, resistencia química, reprocesabilidad y propiedades mecánicas; también se puede provocar en caso contrario la contaminación del material en el momento de reprocesarlo y finalmente la dificultad de manejar algunas de las presentaciones especiales de los productos como las películas y algunas espumas de los plásticos tanto termofijos como termoplásticos.

Los medios mecánicos de los que se han obtenido buenos resultados para la relabificación incluyen el moldeo a presión, inyección, extrusión, laminado, por transferencia y termoformado.

1.- Moldeo a presión.

El moldeo a presión es el principal método por medio del cual son moldeados los plásticos termofijos.

Ya que los plásticos termofijos se endurecen debido a un cambio químico que es ayudado por la adición de calor. Consecuentemente esto hace que el moldeo a presión de termoplásticos sea mucho más lento que los termofijos.

El moldeo a presión resulta ideal para productos con áreas grandes y con dibujos profundos. Por este método se fabrican interruptores eléctricos, láminas plásticas, recipientes a presión utilizados en las cocinas, gabinetes para radios y televisores y algunos productos de uso común.¹²

2.- Moldeo por inyección.

Este método es el que se utiliza para procesar principalmente materiales termoplásticos

12 Happer C. A. "Handbook of Plastics and Elastomers". Mc Graw Hill. 1975 U.S.A.

tanto para la producción en masa como de alta velocidad. Los materiales que comúnmente se procesan de esta manera son los acrílicos, celulósicos, nylon, vinílicos, polipropileno, acetales, poliestireno y polietileno.

Las fases del moldeo por inyección son: cargar, calentar, inyectar en el molde, enfriar y expulsar. En una prensa de inyección se introduce el plástico por medio de un tolva y un tornillo sin fin que regula el paso del polvo de moldeo al interior de la cámara de calentamiento. La velocidad de paso esta sincronizada con el movimiento de un émbolo en el extremo de la cámara de calentamiento. Cuando el émbolo avanza en su carrera de inyección, empuja al polvo de moldeo plastificado por el calor y lo introduce en el molde.

Un extendedor colocado en la cámara hace uniforme el paso, impidiendo así el atrapamiento parcial del plástico. La mitad del molde es fija, la otra mitad se mueve hasta ocupar su posición a lo largo de un plano horizontal. Las dos secciones se mantienen firmemente cerradas por presión y se sueltan cuando el enfriamiento de la forma moldeada ha llegado a una fase suficiente para su endurecimiento. Entonces se realiza la expulsión por medio de barras de choque y pasadores.

Los termofijos también pueden ser moldeados por inyección pero el flujo del plástico a través del cilindro caliente debe de ser controlado con mucho cuidado o el material se puede endurecer o curar dentro del cilindro inutilizándolo.

El consumo típico de productos elaborados por este proceso incluye a los juguetes, locetas para paredes de cocina, contenedores para refrigeración, recipientes, moldes, ventiladores, parte para aparatos eléctricos y otros.²

3.- Moldeo por extrusión.

La extrusión es un proceso de moldeo para la producción de termoplásticos de tipo continuo y alargadas con formas seccionales consistentes, tales como: varillas, tubos, láminas y películas. En algunos aspectos es similar el moldeo por inyección y probablemente procesan en un tiempo dado un volumen de material mayor que cualquier otro tipo de moldeo.

² Happer loc cit.

A este proceso se le clasifica como un proceso continuo y seco en una máquina de tornillos sin fin. El material en polvo introducido en la máquina es empujado por un émbolo contra la pared del cilindro, en donde es plastificado por fricción y el calor de la camisa de vapor. El material plastificado pasa forzosamente por las matrices para producir artículos de las formas antes mencionadas. El material termoplástico sale de la matriz en estado blando, siendo llevado por una banda transportadora hasta que esta suficientemente frío para poder manejarlo. El artículo por lo general se suele enfriar por chorros de aire o baños de agua.

La extrusión se emplea generalmente por materiales termoplásticos. Los materiales generalmente procesados de esta forma son: acrílicos, fluorocarbónicos, nylon, estirénicos, polietileno y vinílicos. Frecuentemente se emplean adaptaciones especiales para la extrusión. Los alambres pueden ser recubiertos haciéndolos pasar por un dado de extrusión que va produciendo una especie de tubo plástico para su recubrimiento.

Algunas películas se hacen por extrusión de un tubo y posteriormente soplando aire para extenderlo y adelgazarlo a medida que se requiera. El tubo delgado es entonces rasgado y adelgazado para usarlo como película.¹⁴

4.- Moldeo por laminado.

Este método consiste en extender un plástico en láminas o hacerle pasar por una matriz por medio de un émbolo con la forma apropiada. Este método se aplica a los materiales termoplásticos. La matriz para el laminado se compone de una placa perforada, émbolo y placa de presión.

La lámina de plástico previamente calentada se pone sobre la placa matriz y los bordes se sujetan por la placa de presión. Después desciende el émbolo conformado y se estira en la matriz de manera que se ajusta estrechamente alrededor adoptando su forma. Una vez que el material se ha enfriado y endurecido se retira el émbolo y se saca la pieza.¹⁵

¹⁴ Happer loc. cit.

¹⁵ "Tecnología de Plásticos para Ingenieros". Manual del Ingeniero Técnico. 1981. URMO Ediciones, Madrid España, Vol. 4.

5.- Moldeo por transferencia.

Este método se aplica principalmente a los plásticos termofijos, siendo un procedimiento semejante al de la inyección. La operación se complica por el hecho que los plásticos termofijos conservan sus propiedades plásticas poco tiempo a temperaturas elevadas, en virtud de una aceleración de las reacciones químicas que convierte las resinas en masas duras e infusibles. Esto exige una minuciosa limitación del calor plastificante máximo a sólo la cantidad aproximada de moldeo necesario para cada descarga. En la práctica, esto significa cargar la cámara de caldeo sólo con la cantidad necesaria para cada ciclo.

El procedimiento difiere también del moldeo por inyección de termoplásticos, pues el molde se mantiene caliente constantemente para complementar la transformación del plástico.

El moldeo de termoplásticos por inyección dentro de un molde caliente se le ha llamado moldeo por transferencia, y en él se plastifica el plástico por contacto con las superficies calentadas en una cámara de presión, se hace fluir el material por un estrecho pasaje en el cual sigue el calentamiento, en algunos casos hasta las fases finales de la reacción. Se traslada el material rápidamente en estado fluente hasta un molde cerrado, se llena la cavidad sin bruscas variaciones de presión y finalmente cuando se enfría el material se expulsa del molde, quedando lista para otro ciclo de moldeo.¹⁶

6.- Moldeo por terformado.

Es un proceso que funciona por medio del sistema de vacío-extracción de aire contenido en un molde ayudado por la presión ejercida por un pistón, el cual provoca que una lámina tome la forma del molde.

Este proceso comprende una serie de etapas y equipos básicos para su realización.

1) Equipo de calentamiento.

- a) Horno con circulación de aire.
- b) Calentamiento infrarrojo.

¹⁶ Happer, loc. cit.

2) Equipo mecánico.

- a) Formado a presión.
- b) Formado a vacío con ayuda del pistón.
- d) Formado a presión o vacío con retorno.

Este proceso se encuentra generalizado a los termoplásticos laminados con el fin de obtener un número amplio de productos, como por ejemplo:

Poliestireno	----->	Vasos
PVC	----->	"Blister Pack"
Poliétileno	----->	Juguetes
Acrílicos	----->	Artículos de decoración

Cabe mencionar que este proceso es uno de los más fáciles de realizar, ya que se intenta aprovechar las propiedades inherentes de los materiales de buena formabilidad cuando estos se calientan volviendolos flexibles y maleables de manera similar a las láminas de hule.

En las Tablas 23, 24, 25, 26, 27 y 28 se encuentran los procesos más comunes y la factibilidad de procesamiento de cada uno de los materiales mencionados.

b) Recuperación de sus componentes químicos.

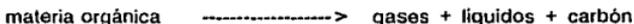
En la recuperación de los componentes químicos a partir de los desechos plásticos se involucra principalmente el proceso de la pirólisis. Dicho proceso se encuentra definido como la descomposición química y física de materiales orgánicos a causa del calor dentro de una atmósfera libre o deficiente de oxígeno. La pirólisis no es un proceso nuevo, se ha usado muchas veces en el pasado para la manufactura de muchos materiales derivados de la madera como son el carbón de leña, ácido acético y aguarras.

Gracias a la pirólisis es posible obtener productos químicos de todos aquellos desechos donde por lo general se aplicaban la incineración y relleno sanitario. Estos productos

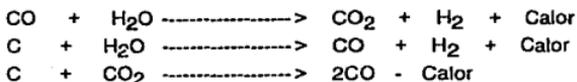
generados por la pirólisis tienen aplicación comercial dentro de los productos químicos o como combustibles dentro de diversas áreas. Las ventajas que ofrece la pirólisis son las siguientes:

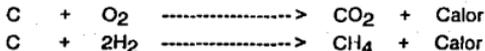
- La mayoría de los desperdicios y desechos pueden ser tratados mediante este método de manera económica y sin muchas complicaciones.
- El volumen de material se puede reducir en un 90% o más.
- El proceso de la pirólisis se controla de tal manera que no causa una contaminación ambiental por el desprendimiento de gases tóxicos.
- Gracias a que el proceso no requiere de espacios muy grandes, una planta puede localizarse dentro de una ciudad, lo cual arroja bajos costos en el manejo de materia prima.
- El proceso se encuentra como un producto de energía neta.
- La energía que se produce presenta formas convencionales de manejo como es el gas, aceite y carbón.
- Desde que se han implementado los procesos de oxidación durante la pirólisis del material, restos metálicos pueden ser recuperados una vez que la pirólisis ha concluido.

El proceso de pirólisis en contraposición con la incineración, es un proceso de reacciones endotérmicas en donde el calor se aplica en la separación de los componentes más volátiles. La reacción principal que se lleva a cabo es la siguiente:



Las reacciones secundarias son:





Los productos que participan en la pirólisis son en general gases, líquidos y carbón, mientras que los residuos sólidos siempre se presentan en forma de sólidos ligeros, cascajo de carbón o cenizas.¹⁷

La pirólisis ofrece un método adecuado y económicamente competitivo dentro de el reciclado de plásticos, sobre todo para la recuperación de combustibles y algunos químicos contenidos en los desechos plásticos.

Una de las aplicaciones novedosas de este tipo de procedimiento es la obtención de un combustible eficiente a partir de los plásticos de desecho. En Japón, el Laboratorio Gubernamental para el Desarrollo Industrial, desarrolló un método para obtener combustible en aceite a partir del plástico desechado.

El procedimiento implica pulverizar la basura de plásticos en tamaños de 10 a 20 milímetros, se calienta a 280°C. de esta forma se reduce el volumen a una sexta parte, el gas que se desprende es el cloruro de hidrógeno, el cual es recuperado y reciclado industrialmente como ácido clorhídrico.

El plástico residual fundido se coloca en un tanque para provocar su descomposición, se agrega un catalizador natural como el zeolite, entonces el punto de ruptura de cadenas y "desarme" de los componentes plásticos se obtiene a una temperatura de 430 a 460°C. De aquí se recibe una cera y un hidrocarburo en forma de vapor. Este hidrocarburo se desplaza por un tubo para producir un segundo rompimiento de cadenas ante el zeolite, el punto de rompimiento y desarme en este punto se logra a los 300°C y entonces se enfría con aire o agua.

¹⁷ "Encyclopedia of Science and Technology". Mc Graw Hill. (1960) U.S.A.

El resultado, es un combustible de aceite similar a la gasolina comercial y al keroseno. 1 kilogramo de plástico reciclado produce aproximadamente 1.2 litros de combustible.³

c) Fabricación de aquellos desechos plásticos inapropiados para llevarse a cabo en un proceso directo en equipos convencionales para plástico.

A pesar de que se han desarrollado técnicas novedosas, el reciclado de plásticos todavía se encuentra en proceso de investigación y desarrollo debido a varias razones:

- Los desechos plásticos se encuentran contaminados con materiales ajenos a estos como son el metal y la arena, lo cual pone en peligro el equipo a utilizar.
- Varios plásticos presentan incompatibilidad en la mezcla de desechos utilizados, por tal motivo los productos procesados con este tipo de mezclas carecen de buenas propiedades mecánicas.
- Una alimentación con las características ideales es difícil de conseguir, y en su defecto se debe de pasar por un tratamiento previo, lo cual aumenta los costos de fabricación.
- En cuanto a la producción de productos económicamente competitivos se deben de contar con vías de producción masivas de productos manufacturados.

La basura plástica puede tener diversos orígenes de donde se puede conseguir material con buenas características para el reciclado con el equipo utilizado para el procesamiento de desechos plásticos que no se pueden usar en equipo convencional. Estos orígenes de la basura plástica se encuentran clasificados dentro de cuatro categorías diferentes:

³ Ivan Molina Ochoa. "Gasolina hecha de los plásticos que van a la basura". El Economista. 20 de febrero de 1992. México.

1.- Plásticos de posconsumo recolectados en tiraderos.

Estos consisten en una mezcla de varios tipos de plásticos acompañados de materiales ajenos a la naturaleza de los mismos. En ocasiones la proporción contenida de plásticos en la mezcla es extremadamente pequeña, dando como resultado su incosteabilidad al quererla procesarla.

2.- Plásticos de posconsumo recolectados de material fuera de especificación.

La mayoría de las veces este tipo de desechos se encuentran en las producciones que no cumplen con los requisitos necesarios para ser 100% aceptable, como es el caso de algunos recipientes de leche y botellas. Es por esto que este material es ideal para llevar a cabo el reciclado, ya que por lo general esta formado por un sólo tipo de plástico y se encuentra en la mayoría de las veces libre de contaminantes ajenos al plástico.

3.- Mezclas de desechos industriales.

La alimentación necesaria se obtiene muchas veces de desechos mezclados de industrias, varios plásticos se presentan en la mezcla y en muchas ocasiones los agentes ajenos a los polímeros se encuentran en cantidades muy pequeñas.

4.- Desechos industriales consistentes es un sólo tipo de plástico.

Usualmente este tipo de desechos se encuentran contaminados con otro tipo de materiales ajenos a la naturaleza de los polímeros o a la basura plástica presenta grados altos de degradación, por lo cual no es conveniente utilizar los métodos de fabricación convencionales.

Desde que los productos obtenidos por medio de métodos no convencionales compiten con aquellos que requieren bajas características y costo (como es el caso de la madera), el uso de dichos métodos se ha desarrollado más en aquellas poblaciones en donde la producción y manufactura de muchos plásticos resulta extremadamente alto y costoso.

En la actualidad se han implementado nuevas tecnologías para este tipo de reciclado principalmente en Japón seguido por Europa, demostrando de esta manera que diversas técnicas se pueden aplicar para la óptima producción de diferentes tipos de artículos de los cuales destacan:

- Manejo de procesos de reprocesamiento con ligeras modificaciones presentadas en el equipo convencional de tratamiento de plásticos. Presenta una gran ventaja en poder contar con equipo no tan caro y comercialmente existente, pero las desventajas más sobresalientes se presenta en la producción, ya que se presentan gran diversidad de problemas durante la manufactura de los artículos, esto se debe a que el diseño en sí del equipo no es para ese tipo de materiales y como consecuencia se obtienen artículos de bajas propiedades.

- Llevar a cabo el procesamiento de los desechos mediante el uso de equipo especializado. Las ventajas que ofrece son las altas velocidades de producción con productos que presentan propiedades mecánicas razonablemente aceptables, pero la gran desventaja, al utilizar este tipo de equipo es el alto costo de la maquinaria y por lo tanto el precio de los artículos producidos puede ser muy superior a los elaborados con materia prima virgen.

- Modificaciones químicas dentro de la mezcla plástica. La ventaja que ofrece es la manufactura de productos con excelentes propiedades mecánicas, la desventaja es que el costo puede no llegar a ser el óptimo y no se resuelven sustancialmente los problemas que se presentan durante el proceso de reciclado.

- Uso del remolido en combinación con resina virgen. La gran ventaja es la producción de diversos artículos a un costo considerablemente bajo, pero la desventaja es que únicamente ciertos tipos de plásticos permiten la aplicación de este procedimiento.

- Aplicar estos recuperados como refuerzos o rellenos dentro de los materiales vírgenes. El beneficio es poder sustituir ciertos rellenos que implican la elevación de costos en el proceso siendo que el uso que se le puede dar es extremadamente limitado.

- Utilizar los materiales recuperados como la matriz del producto en combinación de algunos refuerzos o rellenos. Aquí el polímero sólo actúa como el punto de ligue entre el relleno o el refuerzo. La mayoría de las propiedades mecánicas son proporcionadas por el refuerzo, de aquí se deriva la desventaja que se presenta en

las aplicaciones potenciales de la resina final, ya que la esencia de la resina proviene de los plásticos reciclados cuyas propiedades son inferiores a las que presenta si fuese virgen.

Estos seis tipos diferentes de tratamientos listados anteriormente solo dos de ellos utilizan equipo especializado, cuatro aplican la resina remolida combinada con otros materiales y cinco utilizan el material de desecho pulverizado como rellenos y cargas dentro de otros polímeros de manera comercial.¹⁹

Realmente sería inconveniente mostrar la gama de equipo y maquinaria utilizado en estas formas de reciclado de plásticos, lo más importante es destacar que se debe de tomar en consideración todos y cada uno de los casos por los cuales no se pueden aplicar los métodos convencionales.

4.8 Utilización de los plásticos a partir de la basura municipal.

El valor real del procesamiento de los plásticos a partir de la basura municipal es para su reuso y no por el valor energético o químico que puedan proporcionar, sin embargo, se han encontrado muchas dificultades para poder realizar dicha operación, ya sea por problemas de tipo económico, tecnológico y para el caso de México se suman los intereses de tipo económico, sociales y políticos.

Una de las soluciones de este problema es el manejo de las mezclas de diferentes materiales, con propiedades inconsistentes o la separación de cada tipo de material. En el caso de los plásticos dicha separación en grupos genéricos resulta poco rentable actualmente.

¹⁹ Urbina, loc. cit.

Si se trata de manejo de mezclas de diferentes tipo de materiales es importante mantener un control sobre las características de flujo, lo que trae como consecuencia la obtención de productos con propiedades muy pobres.

Existen tres posibles soluciones para corregir este tipo de problemas:

- Desarrollar la tecnología adecuada para este tipo de operación.
- Realizar las modificaciones químicas a los desechos plásticos para obtener las propiedades requeridas.
- Utilización de los productos obtenidos de acuerdo a sus propiedades.

a) Procesamiento de las mezclas plásticas.

Existe una alternativa en el procesamiento de la basura municipal, que consiste en el procesamiento de los desechos pero enfocado principalmente a los desechos plásticos. Los procesos que desarrollados serán explicados a continuación:

1.- Convertidor Mitsubishi.

Esta máquina fué desarrollada en Japón por Mitsubishi Petrochemical, la cual puede reprocesar mezclas de PE, PP, PS y PVC provenientes de los desechos moldeados, películas y fibras.

Las restricciones que se tienen durante el proceso son:

- La proporción de poliestireno deberá ser menor de 20% en peso con el fin de mantener la resistencia al impacto.
- La proporción de PVC deberá ser menor del 50% en peso con el fin de prevenir la descomposición.

Alrededor de un 50% de materiales tales como la arena, papel y fibra de vidrio pueden ser adicionados a la mezcla para mejorar algunas propiedades.

En este tipo de proceso es difícil un control sobre las características de flujo, lo que trae como consecuencia que se presenten problemas durante el mismo y la obtención de productos incompatibles con propiedades mecánicas muy pobres.²⁰

2.- Convertidor Regal

Este sistema consiste en un moldeo a presión para la formación de hojas roladas a partir de mezclas de desechos plásticos. Fué diseñado por "The United Kingdom, Regal Packaging, Ltd."

Se alimenta al convertidor películas de material termoplástico recuperado donde se formarán las hojas. Por lo general el material termoplástico recuperado está contaminado por desechos de papel, madera, lodo y humedad, los cuales deben de ser eliminados para su procesamiento.

Estas hojas cuando son calentadas pueden ser moldeadas por compresión en una variedad de formas y tamaños. Las propiedades de las placas y las características de su formación dependen del tipo de desecho y pueden ser elaboradas para diferentes tipos de aplicación por medio del control de las proporciones de los diferentes constituyentes.

Las medidas que pueden ayudar a corregir las fallas más comunes son:

- Construir equipos especiales de procesamiento capaces de manejar mezclas plásticas más eficientemente.
- Realizar modificaciones químicas en los desechos plásticos que impartan propiedades mecánicas deseables a la mezcla.

b) Modificaciones químicas a las mezclas de desecho.

En E.U. se investigaron las propiedades mecánicas de una mezcla que contenía desechos plásticos consistentes en PE, PS y PVC. Los resultados que se obtuvieron

²⁰ Esquivel, loc cit.

en algunas características fueron mejores a los productos puros, pero en forma global se presentan características inferiores comparados con los productos procesados a partir de componentes puros.

Las formas que se sugieren para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de las mezclas de los plásticos desechados son las siguientes:

1.- Uso de compatibilizadores.

Un compatibilizador que ha presentado buenos resultados entre el PVC y PE es el Polietileno clorado.

En la Tabla 22 se muestran los resultados de las propiedades físicas de los desechos plásticos con adición de dicho compatibilizador.

Esto se debe a que la porción -CH₂- de la cadena es muy compatible con el PE y la porción -CHCl- es muy compatible con el PVC.

De los resultados obtenidos se observó que la estructura del Polietileno clorado juega un papel muy importante en las modificaciones realizadas a las mezclas, la cual tiene una aplicación potencial en el reciclado de plásticos que son recuperados a partir de la basura municipal.

- Entrecruzamiento químico.

El entrecruzamiento químico se ha sugerido ampliamente para mejorar las propiedades mecánicas de desechos plásticos evitándose así la necesidad de la separación de los plásticos por grupos genéricos.

Dicho entrecruzamiento consiste en un acoplamiento de radicales poliméricos. Es necesario para la obtención de buenos resultados la presencia de radicales libres. Se ha observado que el material entrecruzado aumenta su resistencia al impacto y se obtiene una mayor flexibilidad.

TABLA 22

**PROPIEDADES FISICAS DE DESECHOS PLASTICOS CON INCREMENTO
EN EL NIVEL DE PEC (Muestras moldeadas a Compresión)**

	ELONGACION % A	TENSION psi	IMPACTO lbf/in2	IMPACTO Kgm/cm2
DESECHO PLASTICO 100%	11.0	1450	0.0	0.000
15% PEC/85% DESECHO	11.7	1715	0.5	0.010
17.5% PEC/82.5% DESECHO	12.7	1690	0.5	0.012
20%PEC / 80% DESECHO	15.7	1715	0.8	0.016
22.5% PEC/77.5% DESECHO	17.7	1712	1.5	0.032
25% PEC/75% DESECHO	20.0	1600	1.6	0.034
27.5% PEC/72.5% DESECHO	22.0	1600	2.8	0.061
A 27.2% DE ADITIVOS INCREMENTA EN 100% LA ELONGACION.				

P O L I E T I L E N T E R E F T A L A T O
--

P R O C E S O	A	B	C
MOLDEO POR INYECCION	X		
EXTRUSION	X		
TRANSFERENCIA	X		
MOLDEO POR ESPUMA			
MOLDEO HIDRAULICO			
MOLDEO ROTACIONAL			
MOLDEO DE TERMOFIJOS REFORZADOS			
MOLDEO POR COMPRESION			
MOLDEO MECANICO			
VACIADO			

A = TECNICA DE PROCESAMIENTO MAS COMUN.

B = POSIBLE TECNICA CON DIFICULTADES.

C = UTILIZADA SOLO EN CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES.

P O L I E T I L E N O D E B A J A D E N S I D A D

PROCESO	A	B	C
MOLDEO POR INYECCION	X		
EXTRUSION	X		
TRANSFERENCIA	X		
MOLDEO POR ESPUMA	X		
MOLDEO HIDRAULICO			
MOLDEO ROTACIONAL	X		
MOLDEO DE TERMOFIJOS REFORZADOS			
MOLDEO POR COMPRESION			
MOLDEO MECANICO			
VACIADO			

A = TECNICA DE PROCESAMIENTO MAS COMUN.

B = POSIBLE TECNICA CON DIFICULTADES.

C = UTILIZADA SOLO EN CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES.

T A B L A 2 5

P O L I E T I L E N O D E A L T A D E N S I D A D

PROCESO	A	B	C
MOLDEO POR INYECCION	X		
EXTRUSION	X		
TRANSFERENCIA	X		
MOLDEO POR ESPUMA	X		
MOLDEO HIDRAULICO			
MOLDEO ROTACIONAL	X		
MOLDEO DE TERMOFIJOS REFORZADOS			
MOLDEO POR COMPRESION			X
MOLDEO MECANICO			X
VACIADO			

A = TECNICA DE PROCESAMIENTO MAS COMUN.

B = POSIBLE TECNICA CON DIFICULTADES.

C = UTILIZADA SOLO EN CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES.

T A B L A 2 6

C L O R U R O D E P O L I V I N I L O

PROCESO	A	B	C
MOLDEO POR INYECCION	X		
EXTRUSION	X		
TRANSFERENCIA	X		
MOLDEO POR ESPUMA	X		
MOLDEO HIDRAULICO	X		
MOLDEO ROTACIONAL	X		
MOLDEO DE TERMOFIJOS REFORZADOS			X
MOLDEO POR COMPRESION			X
MOLDEO MECANICO	X		
VACIADO	X		

A = TECNICA DE PROCESAMIENTO MAS COMUN.

B = POSIBLE TECNICA CON DIFICULTADES.

C = UTILIZADA SOLO EN CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES.

T A B L A 27

P O L I P R O P I L E N O

PROCESO	A	B	C
MOLDEO POR INYECCION	X		
EXTRUSION	X		
TRANSFERENCIA	X		
MOLDEO POR ESPUMA			
MOLDEO HIDRAULICO			
MOLDEO ROTACIONAL	X		
MOLDEO DE TERMOFIJOS REFORZADOS			
MOLDEO POR COMPRESION			
MOLDEO MECANICO			X
VACIADO			

A = TECNICA DE PROCESAMIENTO MAS COMUN.

B = POSIBLE TECNICA CON DIFICULTADES

C = UTILIZADA SOLO EN CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES.

T A B L A 2 8

P O L I E S T I R E N O

PROCESO	A	B	C
MOLDEO POR INYECCION	X		
EXTRUSION	X		
TRANSFERENCIA	X		
MOLDEO POR ESPUMA	X		
MOLDEO HIDRAULICO			
MOLDEO ROTACIONAL			
MOLDEO DE TERMOFIJOS REFORZADOS			
MOLDEO POR COMPRESION	X		
MOLDEO MECANICO			
VACIADO			X

A = TECNICA DE PROCESAMIENTO MAS COMUN.

B = POSIBLE TECNICA CON DIFICULTADES.

C = UTILIZADA SOLO EN CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES.

También se realizaron pruebas con espumas de PE obteniéndose resultados satisfactorios, este tipo de espumas pueden ser usados para la elaboración de materiales en paquete o aislamiento.

4.9 Características de degradación en el reciclado.

Durante el reciclado de los materiales plásticos tiene lugar una disminución de las propiedades físicas, químicas y mecánicas indistintamente del proceso empleado. Esto representa un verdadero problema para el reciclado de plásticos, ya que esta disminución de propiedades ocasiona que los productos terminados posean propiedades inferiores a los productos producidos con resina virgen.

Los cambios que presentan las propiedades de los polímeros son causadas en la mayoría de las veces por el esfuerzo térmico que estos sufren al ser reprocesados, además de que se presentan cambios en la estructura química de cada uno de ellos. Los cambios ocurridos dentro de la estructura molecular de los polímeros cuando se reprocesan son:

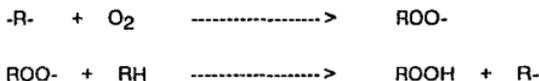
- La reducción del peso molecular promedio debido a las fracturas en la cadena polimérica.
- La formación de insaturaciones dentro de la cadena polimérica o ciclización causada principalmente por reacciones internas.

La degradación térmica y termo-oxidativa junto con el rompimiento de la cadena son los factores más importantes involucrados dentro de la degradación del material a reciclarse. Un decremento en el peso molecular del polímero causado por un corte de la cadena puede ocurrir al azar en áreas específicas a lo largo de la misma, cuando la ruptura se produce en la parte final de la cadena sólo se logra observar ligeros

efectos sobre las propiedades físicas del material, mientras que la evolución de los componentes volátiles dentro de la cadena puede provocar reacciones secundarias que repercuten directamente en la reprocessabilidad del material.⁵

Por otro lado, en aquellas reacciones en donde se incluye el tamaño y grupos sustituyentes dentro de la cadena, en el momento del reciclado se puede provocar la ciclización o formación de insaturaciones dentro de la misma, cuando estos problemas se combinan en la misma cadena y se ocasiona el endurecimiento de la cadena molecular. En cuanto a la degradación térmica, un ejemplo típico se aprecia en la deshidrohalogenación del PVC, ya que a temperaturas elevadas se forma el HCl dejando una estructura insaturada, donde el ácido funciona como catalizador y acelerador de la degradación del material.

La degradación termo-oxidativa se presenta durante la plastificación del material es imposible evitar la presencia de oxígeno, el cual es la causa de este tipo de degradación. La degradación puede provocar una ruptura total de la cadena o simples cortes de la misma que se ven reflejados en la dureza del material. La participación más importante de este tipo de degradación se ve representada en las reacciones de radicales libres, con ello se permite la incorporación de varias moléculas de oxígeno a la cadena:



Los hidroperóxidos formados en esta reacción son inestables a las temperaturas manejadas dentro del procesamiento de los materiales. Por lo tanto, estos hidroperóxidos se descomponen forman nuevos radicales libres dentro del material:



⁵ Urbina Villaseca Carlos. 1990 "Reciclado de plástico por medio de métodos de molienda criogénica". U.L.S.A.

Esta generación de nuevos radicales libres influye directamente en la curva de velocidad y autoaceleración de la reacción, la cual eventualmente balancea la reacción y da fin a la misma:



Algunos plásticos comerciables contienen dentro de su composición estabilizadores tales como aminas aromáticas y fenoles ramificados, los cuales capturan o remueven a los radicales libres:



La presencia de antioxidantes extiende el periodo de inducción en el proceso termo-oxidativo y la autoaceleración.

Aquellos termoplásticos reforzados básicamente con fibras o algunos rellenos orgánicos contribuyen grandemente al incremento de las propiedades mecánicas del material. La degradación de esas propiedades dentro de los materiales reforzados se deben a 3 factores importantes:

- La degradación del polímero.
- La degradación de la interfase polímero/esfuerzo.
- La degradación del esfuerzo o la carga dentro del polímero.

La degradación que se presenta en el polímero es básicamente la misma que sucede en casos de aquellos plásticos sin reforzar, aunque la mayoría de las veces el agente reforzador acelera la acción de degradación. Actualmente se sabe muy poco acerca del efecto que puede manifestar durante el procesamiento de este tipo de materiales ya sea en las propiedades del polímero o en la interfase formada. En la mayoría de los casos se ha considerado que el efecto es el mismo.

La efectividad de los materiales reforzados depende principalmente de las características presentadas por el agente reforzador, la cual es causada debido a las medidas del diámetro de las partículas del refuerzo u otras.²²

En aquellos procesos de altas temperaturas como el moldeo por extrusión y el moldeo por inyección el agente reforzador sufre alteraciones dentro de su estructura reduciendo de esta manera el rango de medidas presentada por éste. Durante procesos prolongados donde se manejan exposiciones prolongadas del material a la temperatura, la longitud promedio de las fibras se ve reducida de manera exponencial hasta un límite asintótico, aunque se ha considerado que los procesos no son la causa justa en la degradación de las fibras. El valor de este límite asintótico depende de las propiedades mecánicas del material de refuerzo que proporciona al plástico y de los esfuerzos de tipo físico y térmicos que sufre dicho plástico durante el procesamiento del mismo. Una ruptura del material provoca una baja en las propiedades esperadas.²³

La degradación de los plásticos durante el manejo de temperaturas elevadas se puede manifestar de diversas maneras:

- Cambio de viscosidad de la masa fundida, puede aumentar cuando se presenta una ruptura en la cadena o disminuir en caso de un corte molecular de la cadena.
- Cambio en las propiedades físicas como en la dureza, resistencia al impacto, maleabilidad y otros..
- Cambio en el color.
- Reducción de la resistencia química.²⁴

a) Consecuencias del reciclado de algunos plásticos.

Las experiencias obtenidas en varias compañías de E.U. y Europa, así también como en pruebas hechas en varios laboratorios de diferentes partes del mundo hacen notar que no todos los plásticos son igualmente sensibles a la degradación durante el procesamiento. La oxidación es un modo de degradación presentado en aquellos

²² Charles C. Winding. "Polymeric Materials", Mc Graw Hill Book Company (1961).

²³ Winding, loc cit.

²⁴ Urbina, op cit. pag 119.

materiales de baja densidad como el polietileno, manifestandose en la reducción del índice de fluidez. En el caso del reciclado del polipropileno, los resultados aparentes indican un aumento en el índice de fluidez y la caída total de la resistencia al impacto, este material es altamente sensible a la contaminación. Cuando por descuido se contamina se vuelve un material muy frágil, con manchas negruscas, algunas marcas de quemaduras y olor.

Cuando se recicla el poliestireno el material se vuelve muy sensible a la contaminación durante todo el proceso, causa la reducción y caída de algunas propiedades como la transparencia y el buen colorido del material. En cuanto a sus propiedades mecánicas sufren una disminución no muy considerable.

En continuos reciclados de PVC, los estabilizadores contenidos dentro del polímero se degradan y comienzan a amarillarse y emitir olor. El reprocesado de los acrílicos causa rayaduras en la pigmentación, sin embargo, para todas aquellas aplicaciones no delicadas se puede hacer un buen uso de material reciclado hasta en un 100%. Las poliamidas son fácilmente reciclables aunque también presentan alta sensibilidad de contaminación y tienden a obscurecerse con varias etapas de reciclaje.²⁵

4.10 Aplicación de los plásticos reciclados.

a) Polietilentereftalato.

Debido a que el recuperado de este material pierde ciertas propiedades en su peso molecular, su aplicación más importante se enfoca a la producción de fibras plásticas y algunas películas.

²⁵ Urbina, op. cit. pag 122.

Actualmente se le ha dado el uso para la manufactura de botellas cuyo contenido no sea comestible, geotextiles, contenedores de diversos tipos, pinturas industriales y como material de construcción para la industria marítima.²⁶

b) Polietileno de baja densidad.

El mercado de mayor demanda para el material reciclado es principalmente para la formación de películas de empaque, algunas laminaciones con otros materiales y especialmente para la manufactura de bolsas en general, especialmente aquellas donde las propiedades de rasgado no son muy altas.

No se utiliza como contenedor de alimentos, aunque encuentra un mercado muy amplio en el recubrimiento de cables de segunda mano, algunos juguetes y tuberías para riego.

c) Polietileno de alta densidad.

Gracias a las características de este material el HDPE reciclado encuentra excelentes campos de aplicación sobre todo en la manufactura de artículos para el hogar como son las cubetas, tinas, depósitos de agua, cajas de refresco, jaulas para animales, contenedores industriales, botellas para detergente, tarimas, tapas para algunos recipientes y tuberías de construcción.

Actualmente el uso más común de este material es en la manufactura de botellas de detergente y bases para las botellas de refresco.

d) Cloruro de polivinilo.

El reciclado de este material tiene usos extremadamente variados en los que se encuentran las siguientes: manufactura de algunas películas de empaque, fabricación

²⁶ "PET Recycling Technology is available for licensing". Plastic World, Marzo 1987. p.17

de bolsas, carteras y portacredenciales. La aplicación más fuerte es sin duda en el recubrimiento de cables, artículos para la limpieza.

Otra de sus aplicaciones es como relleno dentro de la resina virgen destinada a producir tarjetas de crédito.

e) Polipropileno.

Este plástico reciclado es uno de los más utilizados en la industria automotriz para la fabricación de partes para auto y baterías, también se utiliza para fibras industriales, geotextiles, alfombras, muebles, en la industria eléctrica (artículos de bajo riesgo), contenedores y para pelotas de golf.

f) Poliestireno.

Su aplicación principal se encuentra destinada a la manufactura de empaque para cosméticos sobre todo aquellos donde las características de transparencias no son demasiado altas, esto se debe a que en el reciclado pierde un poco de transparencia inherente contenida en la resina virgen. Otras aplicaciones son en el equipo y accesorios para oficinas, charolas para cafeterías, cajas de protección de instrumentos y productos para el hogar.

Básicamente su campo más fuerte se encuentra destinado al empaque de productos no alimenticios.

TABLA 29**CONSUMO EN U.S.A DE PLASTICOS RECICLADOS**
(EN MILLONES DE DOLARES)

	1990	1995¹	% CRECIMIENTO
RESINA			
HOMOGENEA			
PET	\$ 150	\$ 400	10%
OTRAS²	90	400	16
SUBTOTAL	240	800	13
MEZCLADA	10	50	17
TOTAL	250	850	13

1) EN DOLARES CONSTANTES DE 1990

2) SE INCLUYE LDPE, HDPE, PE, PP, PS Y PVC

FUENTE: STRATEGIC ANALYSIS (READING, PA.)

TABLA 30**ESTIMACION EN EL CRECIMIENTO EN LA DEMANDA
DE RESINAS RECICLADAS EN U.S.A****EN BILLONES DE LIBRAS**

1990	1995	2000
2.0	3.0	4.8

PORCENTAJE DE CRECIMIENTO ANUAL

1990-95	1995-2000	1990-2000
8%	10%	9%

EN MILLONES DE DOLARES ¹⁾

1990	1995	2000
\$350	\$750	\$1,200

PORCENTAJE DE CRECIMIENTO ANUAL

1990-95	1995-2000	1990-2000
16%	10%	13%

1) EN DOLARES CONSTANTES DE 1989

TABLA 31

**PAISES CONSUMIDORES DE PRODUCTOS PROVENIENTES
DE PLASTICOS RECICLADOS**

	BASURA PLASTICA	% BASURA	PLASTICOS RECICLADOS	No. COMPAÑIAS
	(MILES DE TO./AÑO)	(POR PESO)	(MILES DE TO./AÑO)	CANTIDAD
AUSTRIA	120	6.5	n/a	10.0
BELGICA	175	7.0	n/a	23.0
DINAMARCA	148	3.0	13.0	27.0
FINLANDIA	125	7.0	5.0	7.3
FRANCIA	800	5.0	2.7	2.8
ALEMANIA	1,000	5.4	500.0	10.0
HUNGRIA	160	6.0	40.0	150.0
ITALIA	1,245	7.2	400.0	600.0
JAPON	5,000	10.0	600.0	50.0
HOLANDA	600	7.0	100.0	3.0
NUEVA ZELANDA	80	18.0	10.0	98.0
ESPAÑA	776	7.0	80.0	20.0
SUIZA	250	8.0	25.0	20.0
REINO UNIDO	1,260	6.0	150.0	60.0
U.S.A	5,600	7.3	n/a	n/a
TOTAL	17,339	n/a	1,923.0	1,061.0

CAPITULO 5

MODELO ECONOMICO

Es necesario realizar un estudio de todos los costos involucrados dentro del programa de reciclado de plásticos, que van desde costos de publicidad hasta la adquisición y mantenimiento de los bienes de capital requeridos. Dicho estudio permitirá conocer la rentabilidad del proyecto y su conveniencia de llevarlo a cabo en una comunidad o a nivel nacional.

Con dicho estudio se busca también la maximización de la relación costo - beneficio de todos los gastos previstos, no siempre el precio más barato de compra es el conveniente.

A continuación se enumeran las principales recomendaciones sobre como manejar los costos lo más conveniente, la distribución equitativa de costos y el aumento de las ganancias en la recolección de plásticos u otros materiales reciclables.

a) Costos por volumen

Son todos aquellos costos asociados con la labor de recolección, equipo, tranportación, disposición de relleno de tierras y todo lo relacionado con el manejo por volumen. Es recomendable que los camiones recolectores efectúen la descarga cuando alcancen su capacidad máxima y no con sobrecarga.

b) La mano de obra como gasto más alto.

Cualquier medida que se tome para reducir la mano de obra en el manejo de los materiales llevará a un impacto positivo sobre la economía general del programa de reciclado. Se debe tener en cuenta el pago completo de los impuestos y la gama completa de los beneficios asociados con el salario, puesto que todo ello integra los costos reales de la mano de obra a utilizar. Normalmente el costo total por este concepto oscila desde un 30 hasta un 50%.

c) Consideración total de gastos.

La estimación aislada de los costos no permite tener una visión exacta de los costos que implica el programa y puede traer por consecuencia conclusiones falsas e

inefectivas acciones para el sistema. La programación del sistema debe determinar todos los costos asociados con la recolección, procesamiento y transportación, desde el punto donde se recolecta el material hasta el punto de disposición al mercado.

5.1 Sistema de cálculo de costos.

Existen por lo menos dos métodos usados comunmente para el cálculo de costos de un proyecto. En las páginas siguientes se expone los rubros y pasos para determinar un sistema de costos anual para el reciclado. Dicho cálculo debe ser tan confiable que permita calcular el costo promedio por tonelada de cada material en el programa de reciclado existente o planeado.

Otro método usado es aquel que envuelve un modelo ya diseñado por computadora, con el cual se pueden estimar, calcular y efectuar variaciones que permitan encontrar la forma más rentable de llevar a cabo el programa de reciclado.

5.2 Sistema de costos anual para el reciclado.

A continuación se presentan los costos generales, así como los beneficios involucrados dentro del programa de reciclado de plásticos. Este sistema de evaluación nos permite conocer la factibilidad del proyecto desde el punto de vista económico, lo cual es de gran importancia, ya que se manejarán dichos conceptos de la forma más conveniente.

Costo anual de recolección.	\$ _____ (A)
Costos de procesamiento.	+\$ _____ (B)
Costos de transportación.	+\$ _____ (C)
Ganancias recibidas por la venta de cada material reciclable.	-\$ _____ (D)
Ahorro proveniente de los costos de recolección.	-\$ _____ (E)
Ahorro proveniente del manejo de materiales.	-\$ _____ (F)
Costo neto anual.	= \$ _____

a) Determinación del costo anual de recolección.

* Costos de operación

1.- Costo de mano de obra (sueldos, impuestos y prestaciones). Incluyen costos administrativos.	\$ _____
2.- Operación de vehiculos y costos de mantenimiento.	\$ _____
3.- Otros gastos de recolección y mantenimiento de equipo fijo.	\$ _____
4.- Gastos de educación y promoción.	\$ _____
5.- Otros gastos de operación.	\$ _____
Total costos de operación.	= \$ _____

* Costos de capital (amortización)

6.- Camiones recolectores.	\$ _____
7.- Mantenimiento de equipo especializado.	\$ _____
8.- Costos de recipientes pequeños y bolsas para la recolección.	\$ _____
9.- Contenedores para la recolección	\$ _____
10.- Otros costos de capital	\$ _____
Costos totales de capital.	\$ _____
Costo Total Anual de Recolección (suma de los costos de operación y de capital).	\$ _____ (A)

b) Determinación del costo anual de procesamiento.

* Costos de operación

11.- Costo de mano de obra (sueldos, impuestos y prestaciones). Incluyen costos administrativos.	\$ _____
12.- Costos de mantenimiento de equipo.	\$ _____
13.- Costo de mantenimiento de construcciones.	\$ _____
14.- Otros costos de operación	\$ _____
Total costos de operación.	= \$ _____

* Costos de capital (amortización)

15.- Edificios.	\$ _____
(incluye tierras, edificios y construcciones. Amortizados sobre 20 años si es propio, o el pago anual de la renta).	
16.- Equipo de proceso.	\$ _____
17.- Otros costos de capital.	\$ _____
Balance total costos de capital.	= \$ _____
Costos Total Anual de Proceso.	= \$ _____ (B)
(suma de los costos de operación y de capital).	

c) Determinación de costos de trasportación

Se recomienda que los costos de transportación para materiales específicos sean pagados como un servicio hacia la compañía transportadora, de otra forma estos deberán ser pagados a través de la reducción del precio al adquirir el material.

Esto es, si se cuenta con centros de depósito cerca de las plantas de procesamiento, el público o las compañías recolectoras tendrán que ofrecer el producto hasta él, en cambio si se cuenta con depósitos distribuidos por la región, el precio de compra deberá ser menor de tal manera que se cubran los gastos originados por el transporte.(C)

d) Ganancias recibidas por la venta de cada material reciclable.

Por cada material recolectado, se debe multiplicar la cantidad anual producida por el valor de dicho material en el mercado (por tonelada). Para una obtener un dato más confiable se ha incluido para los materiales plásticos una tabla (ver Tabla 21) que permite estimar dicha cantidad, aunque dichos datos varían dependiendo de la comunidad en donde se este realizando dicho programa, ya que las cantidades y calidad de cada plástico varían en diferentes regiones.(D)

e) Ahorro proveniente de los costos de recolección.

Al separar los materiales reciclables de los demás desechos se generan costos adicionales, además de los existentes costos que se requieren para su recolección y

transportación a los centros de acopio.

Para un mejor manejo de los recursos se deben de eliminar o no adquirir los camiones que no poseen la capacidad suficiente, esto es, que no puedan completar sus rutas establecidas o cubrir el número necesario de paradas para la recolección de los materiales (cada uno de ellos posee las características que se adecuan al tipo de reciclado y a las necesidades del programa) en un día de trabajo. (E)

Para eliminar la dificultad de compactar los materiales reciclables tales como los plásticos o cartón corrugado, es necesario contar con una compactación eficiente, que permita manejar grandes cantidades de material por carga. Si la cantidad de camiones y de personal se disminuye al mínimo indispensable, se obtendrá una reducción en los gastos importantes en el programa de reciclado de plásticos

Si el programa de recolección de plásticos se lleva a cabo en forma alterna a un sistema de manejo de materiales de desecho, se estarán duplicando los costos de recolección. Esta es la razón principal por la que se debe integrar el programa de recolección de plásticos al sistema de manejo de materiales de desecho, de esta manera se ahorra sensiblemente en todos los gastos de recolección.

f) Ahorro proveniente por manejo de materiales.

Si el manejo de materiales de desecho se realiza bajo contrato con una organización independiente, las ganancias serán por metro cúbico o tonelada. El cálculo de la inversión puede estimarse por unidad de volumen (metro cúbico o tonelada), que se separa de la fuente de desechos.

* Relleno Sanitario:

Para determinar los costos por metro o yarda cúbica que se emplearán para un relleno sanitario se deben considerar lo siguiente: Costos de amortización de capital por el terreno que se utiliza; costos de equipo (bulldozer, compactadoras y otros); costos originados durante el desarrollo del relleno sanitario; estimación final del relleno sanitario dividida por la estimación del tiempo de vida del mismo; evaluación total de los costos incluyendo los costos de operación y mantenimiento (incluyendo trabaja-

dores, equipo, monitoreo y controles ambientales). Algunas organizaciones también incluyen los costos por pérdida de propiedad del relleno sanitario debido al uso que se le dará en el futuro.

18.- Volúmen de material separado proveniente de la fuente de desecho (metro cúbico).	\$ _____
19.- Multiplicado por el costo por metro cúbico del relleno sanitario.	\$ _____
Ahorros provenientes del manejo del material.	= \$ _____ (F)

* Incineración:

A continuación se presenta como calcular el ahorro posible involucrado por tonelada de material en el incinerador.

20.- Toneladas de material separado proveniente de la basura municipal.	\$ _____
21.- Multiplicado por el costo por tonelada involucrados en la incineración.	\$ _____
Ahorros provenientes del manejo del material en la incineración.	= \$ _____ (F)

5.3 Costos derivados de los materiales reciclables.

Una vez calculado el Sistema de Costos Totales de Reciclado, el siguiente paso es realizar un balance de los costos originados por la recolección de los materiales reciclables y su procesamiento, así también por las ganancias y ahorros derivados de estos mismos. Pequeños ajustes son requeridos cuando se maneja materiales mezclados durante la recolección y sistemas para separar los materiales reciclables.

Para determinar la proporción del total de costos del programa de reciclado que son originados por la recolección de cada uno de los materiales reciclables (p. ejem. aluminio, plástico, papel, acero y vidrio), se presenta a continuación el balance requerido.

* Recolección de materiales mezclados.

- 22.- Costos de recolección anual.
- 23.- Multiplicar por el porcentaje de la capacidad utilizada por el material reciclable en los camiones recolectores (nombre del material).
- 24.- Balance de los costos anuales de recolección (nombre del material)
- 25.- Costos de procesamiento (nombre del material).
- 26.- Costos de transporte (nombre del material)
- 27.- Menos las ganancias provenientes de la venta (nombre del material).
- 28.- Ahorros provenientes de la recolección.
- 29.- Ahorros por manejo de material.
- Balance del costo neto para reciclar un tipo de material considerando base anual (nombre del material).

\$ _____

\$ _____

= \$ _____

\$ _____

\$ _____

-\$ _____

-\$ _____

-\$ _____

-\$ _____

-\$ _____

= \$ _____

* Recolección de materiales separados.

- 30.- Costos de equipos de recolección (sumar líneas 2 y 6)
- 31.- Multiplicar por el porcentaje de la capacidad utilizada por el material reciclable en los camiones recolectores (nombre del material).
- 32.- Balance de los costos de equipos de recolección para ser distribuidos (nombre del material)
- 33.- Amortización de costos específicos para la densificación y/o almacenaje (nombre del material).
- 34.- Balance de costos del total de equipo (nombre del material).
- 35.- Costo anual de trabajo de recolección.
- 36.- Multiplicado por el porcentaje de tiempo empleado para la recolección (nombre del material).

\$ _____

X _____

= \$ _____

+ \$ _____

= \$ _____

\$ _____

X _____

37.- Costos totales por trabajo (nombre del material).	= _____
38.- Costos fijos de los materiales reciclables (sumar los puntos 4, 5 y 8 y dividirlo entre el número total de materiales reciclables recolectados).	+ \$ _____
39.- Balance total de costos totales por recolección (nombre del material) (sumar líneas 34,37 y 38).	= \$ _____
40.- Costos de procesamiento (nombre del material).	\$ _____
41.- Costos de transporte (nombre del material)	+ \$ _____
42.- Ganancias obtenidas por venta (nombre del material).	-\$ _____
43.- Ahorro obtenido durante la recolección.	-\$ _____
44.- Ahorro obtenido por el manejo del material.	-\$ _____
45.- Balance de costos netos para el reciclado (nombre del material) sobre una base anual.	= \$ _____

a) Determinación del porcentaje que ocupa cada material reciclable dentro de los camiones recolectores.

Se debe dividir el espacio requerido para acomodar un material en particular entre la capacidad total del vehículo. Por ejemplo, si abordo del compactador de plásticos se ocupan 3 metros cúbicos de un camión cuya capacidad es de 30, obtenemos un 10% de la capacidad del camión, con lo cual se debe de distribuir el 10% del costo total del transporte a los plásticos, de ahí nace la importancia de compactar bien los plásticos.

b) Estimación de costos de procesamiento de un material en particular.

45.- Costo total de procesamiento. \$ _____

46.- Costo de equipo especial usado por un tipo de material (estimación de los costos de amortización por cada parte del equipo distribuido por cada tipo de material).	-\$ _____
47.- Costos total del trabajo por cada material (p. ejem. clasificadores).	\$ _____
48.- Costos total de proceso en general.	= \$ _____
49.- Multiplicado por el porcentaje que comprende el tonelaje total anual del proceso (nombre del material).	X _____
50.- Balance de costos de proceso de un material específico.	= \$ _____
51.- Costos de equipo (nombre del material)	+\$ _____
52.- Costos de trabajo (nombre del material).	+\$ _____
Balance total de costos de procesamiento (nombre del material).	= \$ _____

c) Estimación del porcentaje de costos de trabajo durante la recolección y/o separación de cada material reciclable.

Según estudios realizados por algunas organizaciones de E.U. se estima que el porcentaje que se debe de distribuir a cada tipo de material que se va a reciclar es el siguiente:

Plásticos	12%
Vidrio	30%

Así, en este caso, los costos de trabajo deberán ser distribuidos por el porcentaje anteriormente mencionados. De igual forma en cada región se puede estimar el porcentaje a utilizar, no solamente del vidrio y plástico, sino de todos aquellos materiales que se presentan durante el proceso de recolección.¹

¹ The council for "Solid Waste Solution. Washington, D.C., E.U. 1990.

APENDICE A

PRODUCCION DE PLASTICO Y SU APROVECHAMIENTO (1991)

APENDICE A

PRODUCCION DE PLASTICO Y SU APROVECHAMIENTO (1991)

TIPO DE PLASTICO	CONSUMO (tons.)	BASURA (tons.)	TIPO DE BASURA	RECUPERACION (tons.)
POLIESTIRENO	115,000	70,000	Vaso de Yoghurt Charolas para carne Estuches de Cassettes	20,000
POLIPROPILENO	140,000	60,000	Película Envase Baterías automotrices Tapas Raffia	20,000
POLIETILEN TEREFTALATO	10,000	10,000	150 millones de envases	0
COLORURO DE POLIVINILO	160,000	70,000	Botellas Mangueras "Blister"	20,000

TIPO DE PLASTICO	CONSUMO (tons.)	BASURA (tons.)	TIPO DE BASURA	RECUPERACION (tons.)
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	250,000	140,000	Botellas Bolsas	30,000
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	370,000	300,000	Bolsas Tapas	60,000
OTROS PLASTICOS	25,000	200	Carcasas Piezas de ingeniería	50
TOTAL	1'350,000	650,000	mencionado anteriormente	150,000

FUENTE: Ing. Rafael Blanco, "Reciclado de Plásticos.... El Negocio de los 90'S". Plastinoticias. Enero 1992.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones y Recomendaciones.

La generación de basura en el D.F. y Zona Metropolitana se ha vuelto un problema que no sólo debe de ser solucionado por el Gobierno de la Ciudad, sino que también se requiere como parte medular la participación ciudadana, para poder llevar a cabo su control y disminución.

Gran parte de la basura se encuentra en los tiraderos (no recolectada por los pepenadores) la constituye la materia orgánica y los plásticos, siendo los más comunes el polipropileno, poliestireno, polietilentereftalato, cloruro de polivinilo, polietileno de alta y baja densidad, debido a su uso como artículos que son consumidos a gran escala.

Existe un nicho de mercado que no ha sido explotado, conituido en el proceso de llevar a cabo la recuperación y/o reciclado de productos plásticos. La cantidad de plástico que se puede procesar depende del tamaño y hábitos de consumo de la comunidad, por lo que es necesario seleccionar un mercado específico.

El Programa de Reciclado de Desechos Plasticos se diseño para recuperar los plásticos usados, aprovechar la organización, recursos, sistemas y personal involucrados en la recuperación y reaprovechamiento de los desechos en general, dando para ello diferentes posibles alternativas.

Con dicho programa se busca planificar el proceso de cambio para lograr equilibrar lo que se produce con lo que es desechado. Reciclar en vez de contaminar, no será el resultado únicamente de un proceso de educación ambiental ni tampoco de una acción parlamentaria, se requiere de una planificación urbana microregional sustentada en un proyecto económicamente viable, que se ajuste a los cambios de nivel social inherentes a la formación de una nueva cultura urbana de un modo ecológicamente válido. Esto origina la reducción de desechos sólidos, de fuentes de contaminación y mejoramiento del ambiente.

Se concluye que este proceso de transformación de hábitos en México, más específicamente en el D.F. y la zona metropolitana será muy lento y de ningún modo secuencial o lineal, al contrario es susceptible de avances y retrocesos de acuerdo a

Después de analizar el costo y los problemas originados en el tratamiento y manejo de la basura, se concluye que la solución más viable es no producir más basura. Para lo cual el diseño de diversos procesos y métodos de reciclado, basándose en la recolección y separación de materiales reciclables para transformarlos en productos útiles nuevamente. Sin embargo, es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan abatir costos y obtención de una eficiencia mayor.

El costo de operación y mantenimiento (incluyendo la recolección y separación selectiva así como la transformación de los desechos) tiene que ser compensados por los ingresos generados por la venta de los productos procesados, durante este proceso se debe contar con la ayuda del Gobierno ya que los ingresos generados no alcanzarán a cubrir todos los gastos generados en la operación (cuando se cubren todas las etapas del programa), por lo que el reciclado de plásticos actualmente se debe ver como una industria de tipo social, es decir, no se obtienen grandes ganancias pero sí el mejoramiento del ambiente y la reducción de los desechos plásticos.

El mercado para los productos plásticos reciclados es amplio y variado, esta explotación del mercado traerá consigo la generación de empleos permanentes en la comunidad destinados a actividades productivas, tanto en la operación y mantenimiento de las unidades de reciclaje como en las actividades productivas colaterales.

Por lo expuesto anteriormente se busca primordialmente lo siguiente:

Reducir,

Reusar,

Reciclar,

los desechos plásticos generados por una comunidad y se considera una solución al problema actual de los desechos del D.F. y la Zona Metropolitana.

CAPITULO 7

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- The Council for Solid Waste Solutions.
Washington, D.C. 1990.
- 2.- Ing. Marco Antonio Espejel. "Plásticos Fotodegradables" Panorama Plástico Vol. 7, febrero 1990.
- 3.- José Ignacio Rodríguez y Martínez. "Tirando la basura fuera de su lugar". El Economista. 20 de febrero de 1992.
- 4.- Castillo Berthier H. "La sociedad de la basura: caciquismo en la Ciudad de México". Instituto de Investigaciones Sociales. U.N.A.M. (1983).
- 5.- Stevens M. "Polymer Chemistry". Oxford University Press. N.Y. Oxford (1990).
- 6.- Bikales, Overberger, et al.- "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering".- Sección de Reciclado. Wiley-Interscience Publication, Canada. (1985).- Tomos II, V y XIV.
- 7.- Krause & Lange. "Introducción al Análisis Químico de los Plásticos". Primera edición, (1970). Editorial Blume, España.
- 8.- Wiley John. "Plastics Polymer Science and Technology". Cuarta Edición, 1982. John Wiley and sons Inc, U.S.A.

- 9.- Kline C.H. "Plastics Recycling Takes Off in the U.S.A." Chemistry & Industry, 7 August 1989, 17 July 1989.
- 10.- Rotman D. "Solid Waste is a Mushy Problem". Chemical-Week, December 20/27, 1989.
- 11.- "Handbook Plastics Materials and Technology" John Wiley and Sons, Inc. 1990, U.S.A. Irvin I. Rubin Editor.
- 12.- Billmeyer F.W. "Ciencia de los Polimeros". Herscience Publishers Inc., N.Y., 1978.
- 13.- Oria A. R. "Polipropileno." Plastinoticias. Enero 1986.
- 14.- Kinney. "Engineering Properties and Aplications of Plastics". John Wiley and Sons, Inc., U.S.A. 1968.
- 15.- Esquivel Quiroz Jorge. " Métodos de Reciclado para Desechos Plásticos". 1984 U.N.A.M.
- 16.- "PET Recycling Technology is Available for Licensing". Plastic World. Marzo 1987.
- 17.- Fitzel P. "Modernizing the Recycling Grind". Beverage World. Junio 1987.
- 18.- Urbina Villaseca Carlos. "Reciclado de Plástico por medio de Métodos de Molienda Criogénica". U.L.S.A. 1990.

- 19.- Happer C.A. "Handbook of Plastics and Elastomers" Mc Graw Hill. 1975 U.S.A.
- 20.- "Encyclopedia of Science and Technology" Mc Graw Hill. 1960 U.S.A.
- 21.- Ivan Molina Ochoa. "Gasolina hecha de los plásticos que van a la basura". El Economista. 20 de febrero de 1992.
- 22.- Tecnología de plásticos para Ingenieros. Manual del Ingeniero Técnico. 1981 URMO Ediciones, España Vol. 4.
- 23.- "PET, recycling, domit topics at SPE conference". Modern Plastics International Diciembre 1987.
- 24.- A. M. Thayer "Solid waste concerns spur plastic recycling efforts." Chemical Engineering News. Enero 30 de 1989.
- 25.- Charles C. Winding "Polimeric Materials". Mc Graw Hill Book Company 1961.
- 26.- Robert Laversuch "El HDPE reciclado: un gran volumen esperando una oportunidad". Revista de Plásticos Modernos INFOTEC No. 401 Octubre 1989.
- 27.- Jan C. Blair "Recycling Steps Right Up" Recovery World Junio 1987.
- 28.- Robert H. Perry et al. "Biblioteca del Ingeniero Químico" Mc Graw Hill. Segunda edición en español. Vol. VI Sec. 25.

- 29.- McCarthy M. "Recycled Plastic Wins Coverts: Coke and Pepsi". The Wall Street Journal December 5, 1990.
- 30.- Klefer D. M. "World Chemical Outlook". Chemical & Engineering. December 10, 1990.
- 31.- Serrano C. "El manejo de los Desperdicios Plásticos". Tecnología del Plástico. Edición 38.
- 32.- Goerth C. H. "California Gets Ready to Recycle" Packaging Digest. October 1987.
- 33.- Asociación Nacional de la Industria del Plástico "Reciclaje: El reto" Plasti-comunicación. Vol. 1 No. 6 Octubre 1990.