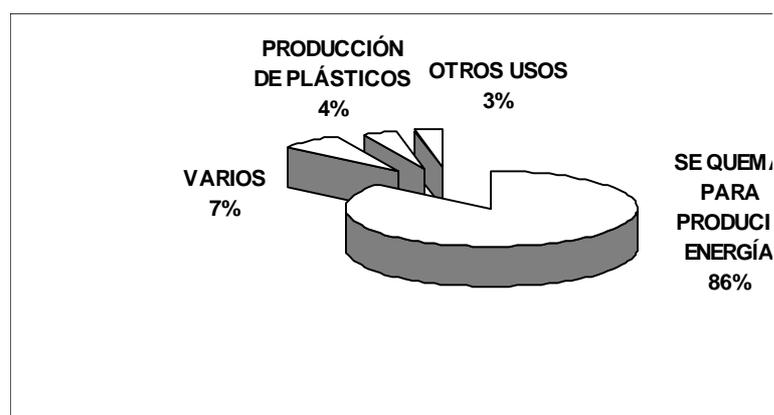


3.2 Plásticos

1 ¿Qué son los plásticos?

Los **plásticos** son materiales realizados con resinas (polímeros) sintéticas que proceden de recursos naturales, principalmente petróleo. Del total del petróleo usado, un 7% se destina para la industria petroquímica: de esta cantidad el 4% se utiliza para la producción de plásticos y el 3% para otros usos²⁸. (Figura 1)

FIGURA 1
Consumo de petróleo



Los **monómeros**, como el etileno, son las piezas fundamentales de la estructura de los plásticos.

Están formadas fundamentalmente por carbono e hidrógeno.

La unión de muchos monómeros constituyen un **polímero**, por ejemplo el polietileno. Los polímeros son cadenas de longitud variada, unidas entre sí por enlaces químicos. La reacción química que les da origen se conoce como polimerización.

Los dos grandes tipos de plásticos, los termoplásticos y los termofijos, se diferencian en sus características pues los primeros no presentan uniones químicas entre cadenas, mientras que los segundos sí³⁰.

En Uruguay, como en Brasil y Venezuela, el consumo de plástico a pesar de ser significativo, está todavía lejos del nivel de consumo de los países desarrollados.

CUADRO 1
Consumo per capita de plástico en algunos países³

País	Consumo (kg./hab.año)
EUA	70
Japón	54
Europa Occidental	40
Venezuela	14
Brasil	11
Uruguay	16 ^(a) - 25 ^(b)

(a): Consumo por habitante de materias primas plásticas promedio de 1994 y 1995, según Relevamiento Informativo sobre la Industria Plástica Latinoamericana, ALIPLAST.(26)

(b): Consumo por habitante del total de materias primas plásticas y artículos plásticos importados. Datos de setiembre de 1996, según relevamiento hecho por el proyecto PNUD/URU/91/008, "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", IMM - PNUD.(27)

El Cuadro 1 muestra que el consumo per capita de los países latinoamericanos aún es muy bajo comparado con el de los países desarrollados, por lo tanto, existe un espacio muy grande de demanda a ser satisfecha.

Por tal motivo, de inmediato se deben tomar medidas preventivas, para evitar que el problema de los residuos plásticos se agrave, ya que la no degradabilidad de los plásticos, si por un lado los acredita como materiales muy útiles, por el otro, luego de su uso, son vistos como residuos indeseables que se deben eliminar.

Como se apreciará más adelante, después de ser utilizados en la aplicación para la cual fueron diseñados, los plásticos pueden todavía ser muy útiles como material reciclado, o reutilizados para recuperación de componentes iniciales o como fuente energética.

2 Los plásticos como residuos

Dentro del gran desafío actual, al que se enfrentan las intendencias con respecto a la disposición final de los residuos sólidos, se encuentran los plásticos, que por su naturaleza química se caracterizan por presentar una gran resistencia a la biodegradación. Envases abandonados en el campo o la playa son las huellas habituales que los ciudadanos descuidados van dejando en el entorno.

El reaprovechar el plástico desechado en los residuos sólidos urbanos, vía cualquiera de las alternativas posibles, es una consideración que ha ganado un gran apoyo desde las diferentes entidades relacionadas. Este desecho que consiste en gran parte en envases desechables -bolsas, vasos, botellas, juguetes, etc.- representa un volumen significativo. La separación de los plásticos del resto de los residuos produce una serie de beneficios a la sociedad, como por ejemplo, aumento de la vida útil de los rellenos, mejora de la estética de la ciudad, generación de empleos, economía de energía, etc.

Aunque representen alrededor de un 11 % del peso total²⁹, los plásticos ocupan un porcentaje mucho mayor en el volumen de los residuos sólidos, lo cual contribuye a aumentar los costos de la recolección, el transporte y la disposición final. Como ilustración, basta decir que un camión, con capacidad de transportar 12 toneladas de residuos sólidos común, transportará apenas 6 a 7 toneladas de plástico compactado, o 2 toneladas de plástico sin compactar.

Cuando los residuos sólidos se depositan en vertederos, los problemas principales relacionados con el plástico provienen de la quema indebida y sin control. Cuando la disposición se hace en rellenos, los plásticos dificultan la compactación de los residuos, y perjudican la descomposición de los materiales biológicamente degradables, ya que forman capas impenetrables que afectan el movimiento de gases y líquidos generados en el proceso de biodegradación de la materia orgánica.

La quema indiscriminada de plásticos puede traer serios daños a las personas y al medio ambiente, debido a que ciertos plásticos al ser quemados generan gases tóxicos. Un caso extremo es el del cloruro de polivinilo (PVC), el cual al ser quemado libera cloro y puede originar la formación de ácido clorhídrico (muy corrosivo) y de dioxinas (sustancias altamente tóxicas y cancerígenas). (Ver este mismo capítulo, Parte 4, Incineración.)

Siendo así, su reducción y separación de los residuos sólidos son metas que se deben procurar con todo empeño. Los municipios que hoy sienten los problemas derivados de la dificultad en administrar adecuadamente los residuos urbanos, deben iniciar el trabajo hacia la resolución del problema para evitar que se vuelva más grave aún en los próximos años.

3 ¿Cuáles son los tipos de plásticos?

Dijimos que los plásticos se dividen en dos categorías: termoplásticos y termofijos.

Los **termofijos** o termoestables, son plásticos que una vez moldeados por uno de los procesos usuales de transformación, no pueden ya modificar su forma, lo cual impide un

nuevo procesamiento. El ejemplo más clásico es la baquelita (resinas fenólicas) en los enchufes u asas de recipientes. También se pueden citar: las resinas epoxídicas utilizadas en adhesivos y componentes del automóvil; y los poliuretanos (PU), empleados en colchones, rellenos de tapicería, recubrimientos y acabados³⁰.

Estos materiales, aún cuando no puedan ser moldeados más de una vez, se pueden todavía utilizar para otras aplicaciones, como cargas inertes luego de ser molidos, o pueden incorporarse en composición con otros elementos como acondicionadores de asfalto, etc.

Los **termoplásticos**, más ampliamente utilizados, son materiales que pueden ser procesados varias veces según el mismo o un diferente proceso de transformación. Cuando se someten a temperatura y presión adecuadas se funden y pueden moldearse otra vez. Como ejemplo, pueden citarse: el polietileno de baja densidad (PEBD); el polietileno de alta densidad (PEAD); el cloruro de polivinilo (PVC); el poliestireno (PS); el poliestireno expandido (EPS); el polipropileno (PP); el polietileno tereftalato (PET); las poliamidas (PA); y muchos otros.

4 ¿Cuáles son los plásticos de mayor consumo?

Dentro de la gran variedad de resinas termoplásticas, apenas seis representan cerca del 90% del consumo: PEBD, PEAD, PP, PS, PVC y PET. En el Cuadro 2 se muestra la progresión en el consumo de materiales plásticos en Uruguay.

Plástico	1994 ^(a)	1995 ^(a)	1996 ^(b)
PEAD	10.2	8.1	
PEBD	21.5	16.0	28.2 ^(c)
PP	5.6	4.9	18.5
PS	1.7	1.3	
EPS	0.7	0.7	4.1 ^(c)
PVC	8.3	10.7	13.0
PET	-	-	4.1

(a): según Relevamiento Informativo sobre la Industria Plástica Latinoamericana, ALIPLAST.

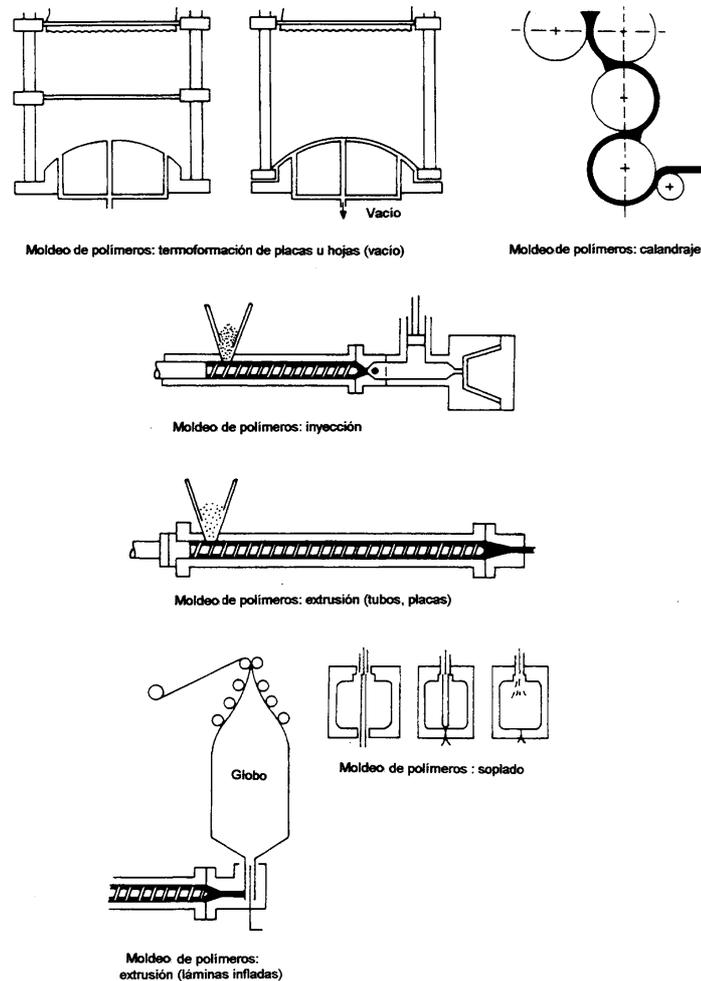
(b): según relevamiento hecho por el proyecto PNUD/URU/91/008, "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", IMM - PNUD, setiembre de 1996.

(c): los datos disponibles no separan entre polietileno de alta y de baja, ni entre poliestireno y poliestireno expandido.

5 ¿Cuáles son los procesos para fabricar artículos plásticos?

Los plásticos pueden ser fabricados o transformados mediante diversas tecnologías o procesos (Figura 2). Los más importantes son: inyección, moldeo por soplado, termoformaje, extrusión, rotomoldaje y calandraje. Algunos procesos, como la extrusión y el calandraje, se aplican a la fabricación de productos semielaborados (laminados, perfiles, tubos, hojas plásticas, etc.), mientras otros se aplican en la fabricación de productos acabados, como piezas de máquinas (inyección) o de recipientes, frascos y botellas (soplado, termoformaje, inyección, etc.).

FIGURA 2
Procesos de transformación de los plásticos



6 ¿Dónde se generan los desechos plásticos?

A nivel industrial: cualquiera que sea la tecnología utilizada en la formación de los plásticos, siempre existe una cierta cantidad de material residual, generado en las varias operaciones que componen el proceso. Ese material se puede casi siempre recuperar y reciclar mediante tecnologías tradicionales, que es lo que normalmente se hace.

A nivel urbano: Los residuos sólidos plásticos, en la verdadera acepción de la palabra, se generan principalmente en las residencias y en los establecimientos comerciales. Están constituidos, en su mayor parte, por envases desechables (bolsas, recipientes, hojas, frascos, botellas, protectores, etc.). En la ciudad de Montevideo se recogen unas 145 ton/día, lo que hace aproximadamente 100 g de residuos plásticos generados por habitante por día²⁷.

7 ¿Qué hacer con los residuos plásticos?

Para cualquier residuo la primera alternativa que se debe considerar es la de **minimizarlos en origen**, la primera de las 3R: Reducir, Reusar, Reciclar (ver Parte 1 de este mismo Capítulo V). En el caso de los plásticos además de las alternativas que tiene

toda industria de minimizar su desperdicio mejorando tecnología y procesos, en particular la industria plástica puede plantearse la reducción de la cantidad de plástico que forma el artículo, con la ventaja de reducir el consumo de recursos no renovables. La industria plástica está trabajando en este sentido: en los últimos veinte años, los espesores de los envases de igual contenido se han ido reduciendo hasta en un 50%²⁸.

La siguiente alternativa es la de dar nuevo uso a los plásticos. En ese sentido existen para ellos tres caminos posibles:

El **reciclado mecánico**, la alternativa más conocida. Consiste en triturar los objetos de plástico desechados, limpios, para elaborar gránulos de plástico reciclado, que luego son usados en la fabricación de nuevos objetos. Los Puntos 8 y 10 de esta Parte se extienden sobre este tema.

La **recuperación de los componentes iniciales**. Se somete el material residual polimérico a procesos fisicoquímicos para descomponerlo en componentes más sencillos. Mediante esos procesos los materiales plásticos son transformados en materias primas, que pueden nuevamente originar resinas vírgenes u otras sustancias de interés para la industria, tales como gases y aceites combustibles. Los procesos pueden ser: descomposición térmica en ausencia de oxígeno (pirólisis); tratamiento con hidrógeno a altas temperaturas; gasificación; tratamiento con disolventes. Esta alternativa es también vista como un reciclaje terciario (respecto al primario y secundario ver Punto 8), o reciclaje químico (diferenciando con el reciclado mecánico anterior). Este tipo de recuperación no se realiza todavía a gran escala, debido a las altas inversiones que requiere la tecnología necesaria y a su costo más elevado que el reciclaje mecánico.

La **valorización energética**. El plástico es un excelente combustible, posee un poder calorífico similar al del gas natural o al del fuel-oil, o dicho de otro modo, el valor energético de los plásticos es equivalente al de un aceite combustible (37,7 MJ/kg). Por esta razón, se pueden volver una valiosa fuente de energía. La incineración se realiza en muchos países para transformar residuos plásticos en energía. En este proceso, los plásticos son quemados, pura y simplemente con el propósito de generar energía térmica. Este proceso es especialmente adecuado para plásticos degradados o sucios, pero requiere de particulares cuidados técnicos para evitar la emisión de contaminantes atmosféricos, por lo mismo que se explicó de la inconveniencia de la quema indiscriminada de plásticos en los residuos sólidos. La dificultad relacionada con esta tecnología es el elevado costo de las instalaciones, que obliga a encarar escalas mínimas de operación; necesariamente son emprendimientos de tipo municipal o regional.

Estas dos últimas posibilidades no están siendo utilizadas actualmente en Uruguay²⁷.

8 El reciclaje del plástico

El reciclaje del plástico se puede clasificar en:

- **Reciclaje primario o pre-consumo:** Es la recuperación de estos residuos efectuada en la propia industria generadora o por otras empresas transformadoras. Consiste en la transformación de los materiales termoplásticos provenientes de residuos industriales limpios y de fácil identificación, no contaminados por partículas extrañas, mediante tecnologías convencionales de procesamiento, en productos con características equivalentes a las de productos fabricados a partir de resinas vírgenes. Esos residuos están constituidos por artículos defectuosos, descartes provenientes de moldes o de sectores de corte y procesamiento. Se puede afirmar que en la práctica, el 100% de estos residuos se recupe-

ra, y la calidad de los artículos producidos con este material es en esencia la misma que la obtenida utilizando resinas vírgenes.

En Uruguay²⁷ este tipo de reciclado de plástico abarca prácticamente todos los scraps industriales. Se realiza en las propias empresas fabricantes o empresas únicamente procesadoras de desechos industriales, las que en algunos casos existen por acuerdos de varias empresas fabricantes. El proceso de los scraps industriales para fabricación de otros productos existe para el polietileno y para el PVC. Hay empresas que fabrican, entre otros, films de polietileno y caños de PVC únicamente con descartes industriales. Siempre teniendo en cuenta que el material reciclado no es apto para alimentos ni agua potable. En el caso del PET, para el que no hay quien lo reprocese, se da el caso de una empresa líder embotelladora de refrescos, la que mediante un acuerdo entre un depósito, una empresa procesadora y compradores en Estados Unidos, procesa su descarte de PET, exportándolo en forma de escamas. Este descarte incluye los envases retornables ya no aptos para el uso³².

- **Reciclaje secundario o post-consumo:** es la transformación de residuos plásticos de productos descartados en los residuos sólidos urbanos. Los materiales que entran en este grupo provienen de plantas de clasificación, sistemas de recolección selectiva, depósitos, clasificación informal. Están constituidos por los más diferentes tipos de material y de resinas, lo cual exige una buena separación para que puedan ser reaprovechados.

Cuando se habla en general de *reciclado de plásticos de residuos sólidos urbanos*, se entiende este reciclaje post-consumo. Debido a la mezcla con otros materiales, como restos de alimentos, tierra, trapos, metales, vidrios, papel, etc., se hace necesario realizar la separación de esos materiales en la mejor forma posible. Este problema se reduce cuando se aplica un sistema de recolección selectiva de residuos sólidos en origen, mediante el cual las personas mismas separan los diversos tipos de materiales en las propias residencias y empresas comerciales, con lo cual se evita la contaminación con otros materiales.

En Uruguay²⁷, aunque existen pequeñas empresas manejando polietileno del consumo final, es muy escaso el reciclado del plástico proveniente de los residuos sólidos urbanos. Las investigaciones realizadas por el proyecto de “Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos”, IMM/PNUD, para detectar por qué no están presentes los plásticos en los circuitos de clasificación, siendo que, luego de los restos de alimentos, son los que están presentes en mayor proporción en masa y especialmente en volumen, han dado como resultado que:

- la gran variabilidad de precios que han sufrido en los últimos años hace que los clasificadores y los depositeros chicos no estén dispuestos a correr el riesgo de acumularlos;
- la falta de capacidad para clasificarlos por falta de conocimiento y por las dificultades operativas que esto presenta han desestimulado su recolección;
- las dificultades para el lavado, especialmente los flexibles, impide la mejora de los mismos;
- es creencia generalizada que varios de los plásticos no son reciclables;
- hay poca predisposición del sector formal de tomar estos materiales por los problemas de clasificación y lavado. La escasa inversión de las empresas involucradas en tareas de lavado y reciclo hace que, hasta el presente, no están en condiciones de ofrecer al mercado materiales de niveles de limpieza, desagregación y regularidad suficientes para inspirar confianza al sector formal de transformadores.

Existe sin embargo en Uruguay una experiencia de reciclado post-consumo que, dadas

sus características trasciende las actividades de empresa. La Campaña de Reciclaje de la Bolsa de Leche impulsada por el Consejo de Enseñanza Primaria, diversas intendencias municipales y una empresa líder en lácteos, constituye un Programa de Educación Ambiental dirigido a sensibilizar a la población en relación al tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios, y motivar cambios en los comportamientos y actitudes ciudadanas respecto a esos temas. Los sachés de lácteos, previamente abiertos, enjuagados y secos por los escolares y sus familias, son llevados a las escuelas donde se realizan las actividades de educación ambiental. Las intendencias recogen el material de las escuelas y lo trasladan a la planta de reciclaje. La empresa láctea toma a su cargo el proceso de transformación del material en bolsas recicladas para residuos, que son utilizadas por las propias escuelas y por las intendencias, las que las adquieren para uso en la limpieza de espacios públicos. La referida campaña iniciada en 1993 es de carácter permanente, cuenta al presente con la participación de doce intendencias municipales y continúa su proceso de expansión³³.

En Brasil, de las empresas que se dedican a la recuperación y/o reciclaje de materiales plásticos, una gran parte trabaja sólo con residuos industriales, los cuales, cuando provienen de empresas idóneas, presentan una muy buena calidad, tanto con relación a homogeneidad como en cuanto a contaminación por otros plásticos o materiales. Son las empresas pequeñas y medianas las que generalmente operan con plásticos recolectados debido a su bajo costo, desde vertederos, centros de clasificación de residuos sólidos, chatarrerías, e intermediarios, que les compran materiales a los recolectores informales, a la industria y al comercio. Se sabe que algunos recicladores utilizan, inclusive, plásticos de residuos sólidos hospitalarios y bolsas u otros envases de agroquímicos.

La dificultad en reciclar los residuos plásticos reside, justamente, en el hecho que estos se encuentran todos mezclados, lo cual obliga a separar los diferentes tipos, por ser incompatibles entre sí y no poder ser procesados por un equipo convencional. Por lo que los recicladores procuran adquirir la materia prima deseada previamente separada, a pesar de que siempre hace falta proceder a una inspección ocular para separar los plásticos indeseados, los cuales invariablemente están presentes en cada lote recibido.

9 ¿Cómo identificar los tipos de plástico?

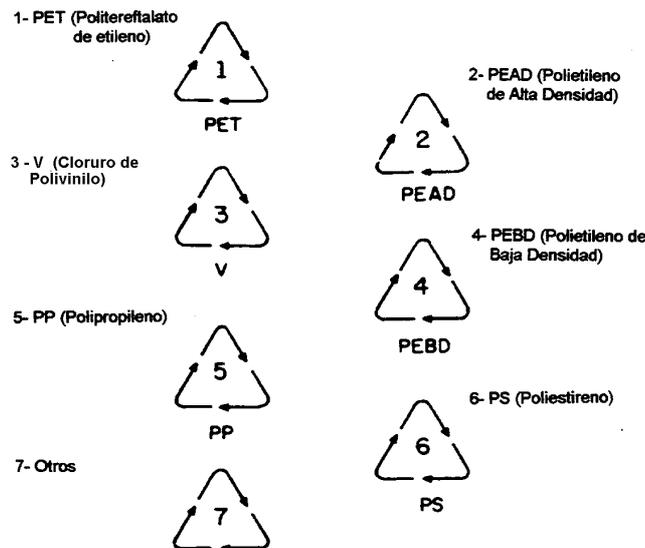
La separación de los diferentes plásticos por tipo de resina es un problema que no ha sido resuelto, siendo uno de los motivos que restringe el reciclaje de los plásticos. A pesar de los muchos estudios e investigaciones ya realizadas o en proceso, no se ha llegado hasta hoy, a un sistema que pueda, de manera rápida, automática y eficiente, realizar la perfecta separación de los plásticos. Muchos artículos se fabrican con más de un tipo de resina, lo cual complica aún más la separación.

Buscando una rápida identificación, se ha diseñado una **codificación de las resinas** utilizadas en la fabricación de artículos de plástico. La idea es imprimir o marcar en el artículo, en su embalaje o en un rótulo, el código correspondiente a la resina utilizada, o a las dominantes en caso de que se trate de una mezcla, de acuerdo con el sistema presentado en la Figura 3. La situación mejor es la de grabar el código en el producto mismo en los casos que sea posible, para evitar contaminar con tinta el material. Esto es aplicable cuando existen moldes o paredes gruesas, pero es muy difícil en láminas finas.

Este sistema fue desarrollado para ayudar a los recicladores a identificar y separar los plásticos manualmente, mientras se logra idear un sistema automático que cumpla esta tarea.

La Asociación Uruguaya de Industrias del Plástico ha declarado la intención de que todas las empresas que utilizan materiales plásticos, pongan el código de identificación en

FIGURA 3
Sistema internacional de codificación de plásticos



cada uno de los artículos, sin embargo esto no se cumple en una parte importante de los casos.

Existe otra forma simple para identificar los plásticos que se encuentran en los residuos sólidos. Este método se basa en algunas características físicas y de degradación térmica de los plásticos. Puede ser muy útil también cuando existen dudas con respecto al tipo de resina. Algunas de esas características se indican a continuación.

- Polietilenos de baja y de alta densidad:
 - baja densidad (flotan en el agua).
 - se derriten a baja temperatura (PEBD = 85° C; PEAD = 120° C).
 - se queman como una vela, y despiden olor a parafina.
 - superficie lisa y “cerosa”.
- Polipropileno:
 - baja densidad (flota en el agua).
 - se derrite a baja temperatura (150° C).
 - se quema como una vela, y despide olor a parafina.
 - cuando se aprietan entre las manos, hacen ruido como de celofán.
- Cloruro de polivinilo:
 - alta densidad (se hunde en el agua).
 - se derrite a baja temperatura (80° C).
 - se quema con gran dificultad, y despide un olor acre.
 - se puede soldar mediante solventes (acetonas).
- Poliestireno:
 - alta densidad (se hunde en el agua).
 - es quebradizo.
 - se derrite a bajas temperatura (80 a 100° C).
 - se quema relativamente fácil, y despide olor a “estireno”.
 - es afectado por muchos solventes.
- Polietileno tereftalato:
 - alta densidad (se hunde en el agua)
 - muy resistente.
 - se derrite a baja temperatura (80° C).

Los plásticos poseen entonces características diferentes entre sí que pueden ayudar a separarlos. De hecho, gran parte, si no la mayoría de las empresas recicladoras de residuos sólidos plásticos, hacen la separación y purificación de los plásticos por la diferencia de densidad (algunos plásticos flotan en el agua, otros se hunden, y de esta forma se pueden separar). A

CUADRO 3	
Densidad de plásticos granulados	
Tipos de plásticos	Densidad (g/cm ³)
Polipropileno	0.900 - 0.910
Polietileno de Baja Densidad	0.910 - 0.930
Polietileno de Alta Densidad	0.940 - 0.960
Poliestireno	1.040 - 1.080
Polivinilo, cloruro	1.220 - 1.300
Polietileno, tereftalato	1.220 - 1.400

Además, existen algunos embalajes y artículos tan tradicionales, que su identificación se vuelve relativamente simple. La Tabla 1 presenta algunos ejemplos típicos.

TABLA 1	
Materiales por Tipos de plásticos	
<ul style="list-style-type: none"> • baldes, frascos y botellas de alcohol, tanques: PEAD. • conductores para alambres y cables eléctricos: PVC, PEBD, PP. • vasos para agua mineral: PP y PS. • vasos desechables (café, agua, cerveza, etc.): PS. • envoltorios para pasta, golosinas y galletas: PP, PEBD. • frascos de detergentes y productos de limpieza: PP, PEAD, PEBD, y PVC. • frasco de champús y artículos de higiene: PEBD, PEAD, PP. • gabinetes de computadoras, aparatos de sonido y TV: PS. • botellas de agua mineral: PEAD, PP, PET y PVC. • botellas de refrescos: PET y la tapa en PP con un retentor en EVA. • espumaplast®: EPS. • lonas agrícolas: PEBD, PVC. • envases de margarinas: PP. • bolsas de abono: PEBD. • bolsas de leche: PEBD. • bolsas para la residuos sólidos: PEBD. • bolsas de rafia: PP. • caños: la mayor parte fabricada en PVC, pero también en PEAD, PEBD y PP. 	

10 Procesos de reciclado de plásticos de residuos sólidos

El aprovechamiento de materiales plásticos desde los residuos sólidos urbanos (Punto 8), se puede hacer por dos procesos distintos: sin o con separación de las resinas.

Sin separación de las resinas

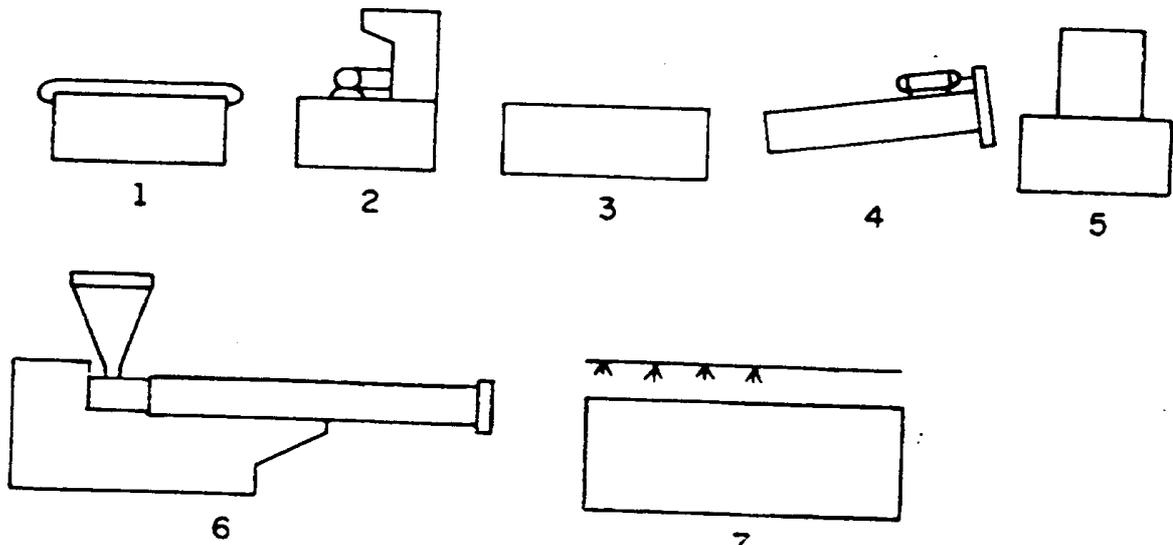
Significa, el reprocesamiento de plásticos mezclados.

Esta alternativa exige altas inversiones en equipos especiales (una planta puede costar varios millones de dólares), necesarios para la obtención de productos de buena calidad, actualmente fabricados sólo en el extranjero. La desventaja de este proceso, además del elevado costo de inversión, es su limitación a la producción de artefactos. Debido a su concepción, permite sólo la fabricación de piezas de espesor relativamente grueso, obteniendo la llamada “madera plástica” para mobiliario, postes, tarimas para depósitos, etc.

De acuerdo con la Figura 4, las principales etapas involucradas en este proceso son:

- trituración de los plásticos;
- lavado con agua con o sin detergentes;
- secado;
- almacenamiento;
- aglutinación;
- transformación en nuevos productos mediante equipos especiales.

FIGURA 4
Reciclaje de una mezcla de plásticos



título de ilustración, el Cuadro 3 muestra las densidades de algunos plásticos.

1 - Mesa de clasificación	2 - Molino/triturador	3 - Tanque lavador
4 - Secador	5 - Aglutinador	6 - Extrusora
7 - Sistema de enfriamiento		

Con separación por tipo de resina

La recuperación y el reciclaje de plásticos separados por tipo de resina permite por ejemplo,

con...

botellas de PET
botellas de PVC
botellas de PEAD
botellas de PP
espuma de EPS
bolsas de PEBD

producir...

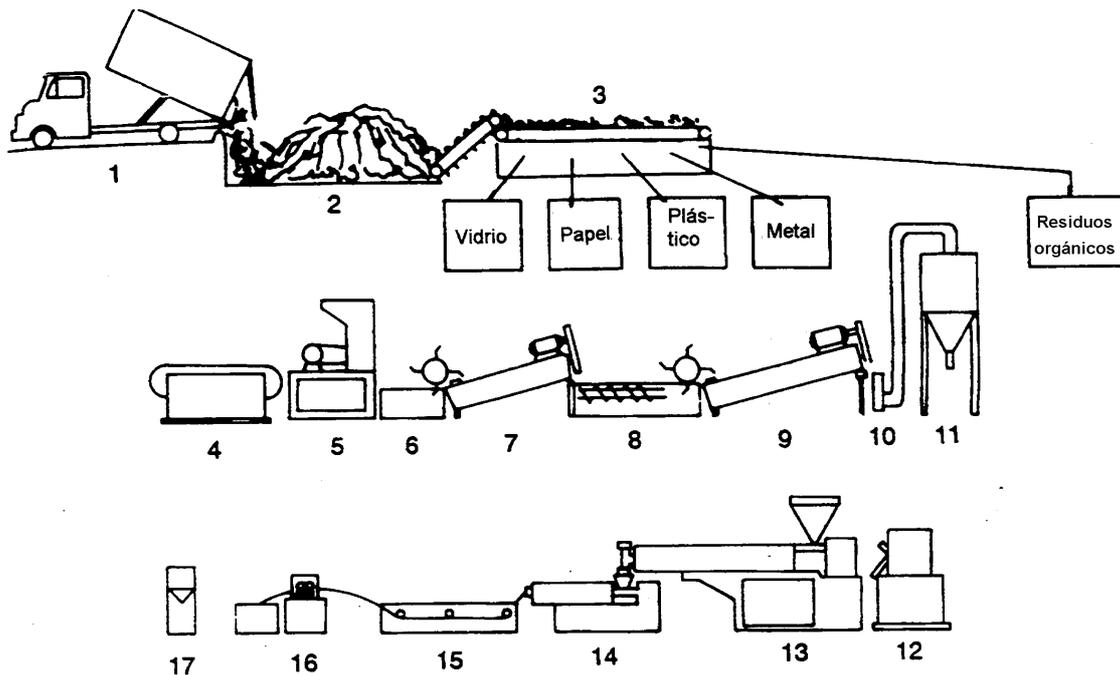
alfombras..
cañerías de desagüe..
botellas..
cuerdas..
bandejas..
bolsas para residuos sólidos...

El proceso consiste en:

- separación de los plásticos y de otros materiales, a través de la clasificación manual;
- identificación, separación y clasificación de los diferentes tipos de plástico;
- trituración, lavado y secado;
- aglutinación;
- extrusión;
- granulación;
- transformación en nuevos productos mediante procesos y equipos tradicionales.

Como ya se comentó anteriormente, la etapa más crítica del proceso es la identificación y separación de los diversos tipos de plástico. La mezcla indiscriminada de diferen-

FIGURA 5
Procesos de recuperación de plásticos diferentes



tes resinas da como resultado productos de baja calidad y, muchas veces, inprovechables. La Figura 5 presenta el diagrama del proceso y el Cuadro 4 las etapas involucradas.

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 1- Recepción de los residuos sólidos | 10- Soplador |
| 2- Fosa de descarga | 11- Silo |
| 3- Correa transportadora | 12- Aglutinador |
| 4- Mesa de clasificación | 13- Extrusora |
| 5- Molino/triturador | 14- Extrusora |
| 6- Tanque lavador/separador | 15- Tanque de enfriamiento |
| 7- Lavador | 16- Granulador |
| 8- Lavador/transportador | 17- Ensacador |
| 9- Secador | |

CUADRO 4
Etapas involucradas en el reciclaje de plásticos separados

Etapas	Descripción
Separación	Identificación de los plásticos PEBD, PEAD, PVC, PP, PS, PET, otros
Trituración	Molienda y lavado
Regeneración	Secado Aglutinación Extrusión
Post-tratamiento	Granulación Agregado de aditivos
Reciclaje	Granulación Transformación en artículo nuevo

11 Los beneficios del reciclaje del plástico

El reciclaje de los materiales plásticos que se encuentran en los residuos sólidos urbanos produce beneficios sociales y económicos para la sociedad, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

- reducción del volumen de residuos sólidos recolectados que se envían a los rellenos

sanitarios, propiciando aumento de la vida útil de los mismos y reducción en el costo del transporte.

- economía de energía y petróleo, pues los plásticos son derivados del petróleo, y un kilo de plástico equivale a un litro de petróleo en energía;
- generación de empleos (clasificadores, obreros, almacenadores, etc.);
- menor precio para el consumidor de los artículos producidos con plástico reciclado (en promedio, los artículos de plástico reciclado son un 30% más baratos que los mismos productos confeccionados con materia prima virgen);
- mejoras sensibles en el proceso de descomposición de la materia orgánica en los rellenos sanitarios, dado que el plástico impermeabiliza las capas de material en descomposición, perjudicando la circulación de gases y líquidos.

12 Dificultades para implantar un reciclaje del plástico

La implantación de un sistema de recolección selectiva y de procesos para la adecuada separación de materiales plásticos de los residuos sólidos, presenta algunos problemas que deben tener soluciones diferentes en función de las diversas características de cada municipio.

Entre los problemas más comunes, se pueden mencionar los siguientes:

- la escasez de empresas interesadas en comprar material separado de los residuos;
- las distancias que a veces separan el municipio del mercado comprador;
- la dificultad en separar correctamente los diversos tipos de plástico;
- la difícil tarea de garantizar a los compradores un suministro continuo de materia prima de buena calidad.

No debe perderse de vista que una tasa importante de desvío de los residuos plásticos de un relleno sanitario, puede traer como consecuencia la paralización de la descomposición de la materia orgánica putrescible en el relleno. Al disminuir la carga de inertes puede haber un aumento tal de los ácidos generados en la primera fase de la biodegradación que se inhiba el proceso de putrefacción, con las consecuencias negativas para la operación del relleno³¹.

13 Comercialización del plástico reciclado

El plástico proveniente de los residuos sólidos puede ser comercializado en diversas formas y niveles de preparación, dependiendo de los sistemas de recolección y clasificación, del valor agregado, de la disponibilidad de empresas recicladoras en la región, etc. En forma general, las empresas que se dedican al reciclaje o la reventa de este tipo de material prefieren adquirirlo previamente separado y limpio, pues así podrá ser procesado con más facilidad. Es por tanto, conveniente que la intendencia o una asociación con credenciales para esa tarea, monte una estructura mínima para preparar los plásticos con miras en el mercado comprador. Tanto a través de la recolección selectiva, como a través de la recolección convencional, los plásticos deben pasar por un proceso que los prepare para una posterior transformación.

Según la preparación que se les aplique, pueden ser comercializados bajo las siguientes formas:

- **plástico mezclado:** los objetos de plástico son separados de los otros materiales que componen los residuos sólidos, mediante la selección manual en una correa móvil; luego de separado, el material es colocado en bolsas plásticas, que se comprimen, amarran y rotulan;
- **plástico separado:** los artículos plásticos son separados por tipo de resina, mediante la clasificación manual en una correa móvil; cada operario será responsable de retirar uno o dos tipos de plástico y los irá depositando en recipientes identificados con el nom-

bre o el símbolo de la resina. Los plásticos separados son colocados en bolsas plásticas, prensados e identificados convenientemente;

- **plástico triturado:** después de la separación por tipo de resina, los artículos de plástico son triturados según la granulometría adecuada en molinos de cuchillas y luego son embolsados e identificados correctamente;

- **plástico aglutinado:** los plásticos luego de ser triturados, son lavados en un tanque con agua, secados en un bastidor con la ayuda de sopladores de aire, y condensados en un aglutinador. Ese equipo consiste en una cesta rotativa, semejante al de una lavadora para ropa, que al girar recalienta el plástico por fricción, secando y condensando el material triturado. El material al ser retirado del granulador y enfriado al aire es embolsado, recibiendo etiqueta de identificación;

- **plástico granulado (peletizado):** aunque algunos equipos puedan transformar directamente a plástico granulado, es conveniente que dicho material pase por una extrusora y luego por un granulador. Al pasar por la extrusora el material es fundido, homogeneizado y obligado a pasar por una matriz que contiene diversos orificios, de los cuales saldrán filamentos plásticos (“spaghetti”). Estos filamentos son enfriados en un baño de agua fría y cortados en pedazos de aproximadamente 2 a 3 mm. en un equipo granulador. Luego el material granulado es embolsado y etiquetado.

Es evidente que el precio del material que va a ser comercializado aumenta en proporción de su mejora, como también aumenta su costo. La elección de una de las alternativas presentadas depende básicamente de las características de la recolección, del tamaño del municipio, de la disponibilidad de espacio, de la ubicación, de las industrias del sector en fin, de un conjunto de factores que determinarán la elección más adecuada.

14 Situación uruguaya y proyecciones futuras

Como ya se mostró en el Cuadro 1, Uruguay todavía consume poco plástico en comparación con otros países desarrollados. Es de suponer por lo tanto, que la demanda aumentará en los próximos años y, en caso de que no haya una buena planificación para gestionar los residuos plásticos, con seguridad las consecuencias serán semejantes a las ya vividas por algunos países. Estos a veces se encuentran con volúmenes enormes de residuos sólidos, sin saber exactamente qué van a hacer, mientras que las áreas disponibles para rellenos se vuelven cada día más escasas, las instalaciones de incineradores no siempre son aprovechadas por la población local y los costos financieros y políticos se vuelven incompatibles con la realidad de esas regiones.

En las grandes ciudades se presentan problemas relacionados con la escasez de espacios disponibles para instalar rellenos sanitarios, que cada día quedan más lejos, o bien, en algunos casos tales espacios no existen, lo cual crea una situación preocupante pues la tasa de crecimiento poblacional - a pesar de haberse reducido - continúa bastante alta y la tendencia es la de una mayor generación de residuos sólidos. Considerando esos factores, potenciados por el hecho de que el aumento del poder adquisitivo de la población propicia un mayor consumo, contribuyendo a una mayor generación de residuos sólidos, se vuelve necesaria una urgente toma de posición por parte de los responsables, para que se inicien estudios y proyectos que prevean la solución de un problema tan crítico y desafiante.

La reutilización de materiales plásticos es una condición esencial para la gestión de los residuos sólidos, ya que esos materiales significan un gran volumen de los residuos sólidos urbanos, y su desvío del relleno sanitario contribuirá significativamente a un mejor aprovechamiento de los recursos y la consiguiente mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. Las intendencias podrían inclusive, crear incentivos (fiscales, estructurales, etc.) para motivar y concientizar a los ciudadanos y a las empresas a participar activa-

mente en el proceso, al igual que fomentar la utilización de productos reciclados. Con esto las intendencias estarían dando ejemplo y aval para el consumo de los plásticos reciclados, ayudando a combatir algunos de los tabúes que aún existen.

Aunque haya, en ciertos casos, algunas limitaciones y restricciones en cuanto al uso del plástico procedente de los residuos sólidos urbanos (no puede usarse para contener alimentos, productos farmacéuticos y hospitalarios y algunos tipos de juguetes), si esta materia prima es tratada adecuadamente se puede utilizar en la fabricación de muchos productos, conservando casi las mismas propiedades que los artículos hechos con materia prima virgen. Sin embargo, el prejuicio todavía existente sobre la mala calidad de los artículos de plástico reciclado, impide un uso mayor del plástico reciclado. Esto se basa en la falta de información y también en la existencia de algunos procesadores, que insisten en la tesis de que la competitividad sólo se alcanza cuando hay precios bajos, sin que importe la calidad del producto. Se debe destacar que existen normas técnicas y especificaciones que se deben observar, tanto en el caso de que la materia prima sea virgen o reciclada.

El plástico reciclado contribuye eficazmente al desarrollo de artículos de buena calidad y bajo costo, tales como: conductores eléctricos, mangueras, bolsas para residuos, juguetes, utensilios domésticos, etc., y productos industriales de alta demanda, tales como tarimas, marcos, postes y perfiles de “madera plástica”, asientos de autobuses y del metro, y un sin fin de otros productos.

En Uruguay²⁷, la potencialidad de estos materiales es grande, pasando la solución fundamentalmente por el aporte de tecnología y financiamiento. El aporte tecnológico se centraría tanto en capacitación de los actores como en equipamientos adecuados para la clasificación y el lavado. El aporte financiero iría orientado especialmente al mantenimiento de capacidades de estiba lo suficientemente altas para minimizar los efectos de la variabilidad de precios de las materias primas vírgenes, lograr la escala suficiente para producir a costos competitivos con otros materiales plásticos y con otros materiales de construc-

ción (madera, cemento, metal) y negociar adecuadamente en el mercado internacional.

Referencias

- 1 ALI, D.M., SUBRAMANIAN, T.V. Waste plastics: re-use of materials and recovery of energy. *Plastics and Rubber International*, v.7, n.1, Feb. 1982.
- 2 SPECIALIZED machinery for the recycling imperative. *Modern Plastics International*, p. 62-64, Apr. 1991.
- 3 NAFTA em queda reanima o setor. *Plástico moderno*, p.27-46, abr. 1994.
- 4 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING OF MATERIALS. Disposal of plastics with minimum environmental impact. S.I., 1973. (STP533).
- 5 BERTOLINI, G., FONTAINE, J. European exchanges of plastics waste: the central position of Italy. *Conservation & Recycling*, v.7, n.1, p.43-48, 1984.
- 6 BUEKENS, A.G. Plásticos y reciclaje de residuos plásticos. En: CONFERENCIA SOBRE UN DESARROLLO INDUSTRIAL ECOLOGICAMENTE SOSTENIBLE, 1991, Copenhague. Proceedings... Copenhague: ONUDI, 1991.
- 7 CASTELNUOVO, L. Experience and activities of monteco in the urban plastic waste recycling. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992, S.I., Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 8 EHRIG, R.J. Plastics recycling: products and processes. S.I.: Ed. Harigen, 1992.
- 9 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Decision makers guide to solid waste management. S.I., 1989. 155 p. (EPA/530-SW-89-072).
- 10 FOUHY, K. et al. Plastics recycling diminishing return. *Chemical Engineering*, p.30-34, Dec. 1993.
- 11 GAINES, L.L., WOLSKY, A.M. Resource conservation through beverage container recycling. *Conservation & Recycling*, v.6, n.1-2, p.11-20, 1983.
- 12 HACKENBERGER, A. Reciclagem de poliestireno expandido. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992, S.I. Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 13 HAMAYA, S. The present situation and outlook on plastic waste recycling in Japan. *Conserving & Recycling*, v.4, n.3, p.185-192, 1981.
- 14 HOUSE, E.F. Solid waste solutions. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992, S.I. Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 15 KREISHER, K.R., MAPLESTON, P. Recycling becomes top priority for car makers. *Modern Plastics International*, p.36-38, June 1991.
- 16 LEAVERSUCH, R.D. Chemical recycling brings real versatility to solid waste management. *Modern Plastics International*, p.26-45, July 1991.
- 17 MADER, F.W. Reaproveitamento de plásticos: um desafio global. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992, S.I., Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 18 MANO, E.B. Polímeros como Materiais de Engenharia. S.I.: Edgar Blúcher, 1991.
- 19 MILGRN, J. Recycling plastics: current status. *Conservation & Recycling*, v.3, n.3/4, p.327-335, 1974.
- 20 MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA, 1991, S.I.: Ed. Rosalind Juran Mc Graw-Hill. 1990. v.67, n.11, 1990.
- 21 NEALE, C.W. Observations on the economics of recycling industrial scrap plastics in new products. *Conservation & Recycling*, v.6, n.3, p.91-105, 1983.

- 22 PLASTICS in the environmental. S.I.: Harring Chemsult, s.f.
- 23 SIEH, T.K., KATSING, T. Reciclagem do PET. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992. S.I. Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 24 TOENSMEIER, P.A. Solid waste crisis creates market for dedicated recycling lines. Modern Plastics International, p.74-78, Nov. 1989.
- 25 ASOCIACION VENEZOLANA DE INDUSTRIAS PLÁSTICAS (AMPLA).
- 26 ASOCIACIÓN URUGUAYA DE INDUSTRIAS DEL PLÁSTICO. Relevamiento Informativo sobre la Industria Plástica Latinoamericana. Estadísticas ALIPLAST.
- 27 PROYECTO PNUD/URU/91/008, "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", Asistencia Preparatoria / Segunda Etapa, IMM, PNUD, Setiembre 1996.
- 28 FUNDACION DE LA INDUSTRIA PLASTICA, "Los plásticos y sus residuos", Buenos Aires 1995.
- 29 ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN URUGUAY, Serie Análisis Sectoriales N° 7, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. OPS/OMS - DINAMA - GTZ - PNUD. Marzo 1996.
- 30 PLASTICS ENGINEERING HANDBOOK. Society of the Plastics Industry. 5th. Edition. Ed. M.L. Berins. New York. 1991.
- 31 BORZACCONI, L. Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. En: III Seminario del Plástico, AUIP, Nov. 1997.
- 32 MONTEVIDEO REFRESCOS. Informaciones personales.
- 33 CONAPROLE. Informaciones personales.