



**Programa de las  
Naciones Unidas  
para el Medio Ambiente**



Distr.  
GENERAL

UNEP/CHW.6/21  
23 de agosto de 2002

ESPAÑOL  
Original: INGLÉS

CONFERENCIA DE LAS PARTES EN EL CONVENIO  
DE BASILEA SOBRE EL CONTROL DE LOS  
MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE  
DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN

Sexta Reunión

Ginebra, 9 a 13 de diciembre de 2002

Tema 6 e) ii) del programa provisional\*

EXAMEN DE LA APLICACIÓN DEL CONVENIO DE BASILEA

ASUNTOS TÉCNICOS: PREPARACIÓN DE LAS DIRECTRICES TÉCNICAS

Directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de  
los desechos plásticos y para su eliminación

Nota de la secretaría

**I. ANTECEDENTES**

1. En su decisión V/26 sobre el programa de trabajo del Grupo de Trabajo Técnico, la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, en su quinta reunión, aprobó el programa de trabajo en el que, entre otras cosas, se preveía la finalización de las directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y para su eliminación.

---

\* UNEP/CHW.6/1.

K0262469.s

## II. EJECUCIÓN

2. En el 16º período de sesiones del Grupo de Trabajo Técnico, celebrado en abril de 2000, los expertos expresaron opiniones divergentes en relación con la estructura del proyecto de directrices y con la inclusión de los desechos de PVC y otros desechos halogenados en un capítulo aparte. Finalmente se decidió que la secretaría preparara un proyecto revisado, teniendo en cuenta otras observaciones formuladas por escrito.

3. En su 17º período de sesiones, celebrado en octubre de 2000, el Grupo de Trabajo Técnico pidió a la secretaría que revisara el proyecto de directrices técnicas valiéndose de las aportaciones hechas en los trabajos de otros foros, entre ellas el Libro Verde de la Comisión Europea y los estudios relacionados con éste. Otros expertos expresaron inquietud por la referencia que se hacía en las directrices a los PVC y por otras cuestiones relacionadas con el tratamiento de esos desechos. En el 18º período de sesiones del Grupo de Trabajo Técnico, celebrado en junio de 2001, varias delegaciones opinaron que las directrices técnicas estaban listas para su aprobación y pidieron que se formularan observaciones concretas y técnicas para seguir mejorando el documento.

4. En su 19º período de sesiones, celebrado en enero de 2002, el Grupo de Trabajo Técnico examinó el proyecto revisado de las directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y para su eliminación, publicado como anexo a la presente nota, y lo aprobó. En la reunión se acordó también que la secretaría diera los toques finales al proyecto de directrices técnicas aprobado por el Grupo de Trabajo Técnico, para que se remitiera a la Conferencia de las Partes en su sexta reunión para su examen y posible aprobación.

## III. RECOMENDACIÓN PROPUESTA

5. En su sexta reunión, la Conferencia de las Partes tal vez desee considerar la posibilidad de adoptar una decisión como la que se propone a continuación:

La Conferencia,

Acogiendo con beneplácito la aprobación de las directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y para su eliminación,

Tomando nota con reconocimiento de la participación de las Partes, las organizaciones no gubernamentales y la industria en la preparación de las directrices técnicas,

1. Aprueba las directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y para su eliminación que figuran en el documento UNEP/CHW.6/21;

2. Pide a la secretaría que las difunda en todos los idiomas de las Naciones Unidas a todas las Partes, a las organizaciones no gubernamentales y a la industria, según proceda;

3. Invita a las Partes, a las organizaciones no gubernamentales y a la industria a que utilicen las directrices técnicas.

Anexo

**Directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los**

**desechos plásticos y para su eliminación,**

**incluidas las**

**Directrices técnicas sobre el manejo ambientalmente racional**

**de la chatarra de cables con revestimiento plástico**

## ÍNDICE

### I. Directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y para su eliminación

1. Introducción
2. Tipos comunes de plásticos y su composición
3. Fuentes de desechos plásticos
  - 3.1 Desechos de plásticos antes del consumo
  - 3.2 Desechos plásticos después del consumo
4. Manipulación ambientalmente racional y en condiciones de seguridad, compactación, transporte, almacenamiento y traslado de los desechos plásticos
  - 4.1 Manipulación ambientalmente racional y en condiciones de seguridad
  - 4.2 Compactación
  - 4.3 Transporte
  - 4.4 Almacenamiento
  - 4.5 Traslado para el reciclado
5. Cuestiones de salud y seguridad
6. Protección contra incendios
7. Segundas aplicaciones de los materiales plásticos
  - 7.1 Recogida selectiva de desechos de materiales plásticos
  - 7.2 Clasificación para el reciclado mecánico
  - 7.3 Reciclado mecánico
  - 7.4 El reciclado de los plásticos en la práctica
  - 7.5 Reciclado como materia prima y reciclado químico
  - 7.6 Principales impedimentos para la recogida y el reciclado de desechos plásticos
8. Recuperación de energía a partir de los desechos plásticos
9. Eliminación final de los desechos plásticos
10. Conclusiones

II. Directrices técnicas sobre el manejo ambientalmente racional de la chatarra de cables con revestimiento plástico

1. Introducción
2. Movimiento de chatarra de cables entre países
3. Origen de la chatarra de cables
4. Uso de plásticos en la fabricación de cables
5. Estructura de la industria de procesamiento de la chatarra de cables
6. Procesos de reciclado ambientalmente racionales
  - 6.1 Capacidad
  - 6.2 Descripción del proceso de corte de cable
  - 6.3 Desforramiento de los cables
7. Manejo ambientalmente racional de la fracción de plástico en la chatarra de cables
  - 7.1 Separación mecánica de los residuos
  - 7.2 Procesamiento criogénico
  - 7.3 Proceso (hidrogravimétrico) de flotación y hundimiento
8. Incineración
9. Eliminación en vertedero

Lista de cuadros

1. Polímeros comunes
2. Aditivos plásticos típicos
3. Constituyentes de plásticos que figuran en el Convenio de Basilea
4. Exposición y degradación de resinas/polímeros vírgenes
5. Comparación entre la recogida en puntos de depósito y en la acera
6. Reseña de las técnicas de separación e identificación de los plásticos
7. Principales impedimentos para la recogida y el reciclado de desechos plásticos
8. Examen de las tecnologías para el reciclado de los desechos plásticos
9. Valores energéticos de los desechos plásticos, las mezclas y los combustibles tradicionales
10. Uso de agentes neutralizantes y producción de residuos en la incineración de desechos de PVC
11. Uso de aislamiento plástico en cables

## Lista de ilustraciones

1. Enfoque integrado del manejo de los desechos
2. Separación de plásticos mezclados en una instalación automatizada de reciclado de botellas
3. Reciclado mecánico de desechos plásticos después del consumo, desglosados por resinas, Europa occidental, 1997
4. Principios básicos del reciclado químico (termolisis) de los desechos plásticos
5. Diagrama del proceso de corte de la chatarra de cables

## Lista de apéndices

1. Referencias
2. Fabricación, utilización, reutilización y reciclado de los plásticos
3. Información sobre salud y seguridad para las instalaciones de recuperación de materiales
4. Datos sobre incendios en instalaciones de reciclado
5. Otros datos relativos a los fluoropolímeros
6. Glosario
- 7a. Símbolos de identificación de los plásticos
- 7b. Marcas de identificación del material para su embalaje
8. Normas europeas de emisión para los incineradores de desechos
9. Direcciones para obtener más información sobre el reciclado
10. Calidades de la chatarra de cables y alambres
11. Diagrama del proceso de separación de cuatro plásticos
12. Tipo y cantidad de desechos plásticos obtenidos mediante diversos métodos de procesamiento
13. Datos sobre la producción mundial de resinas y sobre desechos plásticos en Europa

## **PREFACIO**

*Las directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y para su eliminación tienen por objeto llegar a un entendimiento común y prestar asesoramiento sobre la gestión, en particular, a las Partes en el Convenio de Basilea, cuya utilización de plásticos va en aumento. El presente documento se centra principalmente en los aspectos técnicos del tratamiento de los desechos plásticos, con un especial interés en su reciclado.*

*En el contexto del presente documento no se contemplan de forma exhaustiva los efectos de los desechos plásticos en la salud y en el medio ambiente, sino que se presentan elementos introductorios. Tampoco se aborda la generación de desechos peligrosos en el contexto de la producción de plástico ni la clasificación del PVC en particular.*

*Las presentes directrices técnicas deben examinarse junto con las demás directrices técnicas aprobadas por la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea, que rigen la recuperación y eliminación ambientalmente racionales de desechos, en particular, las Directrices Técnicas sobre la incineración en tierra (D10), sobre los vertederos de diseño especial (D5) y sobre los desechos recogidos de los hogares (Y46).*

*Además, deben tenerse especialmente en cuenta los marcos jurídicos y las responsabilidades de las autoridades competentes.*

*El presente documento ha sido preparado por el Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea y es el resultado de una productiva cooperación entre las Partes en el Convenio de Basilea, los Estados signatarios y otros Estados, la industria y las organizaciones no gubernamentales.*

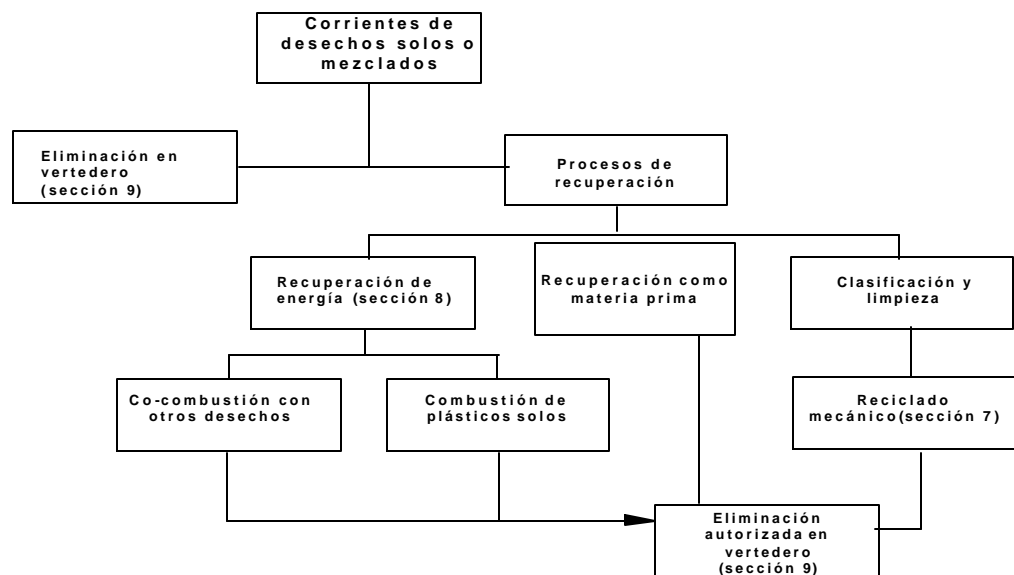


## 1. Introducción

En las presentes directrices técnicas se ofrece una orientación general sobre la identificación y el manejo, la recuperación y eliminación final ambientalmente racionales de los desechos plásticos. Normalmente, las directrices técnicas del Convenio de Basilea se aplican a los desechos que figuran en el anexo I del Convenio y poseen alguna de las características peligrosas enumeradas en el anexo III del Convenio, así como a los desechos recogidos de los hogares (Y46), incluidos en el anexo II del Convenio, que requieren especial consideración. Las directrices técnicas se han ampliado deliberadamente de manera que abarquen todos los tipos de plásticos y polímeros, y no sólo los que contienen alguna de las categorías que figuran en el anexo I del Convenio (Y1 a Y45).

La política de manejo de los desechos gira alrededor de una jerarquía de éstos, en la que se atribuye prioridad a la prevención o reducción de la generación de los desechos (incluida la eliminación de los impedimentos y distorsiones que alientan la producción excesiva de desechos), seguida de la reutilización, el reciclado, la recuperación y el tratamiento de los residuos. Esa estrategia incluye un enfoque integrado del manejo de los desechos (véase la ilustración 1) con hincapié en el reciclado de materiales.

La prevención o reducción de la generación de desechos supone tanto la modificación del diseño de los productos en el proceso de fabricación como las modificaciones en los hábitos de consumo. Esas estrategias garantizan la consecución de uno de estos objetivos de reducción (cantidad) de los desechos o ambos y de que se utilicen menos componentes peligrosos (calidad) en la producción de manera que se generen menos desechos peligrosos. La prevención de la generación de desechos es una estrategia que previene, en primer lugar que se produzcan los riesgos concomitantes de la generación de desechos.



**Ilustración 1. Enfoque integrado del tratamiento de los desechos**

En las presentes directrices técnicas se ofrece información técnica sobre:

- a) Diversos plásticos comunes y su composición;
- b) El etiquetado, la manipulación segura, la compactación, el almacenamiento y el transporte de desechos plásticos;
- c) El reciclado, la recuperación y la eliminación final ambientalmente racionales de los desechos plásticos.

Los plásticos comenzaron a utilizarse en abundancia en el decenio de 1950, sin embargo, en pocos años la producción creció a un ritmo sin precedentes. Hoy día, el consumo mundial es comparable al de todos los metales no ferrosos combinados. Los pronósticos sobre la producción de resinas (véase el apéndice 13) dan un indicio de los volúmenes de desechos plásticos que tanto los países desarrollados como los países en desarrollo tendrán que manipular en los años venideros, incluidos plásticos con una larga vida útil producidos hace algunos decenios que están llegando ya al final de su vida útil.

Todavía quedan algunos problemas técnicos, económicos y estructurales por resolver. El problema más difícil de abordar hasta la fecha en relación con los plásticos y el medio ambiente ha sido el de su eliminación. En los países desarrollados, cerca de tres cuartas partes de los desechos plásticos se eliminan en vertederos, mientras que la cuarta parte restante se recupera en la forma de nuevos materiales o de energía útil. Esa tasa de recuperación se ha logrado hasta ahora mediante la utilización de instrumentos jurídicos o económicos o ambos. De ahí que sigan siendo enormes las posibilidades de reciclar los desechos plásticos.

Por una parte, son cada vez más los que consideran que la eliminación en vertederos plantea problemas que repercuten en el medio ambiente, ya que son cada vez menos los lugares adecuados para hacerlo debido a que surgen problemas con la filtración de aditivos plásticos hacia las aguas subterráneas. Por otra parte, es inadmisibles los efectos del medio ambiente que continúe la quema incontrolada de desechos sólidos urbanos (DSU) en los vertederos. También causa preocupación en algunos casos la incineración controlada de desechos plásticos.

Si bien respecto de algunos materiales "recuperación" es sinónimo de "reciclado", en el caso de los plásticos se dispone de una amplia gama de opciones de recuperación: reciclado de materiales (reciclado mecánico o reciclado como materia prima); incineración con recuperación de energía; utilización como otra fuente de energía en sustitución de combustibles tradicionales para la generación de electricidad o para la producción de materiales. Los desechos plásticos después del consumo presentan problemas en cuanto a su identificación, separación, así como a la contaminación. Ahora bien, cuando se dispone de volúmenes suficientes de materiales fácilmente clasificables, el reciclado puede llevarse a cabo con éxito.

Para la elaboración de políticas y programas apropiados en esta esfera es esencial que las Partes en el Convenio de Basilea, en particular los países en desarrollo, cuenten con información técnica sobre el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos. A ese respecto, en el Convenio de Basilea se entiende por manejo ambientalmente racional la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos (Anexo II del Convenio) se manejen de manera que queden protegidos la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos que puedan derivarse de tales desechos. En el artículo 4 del Convenio las Partes se comprometen también a reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y otros desechos.

Muchos plásticos tienen una vida útil muy larga y los plásticos que se encuentran al final de su vida útil a menudo pueden reciclarse en una aplicación para una “segunda vida”. El uso de plásticos puede significar:

la utilización de menos material en una aplicación determinada (por ejemplo, en los últimos 20 años se han reducido hasta en 80% y, gracias a la mejor protección que ofrecen los envases, se pierde menos contenido);

la utilización de menos energía en la producción que la que solía utilizarse (por ejemplo, mediante la conversión a la utilización de plásticos, que consumen menos energía);

la utilización de menos combustible en el transporte y la manipulación (por ejemplo, la utilización de plásticos en los embalajes y en los vehículos);

la producción de menos contaminantes en la producción y el uso;

la producción de menos desechos que se encuentran al final de su vida útil (en peso y en volumen a diferencia de materiales tradicionales como son el metal o el vidrio).

Los plásticos tienen muchas ventajas, como una baja permeabilidad, resistencia a los productos químicos, al impacto, a la humedad y al fuego. No obstante, la fabricación, el procesamiento y la utilización de los plásticos generan desechos y es esencial que esos desechos se manipulen debidamente para proteger a las personas y al medio ambiente; de ahí que se hayan elaborado las presentes directrices.

## 2 Tipos comunes de plásticos y su composición

Los elementos que se encuentran más habitualmente en los plásticos son carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, cloro, flúor y bromo. Algunos de ellos son peligrosos en estado puro, pero se vuelven inertes cuando se incorporan en un polímero orgánico. En el cuadro 1 figura una relación de los tipos de polímeros que más probablemente se encuentren como desechos plásticos. (En la mayoría de los desechos plásticos destinados al reciclado no se encontrarán, en general, sustancias termoestables, en contraposición con sustancias termoplásticas, salvo en niveles mínimos, y por esa razón no se han tomado en consideración en las presentes directrices.)

**Cuadro 1**

### Polímeros comunes

Polímero	Aplicaciones típicas	Duración de su vida útil
Polietileno de alta densidad (PE-HD)	Embalajes y láminas industriales, botellas, bañeras, tazas, cerramientos, juguetes	Hasta 2 años
	Tanques, bidones, cajas de leche y de cerveza, aislamiento de cables, tuberías, depósitos de gasolina, contenedores para transporte, asientos	Hasta 30 años
Polietileno de baja densidad (PE-LD, PE-LLD)	Láminas para envolver productos, láminas adhesivas, bolsas y sacos, tapas, juguetes	Hasta 2 años
	Revestimientos, contenedores flexibles,	Hasta 5 años

	tuberías; Tuberías de irrigación.	Hasta 20 años
Poliéster (PET)	Botellas, láminas para el envasado de alimentos, cuerdas, cintas de grabación.	Hasta 5 años
	Alfombras, cuerdas para neumáticos de vehículos, fibras	Hasta 10 años
Polipropileno (PP)	Envases para yogurt y margarina, envoltorios para caramelos y aperitivos, láminas para empaquetado, botellas y tapones;	Hasta 5 años
	Carcasas de baterías para vehículos, piezas y componentes de carrocerías, componentes eléctricos, fibras y soportes de alfombras.	Hasta 10 años 15 años o más
Poliestireno (PS)	Aplicaciones en embalaje, contenedores de productos lácteos, tazas y platos;	Hasta 5 años
	Aparatos eléctricos, casetes para cintas	Hasta 10 años
Poliestireno expandido (EPS)	Embalajes resistentes a los choques, tazas y platos;	Hasta 5 años
	Aislamiento térmico, componentes para la construcción.	Hasta 30 años
Polietrafluoroetileno (PTFE)	Aislamiento de cables, revestimientos termorresistentes, componentes eléctricos, conectadores y juntas selladas anticorrosivos	Hasta 30 años
Cloruro de polivinilo Sin plastificantes (PVC-U) En espuma (PVC-E) Con plastificantes (PVC-P)	<b>PVC-U:</b> Marcos de puertas y ventanas, conductores, tuberías de abastecimiento de agua y drenaje, canalones de drenaje	Hasta 50 años
	<b>PVC-E:</b> Componentes para la construcción, fachadas de edificios	Hasta 50 años
	<b>PVC-P:</b> suelos, aislamiento de cables y alambres;	Hasta 50 años
	Tubos y bolsas para uso médico, zapatos, lámina adhesiva, envases para alimentos, tuberías para cervecerías, lecherías y procesadoras de alimentos, envases para productos químicos concentrados.	Hasta 50 años

Para atender las muy diversas necesidades de aplicación de los polímeros, dentro de las clasificaciones generales se han establecidos subgrupos de polímeros. Son muy pocos los polímeros básicos (conocidos también como resinas) que se utilizan o procesan sin mezclar; la mayoría de los plásticos son mezclas de polímeros y aditivos formuladas para que tengan exactamente las propiedades que se requieren para una aplicación concreta (véase también el apéndice 2). Así pues, podemos decir que:

**Plásticos = polímeros + aditivos**

En este sentido, los polímeros no difieren del acero o el vidrio, en los que un nombre genérico abarca muchas formulaciones diferentes. Los distintos tipos y cantidades de aditivos quedan incorporados en el aglomerante del polímero. El uso de aditivos como estabilizantes contra los efectos del calor, la luz o el oxígeno del aire amplía la vida útil del producto o posibilita aplicaciones concretas (por ejemplo, láminas para envolver alimentos, marcos de ventanas, tuberías, etc.). En el cuadro 2 se relacionan los aditivos típicos.

**Cuadro 2**  
**Aditivos plásticos típicos**

<b>Material</b> (En el glosario ( <b>apéndice 6</b> ) figuran explicaciones)	<b>Grado de concentración</b>
Antioxidantes	Hasta el 1%
Sustancias para rellenar	Hasta el 40%
Agentes espumantes	Hasta el 2%
Intensificadores de la resistencia al impacto/endurecedores	Hasta el 10%
Pigmentos y tintes	Hasta el 5%
Plastificantes	Hasta el 40%
Termoestabilizantes o fotoestabilizantes	Hasta el 5%
Pirorretardantes	Hasta el 15%

Algunos aditivos o plásticos/polímeros (véase el cuadro 3) figuran entre los tipos de materiales incluidos en el anexo I del Convenio.

**Cuadro 3**  
**Constituyentes que figuran en el Convenio de Basilea**

<b>Constituyente</b>	<b>Denominación química</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Contenido (% en peso)</b>
Y13	Desechos de la fabricación, formulación y utilización de resinas, látex, plastificantes y otros	Resinas (plásticos sin aditivos)	100% resina
Y21	Compuestos de cromo hexavalente	Constituyentes menores de los pigmentos	Hasta aproximadamente 0,3% de cromo
Y23	Estearato de zinc	Lubricante/estabilizante	< 0,2% de zinc
Y26	Sulfuros o estearatos de cadmio	Pigmentos y termoestabilizantes	Hasta aprox. 0,2% de cadmio
Y27	Óxido de antimonio	Pirorretardante	Hasta aprox. 2% de antimonio
Y31	Sulfatos o fosfitos de plomo	Estabilizantes frente al calor y la luz	< 2,5% de plomo
Y45	Compuestos organohalogenados que no sean sustancias incluidas en el anexo del Convenio	Polímeros halogenados	El contenido de halógeno atrapado en el aglomerante del polímero/plástico según su estructura.

El PVC es el polímero que emplea la más amplia gama de tipos y cantidades de aditivos, los más importantes de los cuales son los estabilizantes y los plastificantes.

Los estabilizantes de plomo son los de uso más común. Los de cadmio se utilizan en diversas aplicaciones, pero se le encuentran cada vez más sustitutos. Asimismo aumentan las posibilidades de utilización de sustitutos de los estabilizantes de plomo. La aplicación más importante tanto del plomo como del cadmio es en la fabricación de baterías y acumuladores. Con todo, una de las principales aplicaciones del plomo es como estabilizante en el PVC.

Los ftalatos representan cerca del 90% de los plastificantes en el PVC; por otra parte, el 90% de la producción de ftalatos se destina a aplicaciones en el PVC.

Algunos plásticos contienen aditivos piroretardantes<sup>1</sup>; entre los conocidos, figuran los óxidos de antimonio, los ésteres fosfáticos, las parafinas cloradas de cadena media (MCCP) y los piroretardantes bromados (BFR). Los productos químicos bromados son piroretardantes más utilizados en los plásticos y cumplen las normas de protección contra incendios UL-94. Los piroretardantes bromados se utilizan en particular en aparatos eléctricos y electrónicos, revestimientos, partes de automóviles, productos textiles protegidos, muebles, materiales de construcción y embalaje.

Se calcula en 150.000 toneladas anuales la demanda total de piroretardantes bromados<sup>[1]</sup>. En junio de 1995 los productores de los Estados Unidos de América y Europa firmaron un compromiso voluntario de la industria en el marco del Programa de Reducción de Riesgos de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). Los tres grupos de familias de piroretardantes bromados más estudiados son los bifenilos polibromados (PBB), los óxidos de difenilo polibromado (PBDPO) y el tetrabromobisfenol A (TBBPA).

Los aditivos citados quedan incorporados en el aglomerante del polímero. Ese aglomerante puede disolverse, por ejemplo a altas temperaturas (p. ej. incineración controlada) o mediante presión. Durante el uso y en el proceso de eliminación, ciertos aditivos enumerados en el cuadro 2 se desprenden del aglomerante del polímero hacia la atmósfera.

La composición de los desechos plásticos no sólo depende de la composición intrínseca de los diversos plásticos de que se trate, sino también de ciertas impurezas o contaminantes que puedan contener y que dependen del tipo de aplicación para la que se haya utilizado el plástico, del proceso de generación de los desechos o de la forma en que se hayan recogido los desechos plásticos. Por ejemplo, los plásticos empleados para envasar alimentos pueden contener aún residuos de alimentos, las láminas utilizadas en la agricultura pueden contener altos porcentajes de tierra y los desechos plásticos procedentes de cables pueden contener residuos metálicos. Cuando estos desechos plásticos son tratados, hay que tener en cuenta tanto la composición intrínseca del plástico como su contaminación por agentes extraños (véase también la sección 6). La presencia de estas impurezas y contaminantes puede influir en la posibilidad de manipular estos desechos de una forma ambientalmente racional, por lo que debe prestarse la debida atención.

### **3. Fuentes de desechos plásticos**

La cantidad total de desechos plásticos generados es muy inferior a la cantidad de plásticos producidos. La razón para que esto ocurra es que hay aplicaciones en las que el plástico se utiliza durante un período muy

---

<sup>1</sup> Report on incineration of products containing brominated flame retardants, OECD, 1998.

prolongado antes de su eliminación y, por consiguiente, todavía no ha entrado en la corriente de desechos en grandes cantidades.

La mayoría de los desechos plásticos se produce después del consumo. En los países de la OCDE los desechos después del consumo forman parte fundamentalmente de los desechos sólidos urbanos (DSU) y de los que generan también los sectores de la distribución y la gran industria, la agricultura, la construcción y demolición y los sectores automotor, electrónico y eléctrico (véase en el apéndice 13 la información relativa a Europa occidental en 1999). Las características y, en consecuencia, el tratamiento de los desechos antes y después del consumo son diferentes.

Los desechos plásticos anteriores al consumo, que representan por regla general menos del 10%, se generan durante la fabricación de plástico virgen a partir de materias primas (petróleo, gas natural, sal común, etc.) y durante la conversión del plástico en productos derivados. Los criterios que se mencionan más adelante para la reutilización o el reciclado de los plásticos no tienen por objeto indicar los riesgos, sino más bien promover prácticas sensatas de recuperación y reciclado. En el apéndice 2 figura un diagrama del proceso de producción y reciclado de plásticos.

### **3.1 Desechos plásticos antes del consumo**

Los desechos generados por los fabricantes de resinas a menudo son utilizables y pueden recuperarse y venderse, aunque puede ser necesario algún procesamiento intermedio. Sin embargo, algunos desechos plásticos no son apropiados como materia prima para ningún proceso. Ese puede ser el caso de:

- Materiales compuestos
- Plásticos que están demasiado degradados para mantener las propiedades necesarias para el procesamiento o para la utilización como subproducto
- Desechos contaminados (por ejemplo, partículas recogidas del suelo)

La fuente habitual de esos desechos son las industrias de conversión de plásticos. En el apéndice 12 se indican los tipos y las cantidades de desechos plásticos que generan habitualmente diversos procesos de fabricación. En general, hay una tendencia a utilizar en gran medida los desechos plásticos antes del consumo. Lo único que limita el reciclado de esos desechos parece ser la calidad del propio material, más que una falta de tecnologías para manipularlos.

#### **Producción de polímeros**

Pese a que la industria se empeña en producir sólo material de primera calidad, existen probabilidades de que una pequeña proporción de un polímero común no cumpla las especificaciones y no pueda utilizarse en su aplicación prevista. No obstante, ese material puede encontrar una utilización apropiada en otras aplicaciones para las cuales:

- cumple las restricciones reglamentarias en cuanto al contenido de monómero y/o de contaminantes
- Se mezcla con aditivos apropiados para cumplir la normativa local

- Contiene los aditivos necesarios para satisfacer las especificaciones de la aplicación de uso final

### **Composición de polímeros**

El proceso de combinación de los polímeros con los aditivos puede dar lugar a materiales que no satisfagan las especificaciones originales, pero que sean, no obstante, apropiados para otras aplicaciones. Puede que no se haya seguido la formulación o receta exacta de las cantidades de resina(s) y de los diversos aditivos, y hasta que se haya utilizado un material que no se ajusta a las especificaciones, lo que puede dar como resultado un material que no tiene el color, la dureza o las características de procesamiento correctas. Antes de reciclarlo es esencial asegurarse de que los compuestos del polímero:

- Responden a una formulación conocida y son apropiados para la nueva aplicación
- Se procesen en condiciones apropiadas para esa formulación
- Cumplen los requisitos reglamentarios de composición para la aplicación propuesta
- Son de calidad única o una mezcla conocida de calidades muy similares

### **Conversión (transformación) de plásticos**

La maquinaria de moldeo y extrusión puede producir al arrancar, al parar y en determinadas condiciones de funcionamiento, materiales de desecho que pueden utilizarse de nuevo en el lugar debido a su calidad o a limitaciones en las especificaciones. Probablemente habría que triturar esos desechos antes de poder reutilizarlos.

No obstante, esos materiales tal vez puedan utilizarse en otras aplicaciones. Es esencial asegurarse de que esos desechos:

- Son de una formulación conocida
- Se utilicen en una aplicación apropiada
- Se procesen en condiciones apropiadas para esa formulación
- No están contaminados ni degradados al punto que no se les pueda procesar
- Son de calidad única o una mezcla de calidades muy similares del material que satisfaga las normas exigidas para el material en su forma virgen

### **Ensamblaje o instalación de componentes de plástico**

Algunos plásticos se suministran como productos semielaborados. Cuando se procesan, quedan sobrantes o recortes que pueden reciclarse en la misma aplicación o en otras. Por ejemplo, los recortes resultantes del ensamblaje de marcos de ventanas de PVC-U pueden reciclarse para fabricar nuevos marcos de ventanas o conductos y tuberías. Los recortes resultantes del moldeo de tazas a partir de hojas de poliestireno (PS) pueden reciclarse para tazas o para estuches de casetes, por ejemplo. La instalación de tuberías, conductos o canalones de PVC o polietileno (PE) genera también recortes que pueden reciclarse en la fabricación de nuevas tuberías o conductos.



Esos materiales reciclados ofrecen el mejor rendimiento cuando:

- los desechos se clasifican en tipos individuales libres de contaminación
- Las espumas se mantienen separadas del material sólido
- Se seleccionan las condiciones de procesamiento para tener en cuenta la historia de procesamiento del desecho

### **3.2 Desechos plásticos después del consumo**

Los componentes de plástico llegan a menudo al final de la aplicación en que se utilizaron por primera vez sin que se hayan modificado sustancialmente las características del material. Los desechos antes del consumo están normalmente limpios, separados de otras resinas, físicamente próximos a un lugar donde pueden reciclarse y son bien conocidos en lo que se refiere a su origen y características físicas. Generalmente ese no es el caso de los desechos plásticos después del consumo. Por otra parte, los desechos después del consumo aparecen a menudo en forma de materiales compuestos, en particular mezclas de diferentes plásticos o de mezclas de desechos plásticos y no plásticos. Para poder reciclarlos, primeramente hay que limpiar y separar los plásticos en materiales homogéneos. Todos esos factores contribuyen a que el proceso de reciclado de los desechos después del consumo sea más difícil y costoso que el reciclado de desechos antes del consumo.

Cada vez son más los países que están promulgando legislación por la que se exige la recuperación de los plásticos que lleguen al final de su vida útil para que sean reciclados. La devolución a los proveedores de los componentes que hayan llegado al final de su vida útil puede también formar parte de las transacciones comerciales. La extracción de los plásticos de un equipo al final de su vida útil puede resultar difícil y costosa, pero esos materiales pueden reciclarse.

En el apéndice 13 se ofrece el ejemplo de Europa occidental en 1994 en lo que se refiere a la generación de desechos plásticos después del consumo por fuente del desecho, por resina y por tipo de embalaje.

Cada fuente de desechos tiene sus características propias:

- Los desechos sólidos urbanos (DSU) y los desechos plásticos de la agricultura se encuentran geográficamente más dispersos que los desechos originados por la distribución
- Los desechos del sector agrícola y los desechos originados por la distribución son más homogéneos que los DSU o los desechos automotores
- Los desechos de la construcción y la demolición y los DSU contienen más contaminantes que los desechos plásticos de artículos eléctricos y electrónicos

En Europa occidental, los cuatro plásticos principales (PE, PP, PVC y PS) constituyen en torno al 80% del total de la corriente de desechos plásticos. Los productos de embalaje constituyeron el 55% del total de desechos plásticos generados en Europa occidental en 1994 (apéndice 13).

## **Desechos urbanos y de los hogares**

Los desechos urbanos y de los hogares corresponden a la categoría Y46 del anexo II del Convenio de Basilea y se los cataloga de “desechos que requieren una consideración especial”. Los desechos sólidos urbanos (DSU) tienen un bajo contenido en plásticos (de tan sólo 8%). Aunque no se trata de un objetivo directo de las presentes directrices, algunas Partes han promulgado leyes relativas a los desechos, por las que se exige a los hogares, a los comercios y a la industria que separen y recojan para su reciclado los plásticos que de otra forma pasarían a formar parte de los DSU. Esos materiales son reciclables e incluso se les pueden transportar al exterior para su reciclado. Habrá que clasificarlos en corrientes de polímeros separadas y limpiarlos antes de que se les pueda reciclar.

De los plásticos que figuran entre los DSU, se estima que el 41% corresponde a PE, 18% a PP, 9% correspondería a PS/EPS y PVC y 7% a PET (cifras correspondientes a 1993 para Europa occidental, apéndice 13). En general, los plásticos procedentes de los hogares constan de una mezcla de distintos materiales difíciles de identificar.

Entre los ejemplos de plásticos que llegan al final de su vida útil cabe citar:

Tuberías de agua potable water y de drenaje	PVC-U, PE-HD
Cables/aislamiento de cables	PE-LD, PE-HD, PVC-P, PTFE
Marcos de ventanas y recortes de la construcción	PVC-U, PVC-E
Armarios de ordenadores y teclados	PVC-U, PS
Botellas	PET, PE-HD, PVC-U
Láminas para embalaje	PP, PE-LD, PE-HD, PVC-U, PVC-P

## **Desechos plásticos procedentes de la distribución y de las grandes industrias**

En segundo lugar, después de los DSU se encuentra este sector que produce cantidades de desechos plásticos, entre ellos bolsas, bidones y contenedores para las industrias química y alimentaria, láminas para envasar, equipo industrial obsoleto, cajas, etc. Los principales plásticos utilizados son PE, PP, PS y PVC. En este sector, la recogida de materiales plásticos bien definidos es más fácil que en los hogares.

## **Desechos plásticos procedentes de la agricultura**

La agricultura en Europa occidental utiliza plásticos de PP, PE y PVC, que generalmente tienen una vida útil entre corta y media. Entre los productos de vida corta cabe citar los cobertores plásticos para invernaderos y los sacos para los fertilizantes. Entre los productos con una vida útil media figuran las tuberías y válvulas de riego, contenedores, bidones y tanques.

## **Desechos plásticos de la construcción y demolición**

La industria de la construcción en Europa occidental utiliza predominantemente plásticos de PE y PVC (apéndice 13). El sector de la construcción suele utilizar plásticos en aplicaciones durante mucho más tiempo que cualquier otro sector importante de la industria, lo que hace difícil estimar las cantidades de

desechos generados sobre la base del consumo. Fuentes de la industria de la construcción consideran que 10% del consumo actual es un cálculo razonable de los desechos que genera el sector.

#### **4. Manipulación ambientalmente racional y en condiciones de seguridad, compactación, transporte, almacenamiento y traslado de los desechos plásticos**

Todos los desechos plásticos pueden reciclarse. Las posibilidades de reciclado y el valor, tanto económico como en aplicaciones, de los desechos plásticos aumenta si se clasifican por tipo de plástico. Las mezclas de plásticos pueden igualmente reciclarse, pero tienen menos aplicaciones en la actualidad y rara vez pueden sustituir al plástico virgen.

##### **4.1 Manipulación ambientalmente racional y en condiciones de seguridad**

Los materiales de desecho de todo tipo, sean peligrosos o no, deben manipularse de forma tal que se reduzcan al mínimo los riesgos para la salud humana. Los desechos resultantes de los procesos de fabricación y mezcla de polímeros son los que tienen mayores probabilidades de ser enviados en forma de polvo o gránulos contenidos en grandes sacos o en contenedores a granel. Los desechos procedentes del fin de la vida útil de una aplicación probablemente sean voluminosos y requieran compactación en balas o en bolsas, algo común en muchas actividades industriales. Los empleados deben recibir ropas de protección apropiadas y se les debe impartir también capacitación en la manipulación de contenedores grandes y pesados en condiciones de seguridad, también debe dotárseles de equipo apropiado, como angarillas, carretillas elevadoras de paleta y montacargas de horquilla. En el apéndice 3 se muestra el tipo de directrices detalladas sobre manipulación ambientalmente racional y en condiciones de seguridad que tienen que cumplir los gerentes de las empresas encargadas de la clasificación y el reciclado de plásticos del Reino Unido.

##### **4.2 Compactación**

Los residuos plásticos procedentes de desechos de embalajes, del fin de la vida útil de artículos y de la conversión de productos semielaborados pueden ocupar mucho espacio y contener más de un tipo de desechos plásticos. Para que el transporte y el almacenamiento resulten económicos es necesario compactarlos. Los procesos de compactación más comunes son el empaquetado en balas y la trituración.

La trituración puede ser un proceso seco o húmedo. La trituración húmeda se utiliza no sólo para conseguir la compactación, sino también para iniciar el proceso de limpieza de los residuos plásticos mediante la eliminación de las etiquetas de papel, los pegamentos y la suciedad. Aunque tanto el empaquetado en balas como la trituración son procesos bien conocidos, ambos requieren personal bien capacitado y equipado. Siempre que sea posible, los desechos deben clasificarse en corrientes de un sólo producto antes de la compactación.

Las mezclas de plásticos y las corrientes de desechos de un sólo plástico pueden triturarse, pero para que las operaciones sean ambientalmente racionales y seguras es necesario destacar lo siguiente:

- Algunos mercados no aceptan material triturado porque se exigen normas de calidad superiores a las que se pueden conseguir mediante los procesos de clasificación habituales

- El triturador debe estar construido e instalado de forma que el operador quede protegido de los fragmentos despedidos, de los desechos de láminas que puedan enredarse y del ruido
- El triturador debe estar protegido de la contaminación por metales mediante sistemas de detección y retirada de metales
- Los residuos plásticos mezclados deben triturarse únicamente si se puede garantizar una aplicación para el producto mezclado o si se dispone de un sistema de clasificación posterior a la trituración capaz de producir corrientes de material único de calidad aceptable
- Antes de reprocesar los materiales triturados, deben secarse y acondicionarse con arreglo a las especificaciones aplicables al material virgen

La compactación en balas es idónea en el caso de los desechos de componentes, láminas y botellas. Tiene la ventaja de que la clasificación posterior a la compactación es un proceso simple que requiere poca tecnología. Una compactación en balas eficaz y segura de balas requiere que se preste atención a lo siguiente:

- La compactación excesiva de desechos plásticos en balas puede hacer que los desechos se fundan en una masa sólida muy difícil de volver a separar
- Las balas compactadas almacenan una gran cantidad de energía, por lo que los flejes de acero o poliéster inoxidables que se utilicen deben ser lo suficientemente fuertes para sujetar durante mucho tiempo el material compactado
- Al abrir las balas debe tenerse cuidado en evitar posibles lesiones causadas por la liberación súbita de energía
- Las balas que no estén suficientemente compactadas son inestables
- Las balas deben manipularse únicamente con las carretillas elevadoras de paletas o con los montacargas de horquilla

### **4.3 Transporte**

El transporte de residuos plásticos triturados o embalados requiere que se preste una considerable atención a la estabilidad y la protección de la carga. Las balas y bolsas no deben apilarse por encima de 2,5 metros de altura y la carga debe asegurarse con lonas alquitranadas o cuerdas fuertes. La carga debe protegerse de la intemperie y del vandalismo durante el tránsito. Cuando se descarguen desechos plásticos debe ponerse especial cuidado en garantizar la seguridad del personal.

### **4.4 Almacenamiento**

Lo ideal sería que todos los plásticos destinados al reciclado ya sea triturados o embalados se almacenaran sobre superficies de hormigón limpias. Si los desechos plásticos se almacenan en interiores, debe disponerse de instalaciones automáticas de extinción por aspersores para prevenir grandes incendios o facilitar su extinción si llegara a producirse. Si se almacenan en exteriores deben protegerse contra las inclemencias del tiempo y la contaminación mediante lonas alquitranadas o piezas de polietileno negras. La contaminación de

los plásticos por el polvo y la tierra puede evitarse colocándolos sobre tarimas. Debe establecerse un límite estricto a la altura de las pilas (por ejemplo no más de tres balas) para evitar que el personal sufra daños si una bala llegara a caer. Los polímeros se degradan con la exposición prolongada a la luz ultravioleta, que provoca un deterioro de las propiedades físicas y químicas del plástico.

Los polímeros almacenados en exteriores deben estar cubiertos con un material que los proteja de la radiación UV. La necesidad de protección varía según el tipo de polímero virgen, como se muestra en el cuadro 4. El polímero virgen puede combinarse con aditivos que aumenten su resistencia a la exposición a la radiación UV.

**Cuadro 4**  
**Exposición y degradación de resinas/polímeros vírgenes**

<b>Resina/polímero virgen</b>	<b>Período máximo de almacenamiento en exteriores sin protección</b>
PET	6 meses
PE-HD	1 mes
PVC	6 meses
PE-LD	1 mes
PP	1 mes
PS	6 meses
PTFE	Indefinido

El espacio de almacenamiento no debe quedar completamente ocupado por los desechos plásticos. El equipo con que se manipula el material y los vehículos de servicios de emergencia deben tener libre acceso a todas las zonas. Para los trabajadores deben preverse muchos corredores de salida de la zona de almacenamiento amplios, bien señalizados y fáciles de encontrar. La zona de almacenamiento debe estar protegida contra la entrada de personal no autorizado y el equipo de extinción de incendios debe ser de fácil acceso (véase la sección 7: Protección contra incendios). Esas precauciones son similares a las que se toman con muchos otros materiales.

#### **4.5 Traslado para el reciclado**

Los desechos plásticos destinados al reciclado sólo deben trasladarse cuando:

- Estén debidamente empaquetados, en balas en caso de materiales compactados o en contenedores o bolsas en el caso de materiales triturados, para protegerlos durante el tránsito. Los materiales empaquetados deben satisfacer los requisitos de manipulación segura de la Parte receptora
- Estén claramente etiquetados para que se conozca el tipo de material, el lugar de procedencia y el nombre de una persona responsable en la organización expedidora
- El cliente haya recibido documentación en la que se indiquen el tipo o tipos de desechos plásticos que van a enviarse y las instrucciones de manipulación correspondientes
- El empaquetado y la expedición se hayan hecho cumpliendo las directrices del Comité de Expertos de las Naciones Unidas en transporte de mercancías peligrosas. Los plásticos y el

empaquetado de plásticos no tienen que etiquetarse con arreglo a las directrices del Comité, ya que no se les considera mercaderías peligrosas.

## **5. Cuestiones de salud y seguridad**

Para velar por que los desechos plásticos limpios se manipulen de forma segura y eficiente, el proveedor y el receptor de los materiales deberán procurar que se disponga de la siguiente información, cuando se solicite:

- La identidad, calidad y forma del envío
- Las instrucciones para la manipulación segura relativas a los materiales de que se trate
- Las ropas de protección que deberán usar los empleados, incluidos las gafas protectoras y los tapones de protección del oído, guantes, calzado protector, máscaras filtrantes y cascos, en función del tipo de procesamiento que vaya a recibir el material
- El almacenamiento seguro de los materiales compactados, incluido el equipo de manipulación mecánica, la altura y la estabilidad máximas de apilado y el espaciado entre las pilas
- La prevención de incendios, lucha contra incendios, extintores de incendios, emisiones de los desechos en combustión, advertencias para los bomberos y modo de tratar los residuos de la combustión

Los desechos plásticos contaminados pueden entrañar mayor o menor riesgo según el contaminante de que se trate. Los desechos plásticos contaminados con sustancias peligrosas, como los plaguicidas (Y4), no deben enviarse a otras Partes para su recuperación, sino que, de ser posible, deben mantenerse en el país de origen y ser tratados allí. Lo mismo se aplica al empaquetado de otras sustancias peligrosas.

El conocimiento de la procedencia de los desechos y la información sobre la manera en que se generaron permite conocer los posibles riesgos debidos a la contaminación y ayuda a mejorar el proceso de reciclado y a reducir el riesgo para el personal. Cuando se manipulan bultos procedentes del sector agrícola, la presencia de plaguicidas es motivo de especial preocupación. Si no se dispusiera de una instalación de tratamiento en el país de origen, el envío a otra Parte que cuente con instalaciones apropiadas sólo debe permitirse si resulta aceptable con arreglo a la normativa local o internacional.

Los plásticos contaminados, como los embalajes utilizados para los plaguicidas u otros productos químicos peligrosos, deben manipularse con especial cuidado, pues pueden resultar peligrosos, según el tipo y el grado de la contaminación, en cuyo caso el residuo deberá tratarse según lo establecido para los desechos peligrosos.

Tal vez sea menester empaquetarlos y etiquetarlos debidamente de conformidad con las directrices del Comité de Expertos de las Naciones Unidas en transporte de mercaderías peligrosas. Esos desechos no se podrán expedir como si estuvieran incluidos en el anexo IX del Convenio de Basilea, por lo que deberán seguirse los procedimientos apropiados en caso de que se produce un movimiento transfronterizo.

En ciertos casos tal vez sea posible eliminar los contaminantes mediante un proceso de descontaminación. Una vez se haya llevado a cabo la descontaminación, los desechos plásticos podrán procesarse mediante

tecnologías similares a las que se aplican a los desechos plásticos sin contaminar, siempre que el proceso de descontaminación haya demostrado resultado efectivo.

Los desechos plásticos poco contaminados con trazas de materiales no peligrosos, como restos de alimentos o bebidas por ejemplo, presentan un riesgo parecido a la mayoría de otros envíos comerciales. Cuando están contaminados con restos de alimentos en grandes cantidades pueden aparecer problemas de microorganismos, olores y plagas.

El reprocesamiento en otro país puede llevarse a cabo de forma segura si se dispone del equipo y los conocimientos apropiados y si la normativa local lo permite. El proveedor y el receptor son IGUALMENTE responsables de estar plenamente informadas del tipo de material de que se trata y de la naturaleza de la contaminación.

Siempre que sea posible se deberá observar lo siguiente:

- Los desechos médicos y biomédicos no deben enviarse para su reciclado, sino que deben retenerse en el país de origen para su eliminación final en condiciones de seguridad mediante incineración u otra técnica de destrucción autorizada<sup>21</sup>
- Los contenedores de plástico utilizados en los hospitales para el agua esterilizada u otras soluciones acuosas pueden reciclarse con seguridad siempre que se hayan mantenido separados de los desechos médicos y clínicos
- Los desechos plásticos limpios pueden contaminarse con agua, plagas de insectos y suciedad durante su transporte y almacenamiento si no se protegen adecuadamente
- Los desechos plásticos que la Parte receptora sospeche puedan estar contaminados con sustancias peligrosas NO deben procesarse, sino que deben devolverse en condiciones de seguridad a la Parte proveedora o a otra Parte que disponga de instalaciones apropiadas autorizadas

Para la manipulación de desechos plásticos procedentes de los servicios de salud deben tenerse en cuenta también las directrices técnicas sobre el manejo de los desechos clínicos y biomédicos (Y1 e Y3).

## **6. Protección contra incendios**

### **Consideraciones generales**

Algunos polímeros o plásticos arden con facilidad y tienen un alto valor calorífico, en tanto que otros, como el PVC, no arden fácilmente. Algunos plásticos contienen aditivos pirorretardantes.

Es muy poco probable que los materiales plásticos almacenados para ser transportados o reciclados ardan espontáneamente, pero pueden ser vulnerables al descuido y al vandalismo. Deberán cumplirse invariablemente las siguientes normas:

- Los materiales plásticos destinados al reciclado deben almacenarse en exteriores, a menos que exista una zona de almacenamiento en interiores con una instalación automática de extinción por aspersor

- Debe prohibirse fumar en las zonas de almacenamiento y procesamiento de desechos plásticos, y esas zonas deben protegerse mediante vallas de seguridad
- Debe mantenerse un fácil acceso a todas las partes de la zona de almacenamiento mediante estructuras de apilado bien organizadas y supervisadas a fin de garantizar unas condiciones de trabajo eficaces, vías de escape de emergencia de fácil acceso para el personal y un acceso directo para los vehículos de servicios de emergencia
- En la zona de almacenamiento debe haber extintores adecuados a mano, aunque el personal sólo debe intentar extinguir el fuego cuando empieza
- Podría ser útil tener una lista de las cantidades y tipos de los desechos presentes en los locales para que los servicios de emergencia puedan evaluar la probable extensión del incendio, ya que muchos plásticos tienen un alto valor calorífico y una vez incendiados arden con rapidez
- Los planes de emergencia son también instrumentos útiles para mejorar el estado de preparación de los servicios de emergencia en caso de incendio u otra situación análoga

En caso de incendio (en cualquier actividad industrial):

- Todo el personal debe evacuar el local inmediatamente y reunirse en lugares establecidos para proceder al recuento, y
- Se debe avisar inmediatamente a los servicios de emergencia y recordarles lo siguiente:
  - ? La velocidad a la que puede propagarse el fuego en los plásticos incendiados
  - ? Que los plásticos incendiados pueden formar una corriente voluble de material inflamado capaz de trasladar el incendio rápidamente a otras zonas y puede también bloquear los drenajes
  - ? La necesidad de utilizar aparatos de respiración autónomos al entrar a un edificio donde hay materiales en combustión.

## 6.2 Humos y gases tóxicos

Es un hecho reconocido que la causa principal de muerte en los incendios accidentales es la inhalación de monóxido de carbono y humo<sup>[3]</sup>. Las brigadas contra incendios consideran tóxicos el humo y los vapores procedentes de cualquier incendio accidental y utilizan aparatos de respiración autónomos al entrar a un edificio en llamas, sean cuales sean los materiales incendiados.

El PVC y los fluoropolímeros al arder emiten gases ácidos, pero su ignición es mucho más difícil que la de los demás plásticos y arden muy lentamente. Los bomberos consideran que el cloruro de hidrógeno que se desprende del PVC al arder tiene efectos parecidos a los del monóxido de carbono. El fluoruro de hidrógeno emitido por los fluoropolímeros al arder es más tóxico que el monóxido de carbono, pero es poco probable que esté presente en cantidades significativas.

El hollín procedente de los materiales en combustión, naturales y artificiales, contiene pequeñas concentraciones de materiales más tóxicos, por lo que se le debe manejar con cuidado utilizando ropas de



protección apropiadas<sup>[4]</sup>. Los materiales tóxicos están firmemente adheridos a la superficie de las partículas de hollín y, por tanto, no son muy activos desde el punto de vista biológico.

Remítase al apéndice 4 para más información sobre incendios en las plantas de reciclado.

## 7. Segundas aplicaciones de los materiales plásticos

La necesidad de proteger la salud humana y el medio ambiente y de conservar los recursos naturales son objetivos clave del Convenio de Basilea. En este sentido, muchos gobiernos han adoptado políticas de manejo ambientalmente racional de los desechos, reduciendo al mínimo la cantidad de materiales de desecho que se eliminan en vertederos y haciendo hincapié en el valor del reciclado mecánico. Cuando la reutilización no es el modo más ambientalmente racional de extraer valor de los desechos, una variante es reciclarlos como materia prima o utilizarlos para recuperar energía de forma que no se pierda su valor intrínseco.

En los países industrializados se han desarrollado en gran escala dos métodos tecnológicos de recuperación de los desechos plásticos: la incineración con recuperación de energía y el reciclado mecánico. Ahora bien, la eliminación de desechos plásticos en vertedero predomina todavía sobre esos dos métodos. Por ejemplo, en Europa occidental en 1994, se utilizaron un millón de toneladas de desechos plásticos después del consumo en la fabricación de plásticos reciclados. En ese mismo año, el destino de las corrientes de desechos plásticos en la Unión Europea fue el siguiente:

Reciclado mecánico	6%
Recuperación de energía	13,4%
Incineración sin recuperación de energía	3.1%
Eliminación en vertederos	76,0%
Exportados fuera de la Unión Europea	1,2 %
Reciclado químico	marginal.

### 7.1 Recogida selectiva de desechos de materiales plásticos

La recogida y la clasificación de desechos plásticos son habitualmente las dos primeras etapas en el reciclado de los desechos plásticos después del consumo. Los plásticos pueden separarse de los materiales no plásticos antes de su recogida o pueden separarse de una corriente mixta de desechos después de su recogida.

#### Sistemas de recogida de desechos plásticos de los hogares

Los desechos de envases plásticos de uso doméstico se recuperan mediante programas de recogida basados en sistemas de puntos de depósito (contenedores en las calles) o en las aceras (cubos o bolsas especiales). Las instrucciones que se dan a los hogares y la gama de desechos plásticos recogidos varían de un sistema a otro. En los puntos de depósito suelen recogerse, por regla general, sólo botellas. En algunos países de la OCDE, se recogen en las aceras sólo botellas o todo tipo de envases plásticos “secos y limpios” desechados. Desde un punto de vista técnico, los sistemas de recogida en puntos de depósito son bastante simples y

homogéneos. Los sistemas de recogida en las aceras son más diversificados y su frecuencia de recogida varía (semanal, mensual, etc.), así como el equipo utilizado, por ejemplo vehículos corrientes de recogida de DSU, camiones compartimentados, y las instrucciones que se dan a los hogares, a saber recogida por separado de plásticos reciclables o recogida de materiales reciclables combinados (véase el cuadro 5).

La experiencia de los países desarrollados pone de relieve que son muchos los factores que afectan al costo de la recogida selectiva. La dispersión geográfica de los desechos que hay que recoger y el poco volumen de los plásticos recogidos son los factores más importantes que explican el elevado costo de la recogida de los desechos plásticos en comparación con los de otros materiales reciclables, como el papel y el vidrio. Además, el nivel de participación de la población y su receptividad a los sistemas de recogida selectiva tienen un efecto muy importante en los costos. La participación del público en los sistemas de recogida de desechos plásticos entre los DSU influye en la cantidad y la calidad de los desechos plásticos recogidos y, por tanto, en el costo por tonelada de materiales reciclables. Las campañas de sensibilización pública constituyen un elemento importante para atraer la participación de la población.

**Cuadro 5**  
**Comparación entre la recogida en puntos de depósito y en las aceras**

(Fuente: Elementos para un tratamiento económico de los desechos plásticos en la UE, CE, 1997)

	<b>Puntos de depósito</b>	<b>En las aceras</b>
<b>Principios</b>	Los particulares llevan las botellas de plástico a contenedores situados en la calle	Los plásticos se recogen periódicamente en cada puerta
<b>Alcance</b>	Solamente botellas de plástico	Únicamente botellas de plástico o todo tipo de envases plásticos
<b>Técnicas</b>	Casi normalizadas:  Contenedores + vehículos de recogida	Diversas:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recogida en cubos o bolsas</li> <li>• Recogida separada de los plásticos o con otros materiales reciclables</li> <li>• Recogida separada o simultánea de materiales reciclables y desechos residuales (vehículos de recogida compartimentados)</li> <li>• Frecuencia de recogida variable</li> </ul>
<b>Principales factores que influyen en los costos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poco volumen de los plásticos</li> <li>• Participación de la población</li> <li>• Contexto local (urbano, rural)</li> </ul>	
	Volumen de los contenedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia de recogida</li> <li>• Recogida sólo de plásticos o mezclados con otros materiales reciclables</li> </ul>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La concentración de los plásticos comienza en los hogares, lo que facilita la recogida</li> <li>• Costos limitados en lo fundamental a la instalación de contenedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena calidad del servicio</li> <li>• Altas tasas de recuperación</li> </ul>
<b>Limitaciones</b>	Bajas tasas de recuperación Efecto visual	Costo elevado de la recogida

Los costos de recogida pueden variar enormemente entre un tipo y otro. En el futuro inmediato se adquirirá experiencia con los costos y las ventajas de las distintas soluciones. Sin embargo, es probable que se mantenga la diversidad de sistemas debido a que cada uno de ellos presenta limitaciones distintas y a que cada gobierno municipal y cada población abordan de manera diferente este servicio.

La posibilidad de organizar sistemas de recogida selectiva depende fundamentalmente de la cantidad de materiales reciclables que se vayan a recoger por separado y de la frecuencia de la recogida de los DSU. Los planes de recogida se dificultan mucho más en los puntos de depósito que en las aceras y en las zonas rurales más que en las urbanas y semiurbanas. En las zonas rurales, el efecto visual de los sistemas de puntos de depósito puede ser motivo de preocupación. Cuando la recogida selectiva se realiza con vehículos compartimentados, se pueden hacer una recogida simultánea (parte en materiales reciclables y parte en residuos).

### **Sistemas de recogida de desechos plásticos industriales y comerciales**

La recogida de desechos industriales y comerciales se organiza habitualmente mediante grandes contenedores alquilados por el productor de los desechos y recogidos periódicamente por operadores privados. El mismo sistema se utiliza para los distintos tipos de desechos: industriales, embalaje utilizado en el comercio e incluso desechos procedentes de la agricultura (pueden situarse, por ejemplo, contenedores de recogida en las granjas agrícolas). El costo de recogida por tonelada suele ser más bajo que en el caso de los desechos recogidos en los hogares. La calidad del material recogido es alta.

### **7.2 Clasificación para el reciclado mecánico**

Los materiales plásticos que han llegado al final de su vida útil deben separarse de los demás materiales y, cuando convenga y sea sensato, clasificarse en tipos de plástico específico antes de su reprocesamiento para una segunda aplicación. Esta es una condición indispensable para un reciclado económico de los plásticos. Los materiales plásticos de embalajes que han llegado al final de su vida útil contienen diferentes materiales que pueden clasificarse a mano porque llevan una marca de identificación del material del tipo que se muestra en el apéndice 7b, aunque pudiera ser un factor limitante el hecho de que algunos no estén marcados. Las condiciones de trabajo de los operarios que se ocupan de la clasificación manual requieren especial consideración.

Es indispensable tener una gran experiencia para separar los componentes plásticos en corrientes de un plástico único, a menos que esté claramente indicado el tipo de plástico de que se trata. A veces no merece la pena separar para el reciclado los artículos de plástico pequeños, pero pueden utilizarse para la recuperación de energía. En el cuadro 6 figura una reseña de las tecnologías de separación e identificación disponibles y algunas de sus características.

**Cuadro 6**  
**Reseña de las técnicas de separación e identificación de los**  
**plásticos. Identiplast, APME**

<b>Procedimiento</b>	<b>Principio</b>	<b>Evaluación de la eficacia</b>
<b>Separación por flotación - hundimiento</b> <sup>[5]</sup> (apéndice 11)	Separación por gravedad específica	Sólo es eficaz la separación de dos o tres plásticos; bajo efecto de separación; los rellenos perturban el proceso
<b>Separación por centrifugación</b>	Separación por gravedad específica	Pureza entre 95 y 99,9%
<b>Flotación</b> (apéndice 11)	Adición selectiva de burbujas de aire en un medio acuoso	Es necesaria la adición de reactivos, baja eficiencia, los aditivos y rellenos perturban el proceso
<b>Separación por flotación mediante reactivos selectivos</b> <sup>[6]</sup> (apéndice 11)	Cuatro plásticos: PVC, PC, POM y PPE, pueden separarse de sus mezclas sintéticas por medio de agentes humectantes comunes, como el sulfonato sódico de lignina, el ácido tánico, el aerosol OT y la saponina	Pureza entre 87 y 90%
<b>Electroseparación</b> <sup>[6]</sup>	Uso de carga electrostática en campos eléctricos para separar el PVC y el PE de cables y alambres	Pureza superior al 90%, los contaminantes perturban el proceso, revestimiento de la superficie
<b>Espectroscopia del infrarrojo medio (MIR)</b> <sup>[7]</sup>	Pueden distinguirse once clases de plásticos: PE, PP, PVC, ABS, PC, PA, PBT, PPE, y EPDM. Espectroscopia de reflexión de 2,5 a 50 $\mu\text{m}$ , estimulación de oscilaciones de grupo	Buena identificación de plásticos técnicos, amplia preparación de la muestra, no puede automatizarse y es muy lento (= 20s/análisis)
<b>Espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR)</b>	Separación de PET, PVC, PP, PE, y PS (espectroscopia de reflexión de 800 a 2500 nm, estimulación de oscilaciones armónicas y oscilaciones combinadas)	Buena identificación de envases plásticos, los rellenos (hollín) perturban el proceso, revestimientos de superficies, geometría de las muestras. Imposible identificar polímeros de color negro y aditivos
<b>Espectroscopia de plasma inducido por láser complementada con espectroscopia NIR</b> <sup>[8]</sup>	Se dirige un haz láser pulsatorio hacia el plásticos para producir un fognazo debido a una densidad de potencia elevada. El fognazo genera un plasma hiperdenso que excita todos los elementos atómicos en el volumen enfocado	
<b>Espectroscopia por rayos infrarrojos basada en la transformada de Fourier (FT-IR)</b> <sup>[7]</sup>		Funciona para todos los plásticos, pero se necesitan largos períodos de medición para los plásticos de color negro debido a la preparación y medición de las muestras
<b>Espectroscopia por rayos UV del espectro visible infrarrojo (UV-VIS)</b> <sup>[5]</sup>	Espectroscopia de reflexión de 200 a 400nm, estimulación de vibraciones y electrones	Identificación mínima de los polímeros, gran influencia de los aditivos (tintes), difícil de automatizar

Procedimiento	Principio	Evaluación de la eficacia
<b>Espectroscopía fotoelectrónica láser (PES)<sup>[5]</sup></b>	Separación de PET, PVC, PP, PE, y PS. Espectroscopía de emisión láser-plasma-átomo/respuesta de impulso térmico/termografía por rayos infrarrojos	Identificación mínima de polímeros, identificación de ingredientes heteroatómicas; en principio automatizable
<b>Fluorescencia de rayos X<sup>[9]</sup></b>	Los espectros lineales de rayos X utilizados como método de detección muestran la presencia de elementos	Identificación mínima de polímeros, identificación de elementos, difícil de automatizar. Eficaz sólo para separar PVC de los plásticos PETE
<b>Discriminación óptica<sup>[9]</sup></b>	Utilizado como método de detección. Inspección óptica mediante fotodiodos o visión mecánica con dispositivos de acoplamiento de carga (CDD)	Útil para clasificar plásticos según la transparencia y el color, pero no puede identificar químicamente a los polímeros
<b>Espectroscopía de masas<sup>[5]</sup></b>	Detección de productos pirolíticos mediante espectroscopía de masas	Demasiado tiempo ( $\geq 1$ min.), poco efecto de separación, difícil de automatizar
<b>Separación electrostática<sup>[6]</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separación de lanilla de PVC reticulada con PE de cables</li> <li>- Separación de copos mezclados de PVC y PET en botellas desechadas</li> </ul>	

Los artículos eléctricos y electrónicos suelen ser mezclas complejas de metales y plásticos. La separación de los plásticos y los metales requiere mucha mano de obra, pero es bastante simple.

Algunas mezclas de materiales triturados pueden separarse fácilmente utilizando tanques de separación por flotación/hundimiento. De esa manera los PVC triturados, que se hunden en el agua, pueden separarse del polietileno o el polipropileno triturados, que flotan. Los PET triturados pueden separarse del polietileno o el polipropileno triturados de la misma manera. El PVC y el PET no pueden separarse de esa forma porque tienen densidades muy parecidas y la separación de los componentes plásticos originales es el único método práctico. Las mezclas de láminas trituradas son mucho más difíciles de separar con el método de flotación/hundimiento.

Dado que la aplicación de cualquier tecnología entraña costos, puede haber dificultades económicas para aplicar esas tecnologías en determinados casos. Algunas de las tecnologías ya gozan de reconocimiento general y se las puede utilizar, pero las demás se encuentran aún en las etapas iniciales de desarrollo.

### 7.3. Reciclado mecánico

Todos los polímeros pueden reciclarse con éxito para segundas aplicaciones sin que ello repercuta de manera significativa en el medio ambiente. En el apéndice 7a se ofrece una reseña general de los distintos polímeros y copolímeros. Una vez limpios y triturados, el proceso de reciclado de los materiales plásticos es muy parecido al proceso de producción.

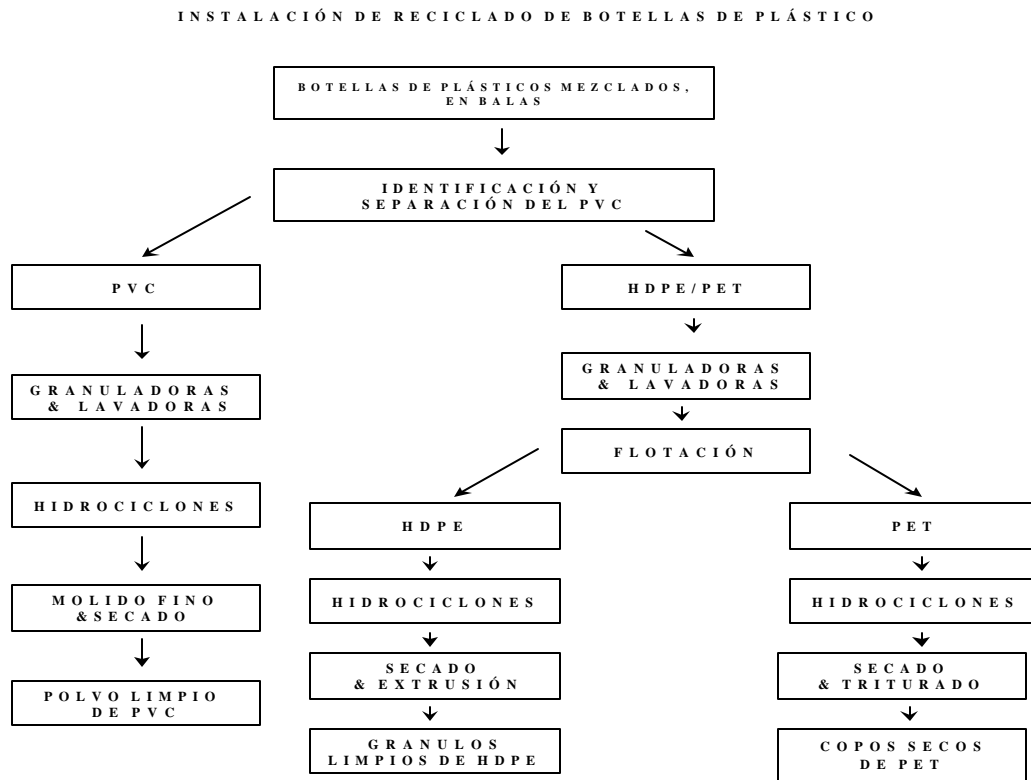
Las tasas de reciclado son más altas cuando existe un suministro constante de desechos limpios de un material único. Sólo las empresas con conocimientos en la mezcla de polímeros y aditivos pueden procesar

satisfactoriamente los desechos de polímeros. Algunas mezclas de polímeros pueden procesarse juntas; otras son incompatibles.

#### 7.4 El reciclado de los plásticos en la práctica

##### Reciclado de botellas de plástico

Las botellas de plástico se producen normalmente a partir de uno de tres polímeros: PVC, PET o PE-HD. Para conseguir un proceso viable de reciclado de los millones de botellas presentes en la corriente de desechos, la separación automática en las fracciones de polímeros individuales ha sido un objetivo del trabajo de la labor de aprovechamiento industrial. Esos procesos de separación automática funcionan ya en varios lugares de Europa. En la ilustración 2 se ofrece un ejemplo de un separador de diferentes tipos de plástico:



**Ilustración 2. Separación de plásticos mezclados en una instalación automatizada de reciclado de botellas**

### **Poliétileno de alta densidad (PE-HD)**

El PE-HD se utiliza para fabricar láminas, botellas y bidones, entre otras cosas. La lámina de PE-HD de los envases comerciales o industriales se recicla, no así la utilizada en las bolsas de la compra. El material de las botellas y envases plásticos se recicla en nuevas botellas moldeadas mediante soplado o en contenedores mucho más grandes como barriles para agua de lluvia y bidones para compostaje. El producto reciclado finamente molido se utiliza también en procesos de moldeo por rotación para fabricar contenedores grandes y pequeños. En Europa occidental en 1996, el PE-HD constituyó 18%<sup>[10]</sup> del total de desechos plásticos después del consumo que se reciclaron mecánicamente, un equivalente de 329.000 toneladas.

### **Poliétileno de baja densidad (PE-LD, PE-LLD, PE-X)**

Gran parte del PE-LD se utiliza en envases y en envolturas en la agricultura. Las envolturas de PE-LD recuperadas de los envases se utiliza más habitualmente en la fabricación de nuevas envolturas. Los desechos transparentes de alta calidad encuentran una aplicación en bolsas de la compra, por ejemplo, mientras que el material de calidad inferior se utiliza en bolsas para basura. Los desechos plásticos de aplicaciones agrícolas se utilizan para fabricar nuevas envolturas para la agricultura. Algunas láminas de PE-LD se utilizan en la fabricación de tarimas de plásticos mezclados que sustituyen a las de madera, en paneles insonorizados y en el pavimento de aparcamientos. Alrededor del 45%<sup>[10]</sup>, o sea 823.000 toneladas, de los plásticos después del consumo que se reciclaron en 1999 en Europa occidental eran PE-LD o PE-LLD (poliétileno lineal de baja densidad).

El PE-LD se utiliza también en el aislamiento y la protección de cables. Los desechos de la producción de cables y de cables al fin de la vida útil<sup>[11]</sup> pueden separarse en tipos de polímeros y metal del conductor. El PE-LD recuperado puede volver a mezclarse con pigmentos y aditivos y utilizarse en barreras acústicas, perfiles para muebles, contenedores pequeños y macetas.

Los cables revestidos y aislados con PE-LD se tratan a veces químicamente o con radiaciones para enlazar las moléculas del polímero y aumentar su resistencia a la abrasión. En ese caso el material se llama poliétileno entrecruzado (PE-X) y no se puede reciclar mecánicamente, aunque sí puede utilizarse para la generación de energía en incineradores autorizados o reciclarse como materia prima.

El PE-LLD se utiliza principalmente en embalaje industrial y envases comerciales. Puede reciclarse para segundas aplicaciones análogas si se le consigue en una corriente separada. Puede utilizarse también en productos fabricados a partir de mezclas de plásticos.

### **Poliéster (tereftalato o teraftalato de poliétileno (PET))**

El mayor uso afibrógeno del poliéster es en las botellas para agua, bebidas refrescantes y alimentos. Parte del material puede proceder de la producción de polímeros y de procesos de conversión, pero la mayoría de los desechos plásticos de PET para el reciclado se extraen de la corriente de desechos urbanos. En algunos Estados Parte funcionan procesos probados de extracción y clasificación de botellas de PET entre otros desechos para su limpieza y granulación con destino al reciclado. El PET reciclado se destina fundamentalmente a la producción de fibra, ya sea en hilos finos para tejidos o en fibras más gruesas para material aislante.

El PET contaminado con otros polímeros no es apto para el reciclado mecánico, pero puede utilizarse para el reciclado como materia prima. En Europa occidental en 1999, cerca del 12%<sup>[10]</sup>, o sea 219.000 toneladas de desechos de envases plásticos después del consumo reciclados mecánicamente era PET.

### **Polipropileno (PP)**

El polipropileno se utiliza en molduras industriales o piezas moldeadas para automóviles, tuberías, contenedores grandes y pequeños, cajas de cerveza, láminas para empaquetar y otros usos. Aunque la lámina no se recupera habitualmente de la corriente de desechos en general, los contenedores, las cajas de cerveza, las piezas moldeadas y las tuberías se reciclan fácilmente en aplicaciones análogas u otras, como tuberías de drenaje para uso agrícola. En 1999, Europa occidental recicló mecánicamente unas 169.000 toneladas<sup>[10]</sup> de desechos de polipropileno después del consumo.

### **Poliestireno (PS)**

El poliestireno se utiliza en formas sólida y expandida. En forma sólida, el PS se utiliza en embalajes, tazas y platos y en aparatos eléctricos y casetes. En forma expandida se utiliza como embalaje a prueba de golpes, tazas y platos y aislamiento térmico y componentes para la construcción. Ambas formas de PS pueden reciclarse:

- Los componentes de poliestireno sólido, como las tazas de café, pueden reciclarse en aplicaciones como estuches de videocasetes, equipo de oficina, etc.
- Los desechos de poliestireno expandido pierden sus características como espuma durante el proceso de recuperación. El material recuperado puede volver a gasificarse, pero el producto resulta más caro que el material virgen. De ahí que se utilice en forma sólida en molduras corrientes como videocasetes y perchas
- Tanto los desechos de poliestireno expandido como sólido se han reciclado con éxito como sucedáneo extruido de la madera

En 1999, se reciclaron mecánicamente en Europa occidental en total unas 107.000 toneladas<sup>10</sup> de desechos de envases de PS después del consumo.

### **Fluoropolímeros**

El PTFE y sus copolímeros suelen utilizarse en pequeños componentes en aplicaciones complejas concretas, como equipo electrónico, transporte (automóviles, trenes o aeronaves) o como revestimiento muy fino en telas y láminas de metal enrolladas. El PTFE se utiliza en grandes cantidades en aplicaciones en instalaciones químicas y puede reciclarse si no está degradado. Cuando pueden recuperarse cantidades suficientes de PTFE idóneo que hagan posible su reciclado, deben enviarse a empresas especializadas (véase el apéndice 5). El reciclado de los fluoropolímeros sólo puede llevarlo a cabo un número limitado<sup>[12]</sup> de empresas especializadas, pero, como sucede con la mayoría de los demás polímeros, pueden reprocesarse por métodos normales de extrusión en empresas de moldeo con poca tecnología adicional a la que se necesita en el caso de los plásticos vírgenes.

Existe un mercado muy importante para el PTFE recuperado como aditivo de baja fricción para otros materiales. Los fluoropolímeros sólo deben quemarse en incineradores autorizados. Los materiales no



reciclables deben enviarse preferiblemente a incineradores autorizados que recuperan energía. Cuando se eliminan en vertederos autorizados no entrañan riesgo, puesto que son inertes.

### **Cloruro de polivinilo (PVC)**

Este material se produce en una amplia gama de calidades, todas las cuales tienen posibilidades de reciclado. Dado que muchas aplicaciones del PVC tienen una vida útil muy larga, hasta ahora sólo se dispone de pequeñas cantidades para su reciclado, aunque esas cantidades aumentarán en el futuro. En 1999, en Europa occidental se reciclaron mecánicamente unas 540.000 toneladas<sup>[14]</sup> de desechos de PVC, de las cuales 100.000 toneladas, o 3%, procedía de desechos después del consumo. A continuación se ofrecen algunos ejemplos prácticos:

- Hasta un 100% de las botellas de PVC-U desechadas puede incorporarse en las calidades de PVC-E rígido expandido si el porcentaje de espumantes, estabilizantes y pigmentos se ajusta para esa aplicación
- Las botellas de PVC-U desechadas pueden también moldearse como tuberías y conductos y se pueden incorporar en el núcleo de la espuma de tuberías de tres capas para drenaje
- Las botellas de PVC-U desechadas pueden utilizarse en procesos de hilatura con disolventes para fabricar fibras de calidad para su uso en artículos textiles
- Las tuberías y marcos de ventanas de PVC-U pueden reciclarse en aplicaciones análogas siempre que el contenido de estabilizantes se ajuste al nivel utilizado en las aplicaciones originales. Probablemente el mejor uso de los marcos de ventanas al fin de la vida útil sea el núcleo interno de nuevos marcos de ventanas, que deben recubrirse de material virgen. El mismo material puede reciclarse sin modificación para fabricar conductos y revestimientos de cable extruido.
- El PVC-U procedente de armarios de ordenadores y teclados puede utilizarse en segundas aplicaciones idénticas, siempre que el PVC-U se separe por completo del resto de los materiales de los ordenadores y vuelva a ajustarse el color
- El PVC-E de espuma rígido puede reciclarse en sus aplicaciones originales si se mezcla con material virgen
- Se pueden pelar cables completos para quitarles el aislamiento de PVC-P plastificado<sup>[11]</sup>. Al final de su vida útil, el cable puede granularse y separarse en sus fracciones de metal y de polímero. La fracción de PVC puede reciclarse en revestimientos de pisos industriales, esterillas de automóviles, suelas de zapatos, guardabarros de coches, barreras acústicas y mangueras de jardín. Los desechos de cables pueden quemarse en incineradores autorizados, para obtener el metal conductor. Son pocos los incineradores de ese tipo que se han autorizado en todo el mundo.
- Los revestimientos de pisos de PVC<sup>[13]</sup> pueden reciclarse, después de limpios y granulados en nuevos revestimientos de pisos o en tejidos de fondos para alfombras

- Al final de su vida útil, el material membranoso de PVC<sup>[13]</sup> para techumbres puede reciclarse también en nuevo material membranoso después de limpio y granulado

Las cantidades de desechos de PVC recicladas en nuevas aplicaciones de PVC están limitadas por dificultades técnicas, económicas y logísticas<sup>[14]</sup>. Desde el punto de vista tecnológico:

- Cada aplicación del PVC tiene su propia composición específica
- En cada aplicación, la composición puede variar según el productor o procesador y con el tiempo transcurrido (en particular en el caso de aplicaciones con vida útil muy larga, como los marcos de ventanas y las tuberías)

Las dificultades económicas guardan relación con los costos de la recogida, el tratamiento previo y el reciclado. En el caso concreto de los desechos después del consumo, estos costos sobrepasan los de otras modalidades de tratamiento de los desechos, como la incineración y la eliminación en vertedero. Cabe destacar que los demás tipos de desechos plásticos enfrentan también dificultades económicas análogas.

Las dificultades logísticas se derivan del hecho de que algunos de estos materiales, especialmente los desechos después del consumo, se generan en pequeñas cantidades en lugares dispersos. Eso cambiará cuando los productos de PVC con una vida útil prolongada lleguen al fin de su ciclo en los próximos años y se disponga de más desechos de PVC.

Esas dificultades afectan principalmente a los desechos después del consumo. Es más fácil superarlas en el caso de los desechos de la producción, donde las tasas actuales de reciclado son mucho más altas que en el caso de los desechos después del consumo.

Es mejor reciclar por separado los desechos de PVC plastificados y sin plastificar con el fin de obtener productos de alta calidad. En aplicaciones en productos sucedáneos de la madera o el hormigón es admisible el uso de mezclas de desechos de PVC y de desechos de PVC con otros polímeros.

La presencia de pequeñas cantidades de poliolefinas (como PE y PP) no influye demasiado en la calidad de los productos reciclados. Sin embargo, la presencia de PET o goma en los plásticos ricos en PVC puede bajar la calidad del PVC reciclado.

### **Plásticos que contienen éteres de difenilo polibromado (PBDE)**

Los desechos plásticos que contienen PBDE deben eliminarse de los procesos de reciclado de materiales debido a la posibilidad de que liberen dioxinas y furanos. Es mejor tratar esos desechos plásticos en instalaciones de reciclado como materia prima o en incineradores autorizados en condiciones controladas y con recuperación de energía (véase también la sección 8).

### **Reciclado de desechos de mezclas de polímeros**

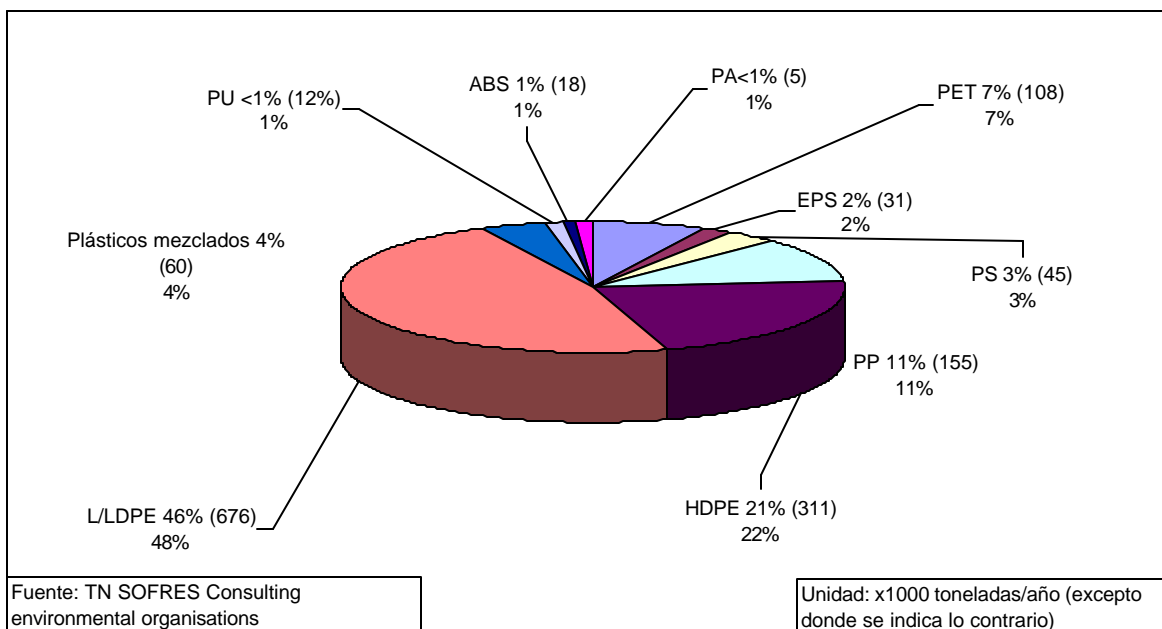
Es conveniente clasificar los desechos de mezclas de plásticos en fracciones mediante procesos adecuados, teniendo en cuenta el consumo de energía y el esfuerzo técnico que entraña. Las fracciones clasificadas deben reciclarse por separado.

Es difícil clasificar los desechos de mezclas de plásticos separados de la corriente de desechos urbanos en plásticos individuales, pero se ha demostrado que es posible producir una mezcla refinada que puede

extruirse o moldearse en diversos componentes de sucedáneos de madera u hormigón. Esos productos tienen aplicaciones cuando es importante la resistencia a la intemperie, la corrosión y la pudrición, como en mesas para merenderos, barreras acústicas, pilotes de embarcaderos, vallas y otros.

En la ilustración 3 se indican las cantidades de plásticos reciclados en Europa occidental.

**Ilustración 3. Reciclado mecánico de desechos plásticos después del consumo,**



**desglosados por resinas, Europa occidental, 1997**

### 7.5 Reciclado como materia prima y reciclado químico

En el reciclado mecánico se utiliza el polímero como tal para producir nuevos productos de polímero. Es posible también introducir los plásticos en una gama de procesos que utilizan la química esencial de la mezcla de desechos plásticos para recuperar valor. Generalmente a esos procesos se les denomina reciclado como materia prima y reciclado químico. Entre las tecnologías utilizadas están la extrusión degradativa, la pirolisis, la hidrogenación, la gasificación, la incineración con recuperación de HCL, el insumo en calidad de agente reductor en hornos siderúrgicos, la glicolisis, la hidrólisis y la metanolisis. Actualmente se han desarrollado unas 70 iniciativas de ese tipo<sup>[15]</sup>. A los efectos del presente documento, todas esas tecnologías son reciclado químico. El principio básico de la termolisis se muestra en la ilustración 4.

La mayoría de esas tecnologías se están desarrollando para manipular una amplia gama de plásticos en un proceso único que redunde en productos de la misma calidad que las materias primas vírgenes y se centra normalmente en la recuperación de los compuestos orgánicos presentes en el plástico. Algunas de las tecnologías están específicamente diseñadas para tratar los desechos de PVC y se centran principalmente en la recuperación del cloro de una forma útil; algunos de esos procesos permiten la separación de metales pesados<sup>2</sup>. Esos procesos apenas se encuentran en las primeras etapas de desarrollo y comercialización. Por tal motivo, las empresas que pudieran dedicarse al reciclado de desechos han tropezado con algunas

<sup>2</sup> Consulte información adicional en la referencia al estudio de Dinamarca.

dificultades económicas en la utilización de las tecnologías más recientes de reciclado químico de desechos plásticos que contienen PVC.

El reciclado/la recuperación del plástico puede tomar llevarse a cabo mediante dos tipos de procesos diferentes:

- Primeramente, el reciclado químico cuyo objetivo es reprocesar los componentes químicos básicos de los materiales plásticos para su reutilización en la industria química. Los desechos plásticos se despolimerizan en monómeros que pueden utilizarse de nuevo directamente para la polimerización (quimiólisis) o en materias primas químicas de peso molecular más bajo (termólisis o craqueo) que pueden utilizarse, como el aceite natural, en reacciones químicas entre las que figura la producción de polímeros
- El segundo es en la producción de hierro, donde las propiedades químicas reductoras de los desechos plásticos se utilizan como complemento del coque en hornos siderúrgicos. Las posibilidades de utilización de desechos plásticos en hornos siderúrgicos quedan demostradas en las 100.000 toneladas que se utilizaron en esos procesos en Alemania en 1996. Un proceso más avanzado, con una capacidad de 5.000 a 8.000 toneladas anuales, ha pasado la prueba en el Japón. En ese proceso, la mezcla de plásticos ricos en PVC se somete a pirolisis en un horno lleno de nitrógeno. Los productos para el horno siderúrgico son ácido clorhídrico y hulla residual. Un proceso pirolítico similar puede aplicarse en la producción de cemento. Se ha ensayado y está en funcionamiento una planta experimental para cargar ácido clorhídrico en un proceso de producción de oxígeno y cloruro de hidrógeno (oxicloración) a partir del monómero del cloruro de vinilo (VCM).

El reciclado químico puede ser una opción viable para las corrientes de desechos cuando el reciclado mecánico sea problemático debido a las impurezas o porque requeriría etapas adicionales de separación costosas<sup>[15]</sup>.

Los desechos plásticos no deben transferirse a otra Parte para su reciclado como materia prima a menos que esa Parte disponga de una instalación de reciclado plenamente desarrollada aprobada según la normativa local.

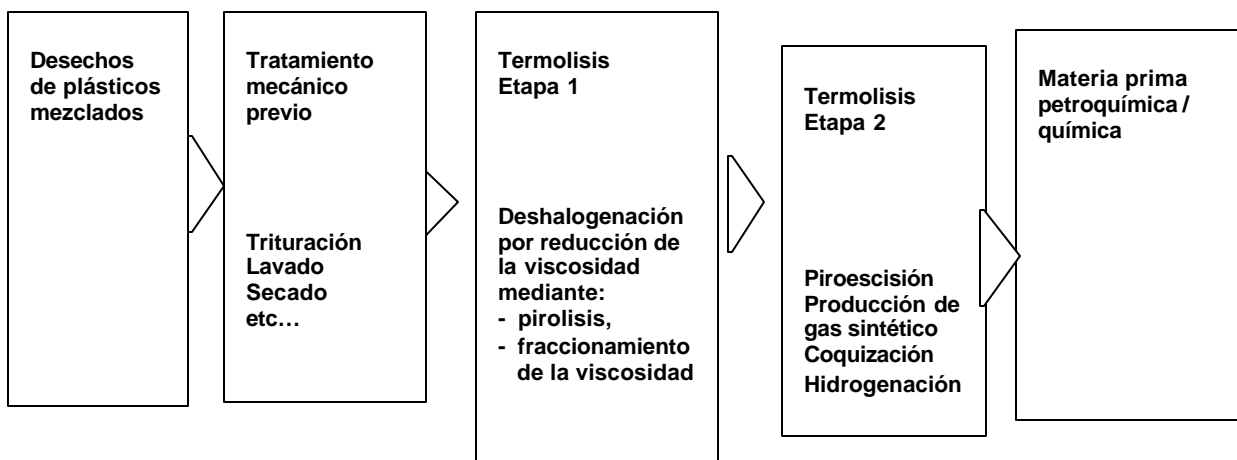


Ilustración 4. Principio básico del reciclado químico (termólisis) de los desechos plásticos (APME)

Las tecnologías de reciclado químico suelen generar cantidades relativamente pequeñas de residuos. La producción de material para los procesos de producción química habitualmente genera algunas escorias de los materiales inertes presentes en los desechos plásticos y en las costras de lodo remanentes del tratamiento de las aguas residuales. Para algunos procesos existen criterios de aceptación concretos en relación con el contenido en cenizas del desecho con miras a reducir la generación de escorias.

Los metales pesados presentes en los desechos plásticos, como los que se utilizan en los estabilizantes del PVC, terminan en la corriente de desechos o, en el caso de la producción de acero, se incorporan a éste. En la producción de acero, los metales pesados procedentes de los desechos plásticos no suelen ser la fuente principal de metales pesados en esos residuos, debido al porcentaje relativamente bajo de plásticos que se utiliza en el proceso.

### 7.6 Principales impedimentos para la recogida y el reciclado de desechos plásticos

Varios factores impiden el desarrollo del sector del reciclado de los desechos plásticos tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. En el cuadro 7 se muestran los principales impedimentos para la recogida y el reciclado de cada una de las fuentes de desechos plásticos en Europa occidental. El cuadro demuestra que la mayor fuente de desechos plásticos, los DSU, tropieza también con grandes impedimentos.

**Cuadro 7**

#### Principales impedimentos para la recogida y el reciclado de desechos plásticos

Impedimentos	1	2	3	4	5	6
Dispersión geográfica de los desechos	A	C	C	B	B	A
Dificultad en la identificación de los polímeros	A	C	B	C	B	A
Dificultad del desguace/desmantelamiento	C	C	A	C	A	A
Contaminación	A	C	B	B	B	B
Productos de múltiples plásticos	A	C	B	C	B	C
Contenido de aditivos	C	C	C	C	B	B

1. Desechos sólidos urbanos
2. Distribución
3. Chatarra de vehículos
4. Agricultura
5. Electricidad y electrónica
6. Construcción/demolición

- A Impedimentos críticos  
 B Impedimentos importantes, que no se aplican necesariamente a todos los tipos de desechos según el origen  
 C Pocos o ningún impedimento

Fuente: Elementos para una gestión eficaz en función de los costos de los desechos plásticos en la Unión Europea. Objetivos e instrumentos para el año 2000.

**Panorama tecnológico**

Como se indica en secciones anteriores, el desarrollo de tecnologías apropiadas ayudará en la consolidación del sector de la recuperación de los desechos plásticos. En el cuadro 8 figura un resumen de esas tecnologías.

**Cuadro 8**  
**Examen de las tecnologías para el reciclado de los desechos plásticos**

<b>Tecnologías</b>	<b>I. Esferas de innovación</b>	<b>II. Tipos de desechos</b>	<b>III. Repercusión en la industria del reciclado</b>
<b>RECICLADO MECÁNICO</b>			
<i>Identificación y clasificación</i>	Métodos de identificación: infrarrojo, detección óptica, rayos X, cromatografía	Desechos de plásticos limpios (esencialmente monoresinas) resultantes de la recogida selectiva	Mejor resultado en la clasificación de los productos y más calidad de los productos clasificados
<i>Procesamiento</i>	Métodos de separación: Selección térmica y electrostática de la densidad Tecnología de extrusión adaptada al reciclado y al aumento de la calidad de la resina reciclada	Desechos de plásticos limpios (esencialmente monoresinas) resultantes de la recogida selectiva	Más calidad de la resina reciclada equivale a más aplicaciones de los productos reciclados (cantidad y calidad) y a menos costos de procesamiento
<b>RECICLADO QUÍMICO</b>			
<i>Reciclado como materia prima</i>	Pirolisis previa al procesamiento, hidrogenación, gasificación	Plásticos mezclados (bajos niveles de contaminación)	Más aceptabilidad de los desechos y mejor funcionamiento de los procesos equivale a más cantidad de desechos reciclables mediante el reciclado químico y a menos costos de procesamiento
<i>Quimiolisis (producción de monómeros)</i>	Metanolisis, glicolisis, hidrolisis, saponificación	Desechos de plásticos limpios (esencialmente monoresinas) resultantes de la recogida selectiva	Posibilidades ilimitadas para los plásticos clasificados por resina y para la producción de monómeros de alta calidad
<b>RECUPERACIÓN DE ENERGÍA</b>			
	Combustión de los desechos plásticos solos o combinados y posibilidad de reciclado químico utilizando la energía producida por el proceso	Desechos plásticos contaminados o poco contaminados	Mayores posibilidades de recuperación de energía

Fuente: Elementos para un tratamiento económico de los desechos plásticos en la UE, CE, 1997.

## 8. Recuperación de energía a partir de los desechos plásticos

Aunque algunos plásticos puedan reciclarse, con ventajas para el medio ambiente, muchos desechos plásticos consisten en pequeños objetos dispersos entre otros materiales de desecho. Separar y limpiar esos desechos para su reciclado puede entrañar una carga ambiental mayor que las ventajas del reciclado, incluso antes de tenerse en cuenta el costo económico. Asimismo, podría haber residuos del proceso de reciclado que no puedan ser reciclados a su vez.

En caso de que el reciclado no pueda justificarse, la recuperación de energía<sup>[16]</sup> tal vez sea una forma eficaz en función de los costos de recuperar un valor intrínseco de los desechos plásticos. Cabe señalar, sin embargo, que si la finalidad es recuperar energía de la combustión, la energía necesaria para producir el plástico se pierde. En algunos tipos de plástico, la cantidad de energía necesaria para producir el material es del mismo orden de magnitud que su valor energético cuando se incinera.

Los plásticos en general tienen un alto valor energético (véase el cuadro 9). Aun los que contienen halógenos tienen un valor energético similar al del papel y el cartón. Por otra parte, la incineración puede generar grandes cantidades de residuos limpiadores por gases de combustión (véase el cuadro 10). Cuando se mezclan con otros desechos, los plásticos ayudan a la combustión de desechos húmedos o putrescibles.

La investigación y la práctica<sup>[17]</sup> en los últimos diez años apuntan a que, en estrictas condiciones de funcionamiento, los desechos plásticos, incluso cuando la mezcla es rica en PVC, pueden incinerarse de forma segura y eficaz (véase más adelante). Una combustión a alta temperatura constante recuperará el máximo de energía del combustible y garantizará el fraccionamiento total de los compuestos orgánicos tóxicos. El método más eficaz de recuperación de energía (hasta el 85%) es la incineración de los desechos hasta producir vapor a alta presión para la generación de electricidad, vapor a baja presión para uso industrial y agua caliente para la calefacción de los hogares. La mayoría de las plantas en las que se recupera energía de los desechos no intenta conseguir esos tres fines. En el Japón funcionan plantas de gasificación de lecho fluidizado, en las que el carbón incombusto, las cenizas volantes y los gases arden a alta temperatura y generan escoria fundida y gases de combustión por separado.

Se han preparado unas Directrices Técnicas sobre la Incineración en Tierra<sup>2</sup> en relación con el Convenio de Basilea, en las que se muestra que los efectos en el medio ambiente de la recuperación de energía mediante la incineración se ve afectado por cuatro factores clave, a saber:

- La naturaleza de los desechos que se han de incinerar
- El control de las condiciones de incineración
- La limpieza de los gases de la combustión
- La eliminación de los residuos

### **La naturaleza de las corrientes de desechos plásticos destinados a la recuperación de energía**

Se pueden encontrar plásticos en cuatro tipos de desechos utilizados en procesos de recuperación de energía, cada uno de los cuales presenta su propio valor de recuperación de la energía.

- Desechos sólidos urbanos (DSU). Se clasifican en el anexo II del Convenio de Basilea entre los que requieren una consideración especial. Se trata de desechos no tratados de uso doméstico y de desechos de comercios y restaurantes, que se queman en grandes instalaciones de “combustión en masa” en Europa, los Estados Unidos de América y el Japón. Los DSU tienen un valor energético de tan sólo 10 MJ/kg y una densidad muy baja. Su contenido en plástico ayuda en la combustión de materiales húmedos o putrescibles en la corriente de desechos
- Combustible derivado de los residuos (RDF). Se produce retirando todos los componentes no combustibles, como metales, vidrio y materiales putrescibles, de los DSU y granulando el material combustible. Como se trata de DSU procesados, el RDF tiene un mayor contenido en desechos plásticos que los DSU y, en consecuencia, un valor energético más alto. Puede ser aceptable desde el punto de vista ambiental el transporte de los RDF a cortas distancias desde el lugar de su fabricación hasta las instalaciones autorizadas de recuperación de energía
- Combustible derivado de los embalajes (PDF). Consta principalmente de desechos de papel y plástico que se mantienen separados de los desechos en general y se procesan en forma de granos para conseguir un valor energético aún más alto. El transporte transfronterizo de PDF entre las Partes puede ser aceptable desde el punto de vista ambiental si se dispone de incineradores autorizados y si la práctica se permite en la normativa local de ambas Partes
- Combustible de polímeros (PF). Consiste sólo en desechos plásticos ya sea de procesos de reciclado o separados de la corriente general de desechos y procesados para producir un combustible con una energía y un contenido de polímeros especificados. El transporte transfronterizo de PF puede ser aceptable si se dispone de incineradores autorizados<sup>2</sup> y si la normativa de ambas Partes lo permite. Muchos incineradores no están diseñados para soportar las temperaturas que se generan cuando se utiliza solamente un combustible con un valor calorífico tan alto, por lo que debe diluirse con un material de valor calorífico más bajo

El origen tanto del PDF como del PF puede ser la industria, la distribución, o la recogida en puntos de depósito o en las aceras en los centros urbanos.

### Cuadro 9

#### Valores energéticos de los desechos plásticos, las mezclas y los combustibles tradicionales

<i>Combustibles/polímeros únicos</i>	<b>Valor calorífico neto (MJ/kg)</b>
PE-LD/PE-HD	45
PP	45
PS	41
ABS, <i>petróleo</i>	40
<i>Carbón</i>	25
PET	23
PVC	22
<i>PDF</i>	20
<i>RDF</i>	15-17
MSW, <i>leña</i>	8-10
<b>Mezclas (PF)</b>	
PE-LD/PP/PE-HD (envases de alimentos)	45
PP/ABS/PE-HD (ordenadores)	43



PE-LD/PP/PVC (envases mixtos)	37
PP/PE-LD/PVC (envases no utilizados en alimentos)	37
PU/PP/PVC/ABS (parachoques/depósitos de combustible)	33

### **Control de las condiciones de incineración**

Los factores determinantes primordiales de una incineración con pocas emisiones son el diseño de la planta y la vigilancia de parámetros clave. Los parámetros de funcionamiento, como los niveles de oxígeno, el tiempo de residencia y la temperatura de combustión son la clave para un funcionamiento seguro y eficaz.

Las condiciones necesarias para la incineración óptima de materiales son:

- Altas temperaturas, de 850 °C a 1100 °C para los desechos de hidrocarburos y 1100 °C a 1200 °C para los desechos halogenados
- Suficiente tiempo de residencia (del gas) en el incinerador (La legislación de la Unión Europea exige un mínimo de dos segundos)
- Buena turbulencia
- Exceso de oxígeno

El papel que desempeñan los polímeros clorados en la formación de dioxinas en los incineradores de desechos ha sido tema de controversias. Se ha demostrado que la extracción de polímeros clorados de una mezcla de desechos no reduce proporcionalmente la formación de dioxina y que, incluso si se extrajera todo el PVC de la mezcla de desechos, el cloro remanente bastaría para formar dioxinas a niveles que hacen necesario el tratamiento de los gases de la combustión<sup>[18]</sup>.

La incineración de desechos plásticos que contienen BFR (pirorretardantes bromados) es motivo de especial preocupación. Una de las principales razones de la controversia que actualmente rodea a los BFR, en particular a los PBB y los PBDO, es la posible formación de dioxinas y furanos durante la combustión tanto de los propios BFR como de los materiales que los contienen.

Especial consideración debe darse a las obligaciones y responsabilidades establecidas en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP) respecto del objetivo de prevenir la formación involuntaria de POP durante las operaciones de incineración.

### **Limpieza de los gases de combustión de los incineradores**

Los gases de enfriamiento de la cámara de combustión contienen materiales diversos, como dióxido de carbono, dióxido de azufre, cloruro o fluoruro de hidrógeno y polvo. Es probable que cualquier materia orgánica tóxica que se forme en los gases de enfriamiento sea absorbida en la superficie de las partículas de polvo. Es vital filtrar el polvo de los gases, normalmente mediante filtros textiles de malla fina. Los incineradores modernos han podido funcionar regularmente con emisiones de dioxinas muy por debajo del nivel de 0,1 nanogramos/m<sup>3</sup> (véase el Glosario) exigido por algunos gobiernos (en el apéndice 8 se indican las normas de emisión de la UE). Para ello es menester instalar otro equipo de limpieza de los gases, como

son los sistemas de limpieza basados en el carbón activado, el carbón vegetal activado o catalizadores especiales.

Para cumplir las normas de emisión modernas, es menester extraer también de los gases de combustión el dióxido de azufre, el fluoruro de hidrógeno y el cloruro de hidrógeno (véase el apéndice 8). Esto se consigue haciendo reaccionar a los gases con un álcali sólido húmedo, con soluciones alcalinas o simplemente con agua, según donde esté situado el incinerador. La neutralización de los ácidos con carbonato cálcico produce un desecho sólido que debe depositarse en un vertedero autorizado<sup>[19]</sup>. La neutralización de los gases ácidos con bicarbonato de sodio produce una solución salina cuyas sales pueden reciclarse en determinadas condiciones. La absorción de los gases ácidos en agua produce una solución de la que esos gases pueden extraerse y procesarse para su utilización comercial. Existen muy pocas instalaciones de recuperación de ese tipo.

El PVC es una fuente importante de cloro en los DSU. En la Unión Europea, un promedio del 50% del cloro presente en los DSU que van a los incineradores procede del PVC (entre 38% y 66%). Durante la incineración, el cloro (incluido el cloro contenido en los PVC) se transforma en ácido clorhídrico, que debe neutralizarse para cumplir las normas de emisión. Por ejemplo, la norma de emisión de HCL en la Unión Europea es de 10 mg/m<sup>3</sup> (véase el apéndice 8). Tras la neutralización, queda un residuo reactivo de la limpieza de los gases de la combustión. En el cuadro 10 se indica la cantidad de agente neutralizante necesario por cada kilogramo de PVC y la cantidad de residuo generado en los diversos sistemas de limpieza de los gases de combustión que están en uso<sup>[20]</sup>.

**Cuadro 10**

**Uso de agente neutralizante y producción de residuos en la incineración de desechos de PVC**

Sistema de limpieza de los gases de la combustión		Seco		Semiseco	Húmedo	Semihúmedo-húmedo
		Cal	Bicarbonato	Cal	Cal	Cal
Agente neutralizante (AN)						
Kg de AN por cada kg de PVC	Mín	0.52	0.62	0.44	0.29	0.29
	Máx	1.11	1.32	0.94	0.61	0.61
	Promedio	0.94	1.12	0.79	0.52	0.52
Kg de residuos por cada kg de PVC	Mín	0.78	0.46	0.70	0	0.54
	Máx	1.65	0.97	1.48	0	1.15
	Promedio	1.40	0.82	1.26	0	0.98
Efluente líquido (materia seca) (kg por cada kg de PVC)		0	0	0	0.42 – 0.88	0

Esas cifras se basan en la composición media de los desechos de PVC. El PVC blando genera menos residuos que el rígido debido a su menor contenido de cloro.

Tanto la compra de agente neutralizante como el tratamiento de los residuos de la limpieza de los gases de la combustión entraña un costo.

**Eliminación de los residuos de la incineración**

Habitualmente, las cenizas volantes procedentes de la limpieza de los gases de combustión contienen materiales, como compuestos de metales pesados, que, si se liberasen, podrían causar daños al medio ambiente. Esos residuos deben considerarse siempre peligrosos y depositarse únicamente en vertederos

autorizados<sup>[19]</sup> después de realizar pruebas de lixiviación. A veces se considera ventajoso estabilizar los residuos con cemento antes de depositarlos. La ceniza del fondo de los incineradores puede ser lo suficientemente inerte como para utilizarse como árido en la construcción de carreteras, pero debe quedar demostrado que son inertes antes de utilizarse de esa forma.

En la incineración de desechos plásticos es importante también tener en cuenta las Directrices Técnicas sobre Incineración en Tierra (D10)<sup>[2]</sup>. Para la eliminación de los residuos de la incineración deben tenerse en cuenta también las Directrices Técnicas sobre Vertederos de Diseño Especial (D5).

## **9. Eliminación final de los desechos plásticos**

Cuando no haya posibilidad de utilizar los procesos de recuperación antes señalados, los desechos plásticos pueden depositarse en vertederos autorizados<sup>[19]</sup>. La incineración sin recuperación de energía se utiliza para reducir el volumen de los residuos depositados en el vertedero, pero es fundamental que el incinerador esté autorizado<sup>[2]</sup> y cumpla los mismos requisitos ambientales de los incineradores con recuperación de energía.

### **Incineración sin recuperación de energía**

La principal diferencia entre los incineradores o instalaciones con recuperación de energía o sin ella es la utilización de los desechos como posible fuente de calor, por medio del vapor, o de electricidad mediante la conversión del vapor. Ambos tipos de instalaciones deben cumplir la norma de emisión.

Los mismos factores clave del efecto sobre el medio ambiente se aplican a ambos tipos:

- La naturaleza de los desechos que han de incinerarse
- El control de las condiciones de incineración
- La limpieza de los gases de la combustión
- La eliminación de los residuos

Dado que la incineración sin recuperación de energía no contribuye al ahorro de recursos ni a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, este proceso debería sustituirse en la medida de lo posible por procesos que recuperen energía.

### **Eliminación en vertederos**

La eliminación en vertedero es la modalidad menos conveniente de tratar los desechos plásticos, ya que no se aprovecha ninguno de los recursos que representa el plástico y aunque ocupa espacio, no deja de ser el método de eliminación de desechos más practicado en la mayoría de los países. Debido al bajo costo de la eliminación en vertedero, las variantes posibles de manejo de los desechos resultan a menudo poco atractivas desde el punto de vista económico.

Al amparo del Convenio de Basilea se han publicado directrices técnicas<sup>[19]</sup> sobre el establecimiento de vertederos de diseño especial para desechos que exhiban una o más características peligrosas. En esas directrices se examina también la cuestión de los sitios que actualmente requieren un control estricto y, a

menudo, un tratamiento de rehabilitación. Únicamente deben emplearse vertederos que reúnan los requisitos que figuran en las Directrices del Convenio de Basilea.

Los vertederos son motivo de preocupación cuando los materiales orgánicos que contienen se descomponen por la acción biológica y producen metano, que es un gas inflamable. También se han expresado preocupaciones por el hecho de que algunos aditivos (ftalatos) utilizados en los plásticos podrían lixiviarse en el agua freática del vertedero. Se han escrito muchos libros sobre la fuga de plastificantes del PVC blando<sup>[21]</sup>. Tanto los ftalatos como sus productos de degradación pueden detectarse en el lixiviado de los vertederos.

El Organismo Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer ha clasificado al DEHP, el plastificante de uso más común en el PVC blando en el grupo 3 (no clasificable en cuanto a sus características carcinogénicas para los humanos). El propio polímero de PVC se considera generalmente resistente en condiciones de enterramiento y en las condiciones imperantes en los vertederos<sup>[21]</sup>. Los estabilizantes del PVC rígido suelen incrustarse en el aglomerante del polímero y no se lixivian fácilmente. El PVC no contribuye de forma significativa a la acumulación de metales pesados en el vertedero, aunque exista la posibilidad de que se liberen<sup>[21]</sup>.

Pese a que se da poca importancia a las emisiones de cadmio, plomo, estaño orgánico y ftalatos que se introducen y se liberan en los vertederos en cuanto a su cantidad o debido a la capacidad de retención de la matriz de los desechos y a la biodegradación en los vertederos, estas emisiones sólo pueden controlarse si los vertederos cuentan con un revestimiento impermeabilizante adecuado y un sistema de recolección y tratamiento del lixiviado<sup>[21]</sup>.

Es importante también tomar en consideración las directrices técnicas que rigen la recuperación y eliminación ambientalmente racionales de los desechos, por ejemplo las Directrices Técnicas sobre Incineración en Tierra (D10) y las Directrices Técnicas sobre Vertederos de Diseño Especial (D5).

## 10. Conclusiones

En el Convenio de Basilea se entiende por manejo ambientalmente racional la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos (anexo 2) se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra los efectos onocivos que puedan derivarse de tales desechos. El manejo ambientalmente racional debería aplicarse a todos los desechos, sean peligrosos o no.

En las presentes directrices técnicas se ofrece una orientación general sobre la identificación, el manejo ambientalmente racional, la recuperación y la eliminación final de los desechos plásticos. Se han incluido con toda intención todos los tipos de polímeros y de plásticos, no sólo los que contienen algún constituyente incluido en el anexo I del Convenio (Y1 a Y45).

La reutilización de los plásticos puede aportar una contribución importante a la conservación de los recursos naturales, la reducción del consumo de energía y la minimización de la generación de desechos. Muchas aplicaciones de los plásticos tienen una vida útil prolongada, en cambio los plásticos que han llegado al final de su vida útil pueden reciclarse para segundas aplicaciones. De todos modos, la producción, el procesamiento y la utilización de plásticos generan desechos. Es esencial que esos desechos se manejen como es debido y en condiciones de seguridad para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Todos los desechos plásticos pueden reciclarse en condiciones ambientalmente racionales. Sin embargo, en el reciclado de desechos plásticos surgen varios problemas:

- Se utilizan muchos tipos de plásticos
- Los plásticos pueden contener aditivos muy diversos
- Muchos objetos contienen, además de los plásticos, otros materiales; y
- La clasificación de los plásticos puede ser técnicamente costosa o difícil

La eliminación final de los desechos plásticos es motivo de preocupación, como sucede con cualquier desecho en cualquier país. Si los desechos plásticos no pueden reciclarse, pueden eliminarse en vertederos o incinerarse en determinadas condiciones. Se puede lograr una incineración de plásticos, con recuperación de energía o no, a altas temperaturas y con técnicas adecuadas de reducción de los gases de combustión en condiciones ambientalmente racionales. Deberá darse preferencia a la incineración con recuperación de energía en condiciones ambientalmente racionales frente a la eliminación en vertederos o la incineración sin recuperación de energía.

## II. DIRECTRICES TÉCNICAS PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LA CHATARRA DE CABLES CON REVESTIMIENTO PLÁSTICO

Debido a las preocupaciones expresadas por las Partes en relación con el tratamiento de los cables que han llegado al final de su vida útil durante el proceso de recuperación del metal, se considera importante incluir en las Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos una directriz sobre la chatarra de cables con revestimiento plástico.

### 1. Introducción

Todo el mundo genera chatarra de cables y alambres con aislamiento (en adelante, chatarra de cables). Esa chatarra contiene en promedio 60% de metal y 40% de plástico. El metal conductor es principalmente cobre, aunque los cables de transmisión de energía contienen aluminio como metal conductor. Las empresas eléctricas utilizan cable de aluminio aislado para la distribución de energía eléctrica en exteriores y cable de cobre aislado para la distribución en interiores. Los mercados de la construcción, las comunicaciones y las industrias electrónica y automotriz utilizan normalmente cobre como metal conductor.

### 2. Movimiento de chatarra de cables entre países

La chatarra de cables es un problema interno para todos los países, pertenezcan o no a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). La mayor parte de esta chatarra se recicla en los propios países miembros de la OCDE y tan sólo se exporta un 15%, no tanto por falta de capacidad nacional sino por acción de las fuerzas del mercado. Australia, el Canadá, los Estados Unidos de América, el Japón, Singapur y Europa occidental envían chatarra de cables a los países en desarrollo, en particular a la Argentina, al Brasil, Chile, China, la India, Indonesia, Malasia, México, el Pakistán, la República de Corea, Taiwan, Tailandia y Viet Nam. Cerca del 30% de la chatarra de cables que anualmente exportan Europa, los Estados Unidos de América y el Japón a los países en desarrollo se reutiliza en lugar de reciclarse. La chatarra de cables que se exporta cumple especificaciones y clasificaciones comerciales ampliamente aceptadas (véase el apéndice 10).

Los principales materiales plásticos utilizados en los cables aislados son el PVC y el polietileno. En los Estados Unidos de América, esos plásticos se utilizan en proporción casi igual. En Europa occidental y el Japón, se utiliza más PVC que polietileno. En el cuadro 11 figura un desglose aproximado de los materiales aislantes utilizados como revestimiento de cables en todo el mundo.

**Cuadro 11**

#### Uso de aislamiento plástico en cables

<b>Uso de aislamiento plástico en productos de cables, 1997</b>			
<b>(unidad: 1.000 toneladas)</b>			
<b>Plástico</b>	<b>América del Norte</b>	<b>Europa occidental</b>	<b>Japón</b>
<b>PVC</b>	205	455	330
<b>PE</b>	205	230	155
<b>Otros</b>	30	10	15
<b>TOTAL</b>	440	695	500

### 3. Origen de la chatarra de cables

Los fabricantes de cable y sus usuarios finales, que son las empresas eléctricas y telefónicas, los fabricantes de equipo eléctrico y electrónico y los contratistas que hacen instalaciones eléctricas generan chatarra de cables. En este caso se trata de restos antes del consumo. Por otra parte, la chatarra de cables que se recupera cuando se sustituyen líneas viejas por nuevas o cuando un equipo electrónico llega al final de su vida útil se denomina chatarra después del consumo. Las empresas eléctricas, que son una fuente importante, generan chatarra antes del consumo en la instalación de líneas nuevas (remanente de rollos, etc.) y chatarra después del consumo al desinstalar las líneas viejas. Esta chatarra se produce en todos los países, ya sean miembros de la OCDE o no, por lo que cada país tendrá que tratar de alguna forma esa chatarra de cables revestidos. En el último decenio, a medida que ha ido aumentando el precio de las materias primas y las empresas han sido más conscientes de los problemas del medio ambiente, han comenzado a ejecutarse muchos programas de mejora constante para lograr que se reduzca la producción de desechos.

Los procesadores de chatarra de cables prefieren la que se produce antes del consumo, porque se trata de un material de desecho "conocido". Por ejemplo, un fabricante de cables de transmisión de electricidad puede generar una corriente de desechos que habitualmente contiene solamente aluminio y polietileno, mientras que los fabricantes de cable de comunicaciones suelen generar una corriente de desechos que contiene únicamente cobre y PVC. La chatarra posterior al consumo consta del mismo material, pero los desechos están más dispersos y es necesario desmantelarlos. Esos desechos requieren transporte y coordinación para que el reciclado sea económico y ambientalmente racional.

### 4. Uso de plásticos en la fabricación de cables

Como ya se ha mencionado, los dos plásticos utilizados principalmente en el revestimiento de cables son el PVC y el polietileno. Ambos son termoplásticos y pueden, por tanto, volver a fundirse durante el reciclado.

El PVC contiene aditivos, como carbonato de calcio y arcillas, junto con plastificantes y negro de carbón (principalmente en los revestimientos) y normalmente se estabiliza con plomo (Y31). Los estabilizantes de plomo son ftalatos de plomo dibásicos, sulfato de plomo tribásico, carbonato de plomo y estearato, y constituyen normalmente menos del 2,5% en peso del compuesto de PVC. Los estabilizantes de plomo quedan encapsulados en el aglomerante del polímero y no entran en contacto con el medio ambiente o los seres humanos en condiciones normales. En los últimos tiempos se ha estado fabricando PVC para revestimientos con estabilizantes sin plomo (sin metales pesados), como calcio/zinc, bario/zinc, y otros.

El polietileno (PE) puede ser de alta y baja densidad (PE-LLD, PE-LD y PE-HD). Algunos cables se fabrican con PE entrecruzado (PE-X), cuya estructura química se ha alterado de manera que el plástico ya no puede reciclarse mediante ningún proceso que entrañe fundición. Entre los aditivos del PE cabe citar a los termoestabilizantes, a los fotoestabilizantes y a los pirorretardantes.

### 5. Estructura de la industria de procesamiento de la chatarra de cables

La chatarra de cable es valiosa principalmente por su contenido en cobre y aluminio, aunque el plástico también tiene valor y puede reciclarse o reutilizarse. Se ha creado una industria dedicada concretamente a la recuperación de estos metales. En ella participan: 1) los fabricantes de cables, 2) los comerciantes de chatarra de metal que procesan todo tipo de metales, así como los que procesan únicamente metales no ferrosos o únicamente chatarra de cable; 3) los comerciantes de chatarra de metal que sólo se dedican a la

recogida; y 4) los intermediarios o comerciantes que no son dueños de la chatarra, sino que negocian con los productores y procesadores de chatarra de cables.

Están además algunos procesadores de chatarra de cable que procesan el material generado por los fabricantes de cables y alambres y las empresas que son usuarios finales, así como la chatarra que venden los que sólo se dedican a la recogida. Algunos procesadores operan al amparo de un sistema de tarifas.

Los comerciantes de chatarra metálica que venden chatarra de cables aislados a los procesadores a menudo clasifican este material antes de venderlo para aumentar el valor de sus componentes de metal y plástico. Como se ha mencionado anteriormente, la chatarra de cables más valiosa es la que precede al consumo y contiene un solo metal (aluminio o cobre). Esa chatarra suele contener principalmente aislante y revestimiento de PVC o polietileno.

## **6. Procesos de reciclado ambientalmente racionales**

### **6.1 Capacidad**

En los países desarrollados, el principal método de recuperación del metal de la chatarra de cables es el corte automatizado. Organizaciones como ISRI y BIR pueden proporcionar información sobre ese tipo de equipo (véase el apéndice 9). La tecnología puede adquirirse en todas partes. La mayoría de esas plantas procesan únicamente chatarra de cables de cobre, algunas procesan únicamente chatarra de cables de aluminio y otras cuentan con una línea para chatarra de cables de aluminio y otra para los de cobre.

Los sistemas varían según su capacidad de 225 a 680 kg/hora hasta 4.770 a 5.455 kg/hora; y sus costos, a precios de 1997 fluctúan entre 150.000 dólares que cuesta la maquinaria pequeña hasta 1.800.000 dólares, la automatizada más grande. Los procesadores de cable de Europa occidental tienden a instalar líneas con capacidad pequeña a mediana de entre 0,5 y 3 toneladas por hora y producen una trituración más fina que las de los procesadores de los Estados Unidos. Los cortadores de cable de los Estados Unidos utilizan normalmente líneas mayores con capacidades superiores a las 5 toneladas/hora. Muchos de esos sistemas podrían utilizarse en países en desarrollo.

En América del Norte, son más de 100 las plantas que cuentan con líneas de corte de cable con una producción entre 550.000 y 650.000 toneladas anuales. Las líneas de corte de cable del Japón procesan unas 500.000 toneladas de chatarra de cables en unas 100 instalaciones, entre ellas diez de gran capacidad. También hay líneas de corte de cable en la Argentina, Australia, el Brasil, Chile, Europa occidental, Marruecos y Túnez. China cuenta con seis o siete de esas plantas y Rusia adquirió recientemente una o dos de un fabricante de los Estados Unidos.

### **6.2. Descripción del proceso de corte de cable**

La recuperación ambientalmente racional de cables mediante corte incluye normalmente las siguiente etapas (véase la ilustración 5):

- Preselección
- Corte de los cables
- Granulación



- Cribado
- Separación por densidad

### **Preselección**

La preselección abarca la separación de largas secciones de cable, el tipo de aislamiento, el diámetro del conductor, el conductores chapado y sin chapar, el cable en balas de alta densidad y los fragmentos de metales ferrosos y no ferrosos procedentes de cables sueltos que pueden enviarse directamente al triturador. Más importante aún es que la preselección incluye la separación de los cables de cobre de los de aluminio.

La preselección es el elemento más importante del manejo ambientalmente racional de la chatarra de cables. Permite también obtener el máximo valor de la chatarra de metal recuperada y facilita aún más la separación ulterior de los plásticos. Grandes trozos de cable se cortan en longitudes de alrededor de un metro para que puedan enviarse directamente al granulador, mientras que los cables en balas de alta densidad deben romperse en trozos sueltos. Las máquinas pueden procesar cualquier cable desde ocho cm de diámetro hasta el de calibre 26. El material que no se adapta bien a esos sistemas automáticos, por ejemplo el “alambre filiforme” superfino y los cables grasientos o alquitranados, debe separarse de antemano, ya que puede obstruir el sistema (se pueden separar manualmente).

Antes se añadían bifenilos policlorados (PCB) al PVC en ciertos sistemas de cable dedicados a aplicaciones de alto voltaje con el fin de reforzar el aislamiento y a ciertos cables de baja tensión como piroretardantes<sup>14</sup>. Es necesario determinar la presencia de esos sistemas de cables antes de comenzar el proceso de reciclado.

### **Corte de los cables**

El corte es habitual en las instalaciones grandes y opcional en las más pequeñas, aunque suele ser conveniente para el procesamiento de cables seccionados de gran tamaño. Se trata de la primera medida para reducir el tamaño de los trozos de cable. En comparación con la trituración, el corte de cable produce poco o ningún polvo filtrable.

### **Granulación**

En el granulador primario el cable queda sólo parcialmente despojado de aislantes y revestimientos, porque los trozos suelen tener de 7 a 8 cm de longitud. El granulador secundario produce longitudes máximas de alrededor de 0,6 cm. Ese corte fino por regla general despoja al cable de la mayor parte del aislante, pero es inevitable que pequeñas cantidades de metal queden incrustadas en el plástico.

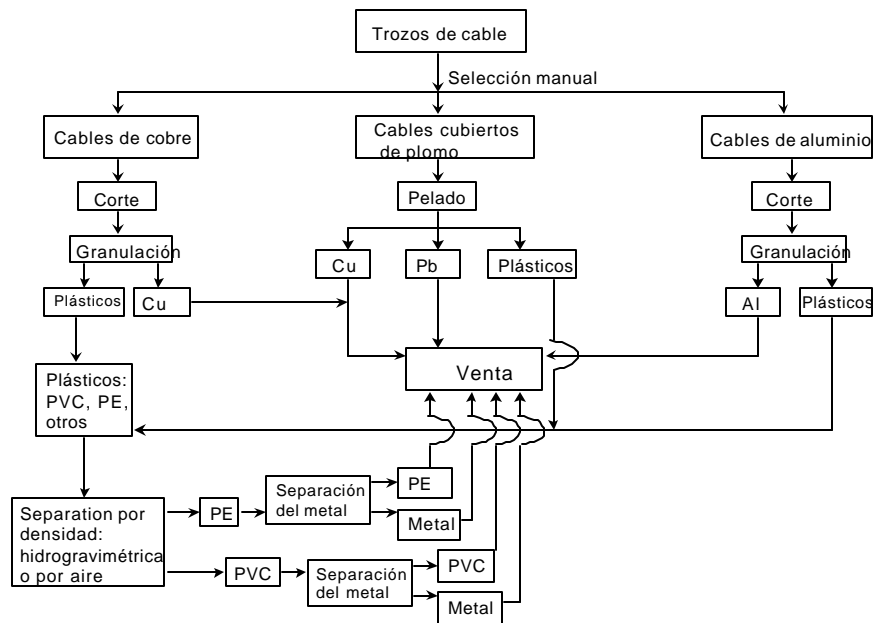
### **Cribado**

Para mejorar la recuperación de metal, algunas líneas de corte utilizan también un proceso de cribado para conseguir trozos del tamaño deseado. Cuanto más pequeños sean los trozos, más eficaz será la extracción del metal. Algunos sistemas utilizan tamices vibratorios que preparan los trozos para la separación final del metal. En ese punto los “finos”, que contienen metal, plástico, fibras y suciedad, caen a través del tamiz del fondo. El metal se recupera mientras una aspirador extrae el material no metálico. A intervalos frecuentes durante el funcionamiento del sistema se recoge el polvo mediante un colector centrífugo, mientras que un sistema de filtros sigue limpiando el aire antes de dejarlo escapar.

## Separación por densidad

Las fracciones de tamaño similar que se recogen durante el cribado se descargan en una mesa neumática que está inclinada en dos direcciones. Los trozos entran por la parte posterior de la mesa y la mezcla se fluidiza mediante inyección de aire: las partículas más livianas se elevan más que las más pesadas. En consecuencia, las partículas de metal más pesadas se mueven hacia la parte superior de la mesa, en tanto que las partículas de residuos plásticos o “colas”, más livianas, se deslizan en pendiente. El separador de lecho fluidizado produce dos fracciones: un producto metálico limpio y colas esencialmente libres de metal. Por regla general, las fracciones “de tamaño intermedio” vuelven a procesarse en el sistema o regresan a la mesa.

Aunque todos los procesadores de cable tratan de conseguir las mejores tasas de recuperación de metal, parte de él, suelto o incrustado, escapa a la captura. El contenido metálico de las corrientes de residuos puede variar desde menos de 1% a más de 15%. Algunos procesadores de cable han instalado sistemas electrostáticos secos. Los separadores electrostáticos, por ejemplo, pueden reducir el contenido de metal de las colas de entre 5 y 15% a menos de 0,1%. El uso de precipitadores o separadores electrostáticos reduce el contenido de metal de las colas y, por tanto, aumenta el valor del plástico recuperado.



**Ilustración 5. Diagrama del proceso de corte de la chatarra de cables**

### 6.3 Desforramiento de los cables

Otro procedimiento de separación de los materiales ambientalmente racional y menos costoso es el desforramiento de los cables, pero se trata de un proceso con una productividad comparada mucho más baja. Ese equipo está diseñado para manipular únicamente hebra tras hebra de cable a un ritmo de hasta 60 metros por minuto o 1.100 kilogramos por minuto de cable de un grosor mínimo de 1,6 mm a un máximo de 150 mm. En 2000, las máquinas para procesar 24 metros por minuto costaban unos 5.000 dólares, mientras que las pequeñas máquinas de mesa para procesar tan sólo 8 metros por minuto costaban no menos de 1.800 dólares en Europa y los Estados Unidos de América. Esas máquinas se fabrican en muchos países (ISRI y BIR pueden ofrecer información sobre ellas, véase el apéndice 9). Muchos países en desarrollo y países con

economías en transición, entre los que cabe citar a Arabia Saudita, China, Chipre, Emiratos Árabes Unidos, Federación de Rusia, India, Israel, Jordania, Letonia, Líbano, Pakistán y Viet Nam, utilizan esas máquinas más que las máquinas de corte de cable más costosas. Las máquinas para pelar cables se utilizan también en la mayoría de los países desarrollados en las empresas eléctricas, las fábricas de cable, las empresas de corte de cables y los comerciantes de chatarra de metal.

La ventaja del desforramiento, en comparación con el corte, es la pureza de los materiales aislantes y de revestimiento recuperados, que están completamente libres de metal conductor y, si el usuario tiene cuidado en separar la chatarra de cables antes de su procesamiento, las colas pueden contener un solo tipo de polímero. De esa manera, las colas, tanto de metal como de polímero, pueden reciclarse más fácilmente.

Los procesadores de los países en desarrollo han llegado a encontrar más atractivo el proceso de desforramiento, porque pueden reciclar los residuos, como el PVC plastificado, con relativa facilidad. Los costos de instalación y funcionamiento de esas máquinas son también muy asequibles. Además, algunos procesadores de países en desarrollo con mano de obra barata pueden simplemente pelar los cables a mano. Por ejemplo, un procesador de Hong Kong lo hace y recicla después los revestimientos de PVC recuperados vendiéndolos a otros procesadores o utilizándolos él mismo.

## **7. Manejo ambientalmente racional de la fracción de plástico en la chatarra de cables**

Los procesadores de chatarra de cables recuperan los metales más valiosos, que son el cobre y el aluminio, para que los reutilicen los fabricantes de cable y de otros productos. Se quedan con las colas de los polímeros utilizados utilizados como materiales aislantes y de revestimiento. Además, esas colas del corte pueden contener pequeñas cantidades de papel o de metal incrustado en el plástico y metal fino suelto. Estas colas pueden clasificarse nuevamente antes de volver a procesarlas.

Por otra parte, los remanentes de las operaciones de desforramiento están prácticamente libres de metal y suelen contener un solo tipo de polímero. Al reutilizar los materiales de las colas recuperados se pueden obtener productos de segunda generación; por ejemplo, el PVC puede reciclarse en tarimas o reutilizarse directamente para fabricar aislamiento de cables eléctricos, cinta aislante, esterillas de automóviles, tejido de fondo de alfombras, revestimientos de pisos, suelas de zapatos, etc.

### **7.1 Separación mecánica de los residuos**

La separación mecánica ambientalmente racional requiere que, antes del procesamiento, el operador separe el material con arreglo al tipo de metal y al tipo de aislante que recubre el cable. Eso es así sea cual sea el proceso de separación utilizado. La tecnología empleada debe adaptarse a los tipos de cable que se van a procesarse.

Los procesadores que recuperan los residuos de las operaciones de desforramiento se encuentran en una posición privilegiada en el sentido de que esos residuos suelen contener PVC o polietileno. Las operaciones de corte posibilitan no sólo la separación de los cables revestidos, sino también de los cables revestidos aislados con papel y plástico, que requieren una etapa adicional de separación para separar el papel del plástico. Las propiedades físicas del PVC recuperado y el mercado para su reutilización dependerán en gran medida de la pureza del material. Los residuos de PVC limpios poco contaminados tendrán buenas propiedades físicas. Entre sus segundas aplicaciones más comunes figuran las esteras, las mangueras de jardín, las suelas de zapatos, las losetas, los materiales de insonorización, los parachoques y conos de

señalización del tráfico. A modo de ilustración, se ha demostrado que los aisladores de cable con un contenido de hasta 30% de material reciclado tienen propiedades y apariencia equivalentes a los fabricados con material virgen.

Normalmente, en una operación de desforramiento se utiliza un material previamente separado que produce una corriente definida de desechos de un solo plástico. De ahí que, en los países en desarrollo, donde se utilizan ampliamente los procesos de desforramiento, el PVC plastificado u otros aislantes plásticos no deban crear problemas después de desechados, si se utiliza un método ambientalmente racional. En la mayoría de los casos, su pureza es superior al 99,5% y puede reciclarse en láminas, baldosines para pisos en las industrias, suelas de zapatos y tuberías coextruidas.

Si en una operación de corte de cable se utiliza un material previamente separado, como cable recubierto de PVC, y retira en lo esencial todo el metal residual utilizando el proceso electrostático, ese proceso puede producir también un PVC de una pureza relativamente alta (de 90 a 95%) que puede reciclarse igualmente.

## **7.2 Procesamiento criogénico**

Algunos operadores de corte de cable venden PVC y polietileno (PE) de gran pureza a empresas que utilizan equipo criogénico que puede purificar aún más los diversos plásticos hasta niveles superiores al 99%. Por ejemplo, si la impureza en la mezcla de metal y plásticos es PVC o PE, éstos se separan fácilmente en un proceso criogénico. A la temperatura del nitrógeno líquido, el PVC se fracciona en pequeñas partículas, lo que no ocurre con el polietileno y otros plásticos. Así, la separación por cribado de los fragmentos contaminantes relativamente grandes y los pequeños de PVC produce un PVC más puro. Lo típico es que el PVC resultante se mezcle con PVC virgen y se utilice como material para barreras acústicas en automóviles o en otras aplicaciones de alto valor.

Por tratarse de una técnica muy moderna, resulta costosa en lo que se refiere a la utilización de energía y la instalación y no la utilizan mucho ni siquiera los países de la OCDE.

## **7.3 Procedimiento (hidrogravimétrico) de flotación y hundimiento**

En la actualidad, los residuos de plásticos mezclados procedentes del corte de cable se reciclan en cierta medida tal cual aparecen o después de separarlos.

Los operadores de corte de cable pueden vender residuos de plásticos mezclados a empresas que utilizan un tanque de agua de flotación/hundimiento para aislar el polietileno limpio (masa específica inferior a 1.0) que flota, y la fracción de PVC (peso específico de más de 1,0), que se hunde. Los elementos flotantes se utilizan para el moldeo por inyección de productos como macetas, mientras que los elementos que se hunden se utilizan para el moldeo por inyección de guardabarros de camiones, esterillas y otros productos moldeados.

Algunos operadores de corte de cable han instalado tanques de agua de flotación/hundimiento para llevar a cabo esa separación y venden los “fragmentos flotadores” y “los que se hunden” a otras empresas que se ocupan del moldeo y la comercialización de productos moldeados. En el Japón, está en marcha un proyecto de técnicas de separación mediante procesos mejorados de flotación y hundimiento.

En los últimos años, en Europa y en los Estados Unidos de América, las empresas de corte de cable y de procesamiento de plásticos han utilizado esos residuos de plásticos mezclados “tal cual” sin separación de los plásticos, en máquinas especiales de moldeo por inyección a baja presión. Los productos de esas

máquinas son normalmente artículos de sección gruesa, como bases para señales de tráfico, resaltadores para limitación de la velocidad y amortiguadores en los aparcamientos, que sustituyen al hormigón o a la madera. Una empresa americana de corte de cable utiliza esos residuos de plástico para fabricar grandes receptáculos para plantas, una vez más sustituyendo el hormigón.

## **8. Incineración**

La quema al aire libre no es una solución aceptable desde el punto de vista ambiental para ningún tipo de desecho. Hay que tener especialmente en cuenta las obligaciones y responsabilidades establecidas en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP) respecto de la meta de prevenir la formación de COP involuntariamente en las operaciones de incineración.

En el caso de los cables revestidos de plástico, incluso en una atmósfera rigurosamente controlada, la quema convierte el plástico reutilizable en cenizas y surte también un efecto directo en el metal que se oxida con el fuego y, por consiguiente, pierde valor. La quema en espacios abiertos no debe utilizarse nunca al procesar chatarra de cable. Así, el desarrollo de técnicas de preselección y la ampliación de la capacidad de corte con una mejor técnica de separación de los residuos, la recuperación de metal y plástico mediante desforramiento o corte prevalecen actualmente en todo el mundo como la forma de procesamiento más económica y beneficiosa para el medio ambiente. Excepcionalmente se procesan alambres finos aislados contaminados con grasa en hornos de atmósfera controlada como se explica en la primera parte.

La quema en hornos de atmósfera controlada puede utilizarse sólo de una forma ambientalmente racional con modernos métodos de limpieza de los gases de combustión que cumplan normas de emisión estrictas, (por ejemplo las de la UE, apéndice 8). En este proceso se deberá recuperar todo lo que se pueda de energía.

La quema del plástico para recuperar metal no sólo tiene efectos en las emisiones, sino en la calidad del metal. Las empresas de reciclado no siempre obtienen el mismo valor del cobre procesado de esa forma si está oxidado, ya que algunos hornos antiguos no pueden evitar la oxidación del metal. Los hornos modernos en los que se utilizan microprocesadores pueden controlar mejor las condiciones de la incineración.

Los principales fabricantes de hornos para la recuperación de cable venden sus productos a las empresas de recuperación de cable de todo el mundo. Desde 1969, se han suministrado muchos hornos a comerciantes de chatarra y empresas de corte de cable. En todo el mundo funcionan más de 700 hornos que utilizan como combustible gas natural, gas propano o fueloil.

Los hornos pueden conectarse a sistemas apropiados de limpieza de los gases de combustión, como son las torres depuradoras que eliminan el ácido clorhídrico generado durante la quema de PVC. La información sobre limpieza de gases de combustión figura en la sección "8. Recuperación de energía a partir de los desechos plásticos" de la parte I. Las cifras correspondientes a 2000 permiten inferir que el costo de un sistema completo fluctúa entre 150.000 y 250.000 dólares, y sin las torres depuradoras entre 70.000 y 130.000 dólares. Los sistemas de limpieza representan el gasto principal de esas instalaciones.

Con el desarrollo de técnicas de clasificación previa y el aumento de la capacidad de corte, una técnica perfeccionada de separación de los residuos, en todo el mundo prevalece en la actualidad la recuperación de metal y plásticos mediante desforramiento y/o corte como el procesamiento más económico y técnicamente adecuado desde el punto de vista ambiental.

### **Limpieza de los gases de chimenea de los incineradores**

Los gases enfriados procedentes de las cámaras de combustión del incinerador contienen muy diversos materiales, como dióxido de carbono, dióxido de azufre, cloruro o fluoruro de hidrógeno y polvo. Es probable que toda materia orgánica tóxica que se forme en los gases de combustión enfriados quede absorbida en la superficie de las partículas de polvo. Es esencial separar el polvo de los gases, lo que normalmente suele hacerse por medio de filtros textiles de malla fina. El uso de estos métodos ha permitido que los incineradores modernos funcionen regularmente con emisiones de dioxinas muy inferiores a 0,1 nanogramos/m<sup>3</sup> (véase el Glosario) exigido por las autoridades encargadas del medio ambiente.

Para cumplir las normas modernas de emisión, es necesario extraer también de los gases de combustión el dióxido de azufre, el fluoruro de hidrógeno y el cloruro de hidrógeno (véase el apéndice 8). Esto se consigue haciendo reaccionar a los gases con un álcali sólido húmedo, con soluciones alcalinas o simplemente con agua, según el lugar donde esté ubicado el incinerador. En el caso de los polímeros halogenados es importante comprobar que el diseño del incinerador puede absorber el aumento del volumen de los gases ácidos. Esta reacción creará sales que tendrán que depositarse en un vertedero si no se reciclan.

La neutralización del ácido con carbonato cálcico produce un desecho sólido que debe depositarse en un vertedero autorizado<sup>19</sup>. La neutralización de los ácidos con bicarbonato de sodio produce una solución salina cuyas sales pueden reciclarse. La absorción de los gases ácidos en agua produce una solución de la que pueden recuperarse esos gases para uso comercial. Existen muy pocas instalaciones de recuperación de ese tipo.

En el Japón se está desarrollando un proceso que utilizará por completo residuos mezclados que contengan PVC como agente reductor para la fabricación del acero. En ese proceso se recupera el cloro en la forma de ácido clorhídrico para el tratamiento desoxidante de los productos de acero.

Los residuos de polietileno se están utilizando en la actualidad como combustible tanto en Europa como en América del Norte.

### **9. Eliminación en vertedero**

Sólo los residuos que no se reciclen deben eliminarse en vertederos de desechos industriales no peligrosos. Para ello es importante tomar en consideración directrices técnicas que rigen la recuperación y eliminación ambientalmente racional de los desechos como las Directrices Técnicas sobre Vertederos de Diseño Especial (D5).

## APÉNDICE 1

### Referencias

#### Parte I

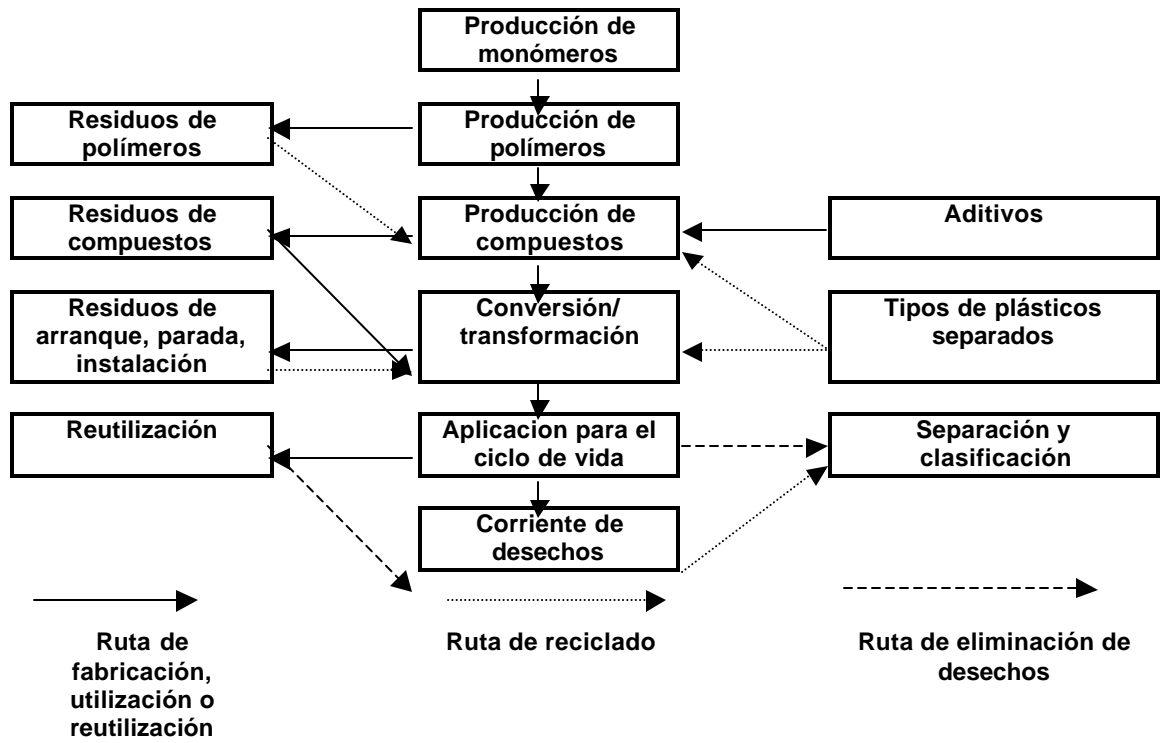
1. Organization for Economic and Cooperation Development (OECD), 'Report on incineration of products containing brominated flame retardants', 1998.
2. Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea: 'Directrices Técnicas sobre Incineración en Tierra (D10)'.
3. P. Fardell: "Toxicity of plastics and rubber in fire", RAPRA Review, Reports - No. 69, 1993.
4. 'Recommendations for cleaning buildings after fires', German Federal Health Gazette 1/90, págs. 32 a 43.
5. I. Burmester y H. Haferkamp, 'Fast And Automatic Thermographic Plastic-Identification For The Recycling Process', Laser Zentrum Hannover, Hollerithallee 8, 30419 Hannover, Alemania.
6. Akira Miyake: "Outline Of Separation Technology", discurso, 27 y 28 de octubre de 1998, IdentiPlast Brussels, Sumito Chemical Co. Ltd/ Japanese Plastics Waste Management Institute.
7. Bernd Willenberg, Bruker Analytische Messtechnik y Klaus Vornberger BMW: "MIR: A Proven Technology For Identification Of Engineering Plastics", discurso, 27 y 28 de octubre de 1998, IdentiPlast Brussels.
8. Hartmut Lucht: "Laser Spectroscopy Plastics Analysis/A Supplement To NIR -Systems", discurso, 27 y 28 de octubre de 1998, IdentiPlast Brussels, Laser Labor Adlerhoff/LLA, Berlin.
9. Edward J. Sommer, hijo: "Techniques For Rapid identification And Sorting Of Plastics", discurso, 27 y 28 de octubre de 1998, IdentiPlast Brussels, National Recovery Technologies, Inc.,
10. SOFRES/APME. 1995, 1997
11. 'Method to recover and recycle telephonic and electric cables', ponencia sobre tecnología de metales presentada en la Conferencia Internacional de M.E.I.E, Paris, 1996.
12. 'Guide to the safe handling of fluoropolymer resins', Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME), Bruselas, 1995.
13. 'The recycling of PVC floorings and roofing membranes', publicación de la APME, 1997.
14. Prognos: 'Mechanical recycling of PVC wastes', estudio realizado para la Comisión Europea, DG Environment, 2000.
15. TNO: 'Chemical recycling of plastic waste', estudio realizado para la Comisión Europea, DG Industry, 1999.

16. 'A Fuel for the Future', publicación de la APME, 1996.
17. F. E. Mark: 'Energy recovery through co-combustion of mixed plastics waste and MSW', informe de la APME, 1994.
18. Reunión de Expertos de la Comisión Económica para Europa de la Naciones Unidas sobre las mejores técnicas disponibles para controlar las emisiones de dioxina y furanos, Roma, 1997.
19. Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea: Proyecto de Directrices Técnicas sobre Incineración en Tierra (D5), marzo de 1994.
20. Bertin Technologies: 'The influence of PVC on quantity and hazardousness of flue-gas residues from incineration', estudio realizado para la Comisión Europea, DG Environment, 2000.
21. Argus: 'The behaviour of PVC in Landfill', estudio realizado para la Comisión Europea, DG Environment, 1999.



APÉNDICE 2

Fabricación, utilización, reutilización y reciclado de los plásticos



### APÉNDICE 3

#### Información sobre salud y seguridad para las instalaciones de recuperación de materiales (IRM)

(Su aplicación va más allá de los plásticos)

#### I. Información sobre seguridad

La información que figura a continuación debería formar parte del manual de salud y seguridad de la instalación. Esa información se refiere especialmente al funcionamiento del equipo proporcionado para el almacenamiento, la clasificación y la preparación de balas de desechos plásticos. Se recomienda que los procedimientos descritos en el manual de seguridad se revisen periódicamente para velar por que la información sea la que requiere y se adecue al equipo y a las prácticas de trabajo de la IRM.

Se recomienda que la información contenida en el manual de seguridad forme parte de la capacitación del personal empleado en la IRM y que las secciones pertinentes de la información se pongan a disposición de las actividades asociadas con la IRM, como el transporte de materiales desde y hacia la IRM y la recepción de visitantes.

- 1.1 Tal vez sea necesario armonizar algunas de esas recomendaciones con las normas de la instalación y el reglamento local vigentes;
- 1.2 Las presentes instrucciones de seguridad se aplican a quienes participen en el funcionamiento de la IRM y a los visitantes;
- 1.3 Todo el personal que participe en el funcionamiento de la IRM, incluidos los que se ocupen del envío y despacho de materiales, deben conocer, y comprometerse a respetar, las instrucciones de seguridad descritas en el “Manual de seguridad” de la instalación

#### 2. Incendio

- 2.1 Los servicios de emergencia deben conocer los tipos y cantidades de los materiales almacenados para el reciclado.
- 2.2 Cuando se trabaja con plásticos, el peligro de incendio es alto. Sólo deben almacenarse materiales en zonas definidas y acordadas.
- 2.3 En la IRM debe establecerse y vigilarse el cumplimiento de una política de “prohibido fumar” aplicable a todos, incluidos los visitantes y los contratistas.
- 2.4 Las rutas de escape de emergencia hacia un punto de reunión definido, fuera de la instalación o del edificio, deben estar claramente señaladas mediante carteles y deben mantenerse siempre expeditas.
- 2.5 Debe disponerse de extintores de incendio apropiados dentro de la IRM y en las zonas de almacenamiento. Debe informarse al personal sobre la utilización de equipo de lucha contra incendios. La necesidad de utilizar “buenas prácticas de funcionamiento” es esencial con el fin

de mantener buenas condiciones de trabajo, un alto nivel de higiene y evitar el almacenamiento innecesario de desechos o materiales inflamables.

- 2.6 Es de capital importancia contar con “prácticas óptimas de funcionamiento” a fin de mantener condiciones de trabajo satisfactorias, elevadas normas de higiene y evitar el almacenamiento innecesario de materiales/desechos inflamables.
- 2.7 No deben guardarse líquidos o gases inflamables dentro de la IRM o en las zonas de almacenamiento.
- 2.8 Debe disponerse de un sistema de alarma de incendios de emergencia que se probará una vez por semana.
- 2.9 Deben establecerse rutas de evacuación y practicarse los procedimientos de evacuación.
- 2.10 Todo el personal debe conocer los procedimientos de emergencia en caso de incendio. Se recomienda que se instale dentro de la IRM un teléfono de emergencia y que se expongan claramente los números de teléfono de los servicios de emergencia locales.

### **3. Accidentes**

- 3.1 El peligro de accidente es mayor en las zonas donde haya maquinaria o donde haya un movimiento importante de vehículos. La observancia de prácticas de trabajo seguras, el mantenimiento periódico del equipo y la debida capacitación del personal ayudarán a reducir al mínimo los accidentes.
- 3.2 El personal que trabaja en la IRM tiene la obligación de velar por no poner en peligro su propia persona o la de otros. Debe tenerse especial cuidado cuando haya visitantes en la instalación.
- 3.3 Deben respetarse en todo momento las instrucciones y prácticas de trabajo seguras. Del funcionamiento de la maquinaria de la IRM sólo podrá ocuparse personal cualificado.
- 3.4 Los conductores de horquillas elevadoras y palas cargadoras deberán estar cualificados y disponer de las licencias o certificados apropiados.
- 3.5 Al menos dos miembros del personal deben recibir capacitación sobre procedimientos básicos de primeros auxilios. Deben instalarse botiquines de primeros auxilios con el equipo apropiado y cerca de un lavabo.
- 3.6 Los operarios deben llevar ropa adecuada. Deberá proporcionarse protección adicional en determinadas condiciones que se exponen a continuación.
  - Será necesario llevar protección en la cabeza cuando el personal trabaje en las zonas donde se realice la descarga de materiales y donde puedan caer materiales desde alturas superiores.
  - Se necesita protección para la cara y los ojos cuando haya riesgo de presencia de sustancias corrosivas e irritantes o de impacto de objetos en movimiento.

- Será necesaria protección respiratoria cuando el personal esté expuesto a polvo, humos o vapores.
  - Será necesario proteger las manos contra los materiales afilados, irritantes o corrosivos.
  - Se recomienda que el personal de supervisión que trabaje en la IRM lleve y utilice la ropa de protección apropiada para servir de ejemplo y reforzar las normas.
- 3.7 Es aconsejable que el personal encargado de la clasificación de los productos para reciclar se vacune contra el tétanos.
- 3.8 El mantenimiento del equipo deberá llevarse a cabo con arreglo a las recomendaciones del proveedor y únicamente por técnicos cualificados. En ningún caso deberán retirarse las guardas o escudos de protección, salvo para el mantenimiento autorizado.
- 3.9 Los sistemas de parada de seguridad del equipo se probarán cada semana.
- 3.10 El personal no deberá trepar a las vallas de protección.
- 3.11 No deberá permitirse el comportamiento descuidado.

#### **4. Balas y máquinas de preparar balas**

- 4.1 Deberán respetarse estrictamente las instrucciones de funcionamiento de los fabricantes. El uso incorrecto del equipo para preparar balas puede provocar situaciones muy peligrosas.
- 4.2 Si el zunchado de las balas no se realiza adecuadamente o hay un defecto en el material de zunchado, los zunchos de las balas pueden soltarse. Si eso sucede la bala puede expandirse rápidamente. Si eso ocurre antes o durante la apertura de la puerta de la máquina de embalado, la fuerza de la bala en expansión puede hacer que esa puerta (en caso de que exista) se abra a una velocidad peligrosa.
- 4.3 Sólo deberá utilizarse material de zunchado de la especificación aprobada.
- 4.4 Del mantenimiento del equipo de embalado se ocupará únicamente un ingeniero de mantenimiento autorizado.
- 4.5 No deberán introducirse modificaciones no autorizadas en el equipo de embalado.
- 4.6 Todas las máquinas de embalar que se utilicen con botellas de plástico deberán estar equipadas con un dispositivo de reducción de velocidad de la puerta.
- 4.7 Deberá marcarse con una raya amarilla una zona restringida alrededor de la máquina de preparar balas. En esa zona sólo deberán entrar los operarios de la IRM que se ocupen del zunchado y la retirada de los materiales embalados.
- 4.8 Si fuera necesario cortar las tiras de acero utilizadas para el zunchado sometidas a gran tensión deberá tenerse gran cuidado y se utilizarán únicamente cortadores de seguridad aprobados.

- 4.9 Las balas pesan normalmente entre 200 y 400 kg, dependiendo de la densidad de los materiales. Es esencial disponer de equipo de manipulación adecuado. Las balas deben transportarse de la máquina embaladora en carretones de pallets movidos a mano u horquillas elevadoras. Para el transporte local y el apilado se utilizará una horquilla elevadora.
- 4.10 No se apilarán más de tres balas una encima de otra. Las horquillas elevadoras deberán tener topes laterales en las horquillas para mover y apilar las balas de forma segura.
- 4.11 No se permitirá la presencia de visitantes en las zonas en que se almacenen las balas.

## **5. Mantenimiento de las máquinas de preparar balas (limpieza, retirada de materiales)**

- 5.1 Antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento en las máquinas de preparar balas deberá desconectarse la energía y aislarse eléctricamente la máquina.
- 5.2 Las máquinas de preparar balas necesitan ocasionalmente una limpieza interna como resultado de la utilización continua o de la contaminación. Ningún operario deberá entrar jamás en una máquina embaladora sin obtener primero la aprobación del supervisor.
- 5.3 El supervisor se asegurará de que la conexión eléctrica esté aislada y bloqueada con un sistema de candado. El supervisor guardará la llave. Si en el circuito hidráulico de la máquina se utilizan acumuladores hidráulicos, deberá liberarse la presión hidráulica residual.
- 5.4 Deberá situarse un aviso en la máquina en el que se anuncie claramente que hay un operario realizando la limpieza o mantenimiento de la máquina. De la retirada del aviso y la conexión de la alimentación se encargará ÚNICAMENTE el supervisor cuando el operario haya salido de la máquina y ésta se encuentre en condiciones seguras para funcionar.
- 5.5 Es necesario tener siempre especial cuidado al actuar el mecanismo de bloqueo de la puerta para evitar daños personales.
- 5.6 Es preciso mantener todas las partes del cuerpo a una distancia segura del mecanismo de bloqueo de la puerta.

## **6. Carretillas de almacenamiento intermedio**

- 6.1 Al mover esas carretillas debe cuidarse que el conductor u operador mantenga una visibilidad clara.
- 6.2 Las carretillas aparcadas no deben obstruir las rutas de salida de emergencia ni las zonas de trabajo.
- 6.3 Las carretillas de almacenamiento intermedio sólo se apilarán en dos alturas.
- 6.4 Es preciso asegurar que la entrada a las tolvas de alimentación de la máquina de preparar balas esté cerrada y asegurada después de las operaciones de embalado.

## **7. Supervisor**

- 7.1 Se recomienda que el supervisor de la IRM sea una persona que esté presente en la instalación de forma cotidiana.
- 7.2 El supervisor sólo permitirá trabajar en la IRM a personas cualificadas.
- 7.3 Además de la seguridad de los operarios, el supervisor se ocupará de las siguientes esferas de responsabilidad.
- 7.4 Antes de conectar el equipo de la IRM, el supervisor deberá asegurarse de que no se encuentre obstruido y de que el personal se mantenga a una distancia segura de las partes móviles. Deben instalarse sistemas de alarma para dar aviso de la puesta en marcha de la maquinaria.
- 7.5 El supervisor debe recibir capacitación en procedimientos de primeros auxilios y evacuación en caso de incendios, los métodos de ponerse en contacto con los servicios de emergencia, las rutas de acceso y escape de emergencia y deberá velar por que el equipo de primeros auxilios se encuentre limpio y completo. Debe disponerse de un libro de accidentes que se utilizará para registrar los accidentes o situaciones de peligro. Las rutas de escape de emergencia deberán inspeccionarse periódicamente para asegurarse de que se mantienen expeditas.
- 7.6 El supervisor deberá insistir en que se mantengan buenas normas de administración. Las zonas de carga de materiales, pasarelas y rutas de escape en caso de incendio deben estar bien definidas y mantenerse expeditas en todo momento.
- 7.7 El inspector deberá velar por que no se produzcan comportamientos descuidados en la instalación.
- 7.8 Deberá disponerse de iluminación de emergencia que se probará periódicamente.
- 7.9 Al final de cada turno de trabajo, el supervisor, antes de marcharse, deberá asegurarse de que se hayan desconectado todas las tomas de energía, que todo el personal haya salido del lugar y que la instalación esté cerrada y asegurada.

## **8. Operarios**

- 8.1 Las siguientes instrucciones van dirigidas concretamente para los operarios, aunque deben leerse en conjunción con las demás instrucciones para la instalación.
- 8.2 Del funcionamiento de la maquinaria de la IRM se ocupará únicamente personal cualificado.
- 8.3 Los operarios no deben llevar ropas sueltas y el pelo largo debe recogerse mediante un tocado adecuado y mantenerse alejado de los equipos móviles.
- 8.4 Deberán llevarse ropas de protección cuando se trabaje en la línea de clasificación, o en otras zonas en que sea necesario,.
- 8.5 Los operarios no deberán en ningún caso subirse a las cintas transportadoras.

- 8.6 Los operarios no deberán en ningún caso entrar en los conductos de clasificación.
- 8.7 Los operarios no deberán en ningún caso entrar en las tolvas de alimentación de material.
- 8.8 Los operarios no deberán en ningún caso entrar en las máquinas de preparación de balas.
- 8.9 En caso de que se presente una situación de emergencia, el operario deberá activar el sistema de parada de emergencia sin intentar desatascar la maquinaria hasta que el equipo haya sido desconectado y aislado.
- 8.10 Los operarios deberán en todo momento estar al tanto de los movimientos de vehículos dentro de la IRM.
- 8.11 Deberá informarse inmediatamente al supervisor de cualquier situación de peligro.

## **9. Visitantes**

- 9.1 El supervisor de la instalación deberá organizar y supervisar las visitas.
- 9.2 El guía de cualquier visita deberá conocer las instrucciones de seguridad de la instalación.
- 9.3 Los visitantes no deberán tocar o hacer funcionar la maquinaria. Deberá informárseles de todas las instrucciones de seguridad, como los procedimientos de evacuación, la prohibición de fumar, etc. antes de entrar en la IRM y deberán comprometerse a cumplirlas.
- 9.4 Durante una visita no deberán realizarse movimientos de vehículos ni otras operaciones de carácter potencialmente peligroso.
- 9.5 El supervisor de la IRM deberá velar por que los visitantes se mantengan dentro de las zonas de la IRM especificadas.
- 9.6 Se mantendrá un registro de las personas que entren en la IRM mediante un libro de entradas y salidas.
- 9.7 Deberá proporcionarse a los visitantes el equipo de protección de seguridad adecuado, por ejemplo, gafas de seguridad, protección auditiva y chalecos de alta visibilidad.

## APÉNDICE 4

### A. Datos sobre incendios en instalaciones de reciclado de Alemania

En **Mulheim**, en el valle del Ruhr, un almacén que pertenecía a un contratista de transportes ardió en un incendio importante. El fuego consumió 340 toneladas de PVC y 150 toneladas de polietileno. La oficina regional de protección ambiental realizó un cuidadoso examen de la contaminación provocada por el incendio. Se concluyó que los gases procedentes del fuego contenían menos dioxinas de las que se emiten en muchos incineradores de desechos.

Un segundo incendio, ocurrido en 1992 en **Lengerich**<sup>3</sup>, en Renania del Norte-Westfalia, en una instalación de reciclado de plásticos, consumió 1.500 toneladas de plásticos, incluidas 500 toneladas de PVC. En la investigación de las emisiones de dioxina participaron las autoridades locales y el Ministerio Regional de Medio Ambiente. El Ministerio Regional de Medio Ambiente publicó una nota de prensa con las siguientes conclusiones principales:

- Se examinaron las oficinas y viviendas en un radio de 100 metros del incendio sin encontrarse motivos de preocupación.
- Ni la instalación de tratamiento de aguas residuales ni las aguas subterráneas parecieron haber sufrido efectos nocivos.
- Las cosechas de raíces se declararon seguras y únicamente se impuso una prohibición de consumir, por una sola estación, las cosechas de verduras de hoja.
- Las 26 personas más expuestas a los gases del incendio mostraron bajos niveles de dioxina en la sangre.
- Un estudio más amplio realizado por la universidad confirmó que ninguna persona sufrió contaminación grave.
- Conclusiones similares se extrajeron de otros cuatro incendios importantes en Grossefahn, Achim, Siegburg e Ishy.

Esas conclusiones corresponden exactamente con los resultados de un estudio sobre los bomberos realizado por las universidades de Bochum y Düsseldorf a petición del Ministerio de Trabajo, Salud y Medio Ambiente de Renania del Norte-Westfalia.

**Ministerio de Medio Ambiente, Planificación y Agricultura, Renania del Norte-Westfalia, Alemania, 1994.**

### B. Datos de un incendio en la instalación de reciclado Plastimet en Hamilton

El incendio en la instalación de reciclado Plastimet fue devastador para toda la comunidad de Hamilton. El incidente podría haberse evitado si la instalación hubiera cumplido la normativa del Código Nacional de Incendios que rige el almacenamiento de materiales plásticos. Cuando se almacenan y

<sup>3</sup> 'Documentation on a major fire at Lengerich', Ministerio de Medio Ambiente, Planificación y Agricultura, Renania del Norte-Westfalia (Alemania), 1994.



manipulan apropiadamente, el reciclado del plástico, incluido el vinilo, es seguro y supone muchas ventajas para el medio ambiente.

La respuesta del Ministerio de Medio Ambiente y Energía de Ontario (MMAEO) al incendio de Plastinet fue oportuna y apropiada, como concluyó un comité interno de investigación. En su informe técnico analizó los resultados de 8.500 muestras del MMAEO sobre 500 muestras de aire (en las que se utilizaron analizadores de trazas de gases atmosféricos), agua, suelo, hollín y vegetación. Los resultados del informe indicaron que, días después de extinguido el incendio, los niveles ambientales de las sustancias ensayadas volvieron a los valores normales, salvo en casos en que existía contaminación anterior del suelo y agua de tormenta en las aguas residuales.

El incendio duró tres días (miércoles 9 a viernes 12 de julio de 1997). Durante los dos primeros días no se produjo ninguna evacuación porque las condiciones atmosféricas permitían que la pluma de humo ascendiera directamente a los altos niveles de la atmósfera. El viernes, los pronósticos indicaron la llegada de un cambio del viento (inversión) que podría suponer un problema para los residentes de los alrededores y se decidió evacuar de sus hogares, de forma voluntaria a 650 residentes como precaución. También aumentaron los niveles de benceno. La evacuación se llevó a cabo el viernes y posteriormente se les permitió volver a sus hogares menos de 24 horas después, una vez extinguido el incendio.

El MMAEO recogió para su análisis muestras de aire, hollín, suelo y vegetación. El Oficial Médico de Salud aconsejó a los residentes no consumir verduras que no pudieran pelarse..

**Informe Técnico publicado por el Ministerio de Medio Ambiente y Energía de Ontario, 30 de octubre de 1997.**

## APÉNDICE 5

### Otros datos relativos a los fluoropolímeros

#### 1. Nombres alternativos

En el **cuadro 1** se utiliza el PTFE como fluoropolímero “típico”. Entre otros materiales de la familia de los fluoropolímeros cabe citar el etileno/tetrafluoroetileno (ETFE) y los copolímeros de tetrafluoroetileno y etileno (TFE) (en el **apéndice 7a** figuran otros ejemplos).

#### 2. Características de los polímeros

Los fluoropolímeros (PTFE, ETFE y otros copolímeros de TFE) son polímeros de alto rendimiento con propiedades únicas. Entre ellas cabe citar la estabilidad química (son resistentes a la mayoría de los productos químicos, ácidos y bases) y la baja reactividad (estabilidad térmica, resistencia a la radiación UV, resistencia a los elementos climáticos y propiedades eléctricas aislantes). Ninguno de esos polímeros se considera peligroso en la legislación nacional y los desechos de fluoropolímeros no se consideran un material peligroso en la UE ni en la OCDE.

#### 3. Propiedades de los polímeros

Los fluoropolímeros son un constituyente Y45, pero su estructura polimerizada modifica radicalmente las características químicas de ese constituyente. Los fluoropolímeros no son explosivos, inflamables, combustibles espontáneamente, oxidantes, peróxidos orgánicos ni corrosivos. Así pues, no son aplicables las características de peligro H1, H3, H4, H5, H6.2, H8, ni H10.

Las características peligrosas que suscitan mayor interés son H6.1 (toxicidad aguda), H11 (toxicidad crónica o diferida), H12 (ecotoxicidad) y H13 (capacidad de producir otro material, por ejemplo lixiviados). Ninguno de esos polímeros fluorados exhiben toxicidad aguda en ninguna circunstancia razonable en forma de polímero sólido o de polvo de esas sustancias. Su estabilidad y baja reactividad significan también que no muestran ecotoxicidad si se liberan en el medio ambiente. Los desechos de esos polímeros son sólidos y son en buena medida inertes desde el punto de vista biológico y químico, incluso cuando se encuentran totalmente expuestos al medio ambiente durante períodos de tiempo muy largo se mantienen estables. Es poco probable que pueda aplicarse ninguna interpretación razonable de la característica H13. Debido a la estabilidad de los fluoropolímeros es poco probable que se produzcan lixiviados o productos gaseosos si el material se elimina en vertedero. La quema abierta o incontrolada no debe considerarse como método de recuperación ambientalmente racional.

#### 4. Reciclado de polímeros

Los fluoropolímeros pueden reciclarse de una forma ambientalmente racional y su alto valor económico (entre 12 y 45 veces mayor que los plásticos que se utilizan como productos básicos) hace que su reciclado resulte atractivo. Durante los procesos de reciclado los polímeros se muelen y sinterizan o se funden y moldean en aplicaciones para una segunda vida. Los procesos empleados no son más peligrosos que los que se utilizan cuando se trata de polímero virgen. En condiciones normales de procesado es poco probable que se produzcan subproductos peligrosos. Los procesos empleados, sin embargo, son de carácter especializado y no están muy difundidos fuera de la OCDE. El transporte transfronterizo para su reciclado

debe realizarse únicamente cuando las parte proveedora y receptora hayan confirmado que se dispone de procesos de reciclado apropiados.

## APÉNDICE 6

### GLOSARIO

#### **Aditivos**

Materiales que se mezclan con los polímeros para facilitar su procesamiento, a fin de darle las propiedades físicas requeridas en su aplicación final y para protegerlos de los efectos de los elementos climáticos. Podría decirse que: “polímeros + aditivos = plásticos”

#### **Agua potable**

Agua que se puede beber

#### **Álcali/solución alcalina**

Sustancias o disoluciones de sustancias que pueden neutralizar ácidos y producir sustancias más inertes

#### **Antioxidante**

Sustancia que se añade a un polímero para hacerlo resistente a los efectos de los elementos climáticos o del medio ambiente

#### **Aparato autónomo de respiración**

Un cilindro lleno de aire comprimido conectado a una máscara que excluye el humo y los gases procedentes de un fuego del aire que un bombero respira durante la extinción de un incendio

#### **Armario de ordenador**

La caja exterior de una computadora personal

#### **Calidad**

Otro término para una formulación o mezcla. A menudo se asocia con una “referencia de calidad” que indica el tipo de material

#### **Cenizas de fondo**

Las cenizas que se forman bajo la cámara de combustión en un incinerador. Pueden encontrarse en forma de polvo o de grumos o granos

#### **Cenizas volantes**

Material en partículas finamente divididas que se produce en el incinerador y acompaña a los gases de combustión

#### **Colas**

El material que se obtiene después de que el primer material recuperado (por ejemplo, metal o plástico) se ha separado de un desecho o chatarra

#### **Compatibilidad**

Capacidad de formar una mezcla coherente, como sucede con el alcohol y el agua; lo contrario de lo que sucede con el aceite y el agua, que son incompatibles

#### **Composición**

Un proceso de extrusión durante el que se añaden varios aditivos a la resina o resinas y se mezclan y calientan o comprimen para formar un plástico. Los aditivos quedan fijados en la matriz.

**Compuesto**

En la industria de los plásticos se entiende por compuesto el producto de la mezcla vigorosa de materiales, a menudo con aplicación de calor. No se forman nuevas sustancias químicas. Esa es la forma en que los polímeros se mezclan con los aditivos para formar compuestos.

**Conversión/transformación**

El proceso de moldeo o extrusión de compuestos plásticos en artículos acabados o componentes de artículos acabados

**Copolímero**

Un polímero formado a partir de dos o más monómeros diferentes

**Degasificación**

El proceso de convertir un plástico espumado en un sólido

**DSU**

Desechos sólidos urbanos

**Extrusión**

El proceso de forzar un plástico fundido a través de un orificio de una forma determinada para producir un tubo o perfil

**Filtro textil**

Una bolsa o diafragma de tejido de malla fina a través del cual se hacen pasar los gases de combustión en su camino hacia el exterior. Sirve para filtrar el polvo de los gases

**Formulación**

Selección de componentes (aditivos, como estabilizadores, colorantes, endurecedores, plastificantes, rellenos, etc.) de un producto mezclado para conferirle las propiedades específicas óptimas para el uso final deseado. La formulación por tecnólogos expertos es esencial para productos que tengan que ajustarse a especificaciones o condiciones de servicio especiales

**Gas de combustión**

Los gases producidos en un incinerador y que se conducen hacia el medio exterior a través de una chimenea

**Hollín**

Un depósito negro que consiste en partículas finas formadas por la combustión de un combustible

**IRM**

Instalación de recuperación de material

**Madera aserrada**

Un término genérico para las tablas, paneles y perfiles hechos de madera. Se utiliza a menudo como alternativa a la madera en bruto

**Material virgen**

Materiales de nueva producción que van a procesarse por primera vez

**Mezcla/mezclado**

El producto o proceso de aunar materiales

**Molde/moldeo**

Cavidad con una forma concreta en la que se fuerza la entrada de material plástico. Después de enfriarse la pieza moldeada retiene la forma del molde

**Nanogramo**

La mil millonésima parte de un gramo ( $10^{-9}$ )

**Plásticos espumados**

Plásticos en los que se han introducido gases, generados por un agente espumante, durante los procesos de moldeo o extrusión para hacerlos más ligeros y menos densos

**Plastificante**

Compuestos orgánicos que a veces se mezclan con los polímeros para producir un plástico más flexible. Los plastificantes más comunes son los ftalatos

**Polímero**

Material orgánico que consta de largas cadenas de moléculas compuestas por muchas unidades monómeras. La mayoría de los plásticos tienen una cadena de átomos de carbono como columna vertebral. Los polímeros se mezclan casi siempre con aditivos antes de su utilización.

Plásticos = polímeros + aditivos

**Potenciador de la resistencia al impacto**

Normalmente otro polímero que se añade a una mezcla de polímeros para aumentar su resistencia al daño por impacto

**Productos semielaborados**

Láminas, perfiles, barras, tubos, etc. hechos de plástico que será necesario procesar ulteriormente antes de que se conviertan en parte de artículos acabados

**Reciclado como materia**

El reciclado como materia prima es un proceso en el que se rompen las cadenas de polímero en sus componentes básicos. En el caso de muchos polímeros, las unidades básicas son hidrocarburos, en tanto que en el caso de los polímeros que contienen halógenos las unidades básicas son hidrocarburos y cloruro o fluoruro de hidrógeno. Los desechos plásticos se depolimerizan en monómeros, que pueden utilizarse de nuevo directamente en la polimerización (quimiólisis) o en materias primas de menor peso molecular (termólisis o craqueo) que pueden utilizarse, como el petróleo natural, en varias reacciones químicas, incluida la producción de polímeros.

**Relleno**

Habitualmente un mineral finamente molido, como el talco o yeso, que se mezcla con un polímero para modificar sus propiedades o abaratar su precio

**Resina**

Un polímero artificial resultado de la reacción química entre dos o más sustancias, habitualmente con ayuda del calor o de un catalizador. Esta definición incluye a la goma sintética, siliconas (elastómeros)

**Revestimiento**

Aislamiento de plástico, como PVC o PE, que protege los cables, pero que puede ser también de papel engrasado, dependiendo del uso del cable

**Residuos**

Piezas de láminas, barras o perfiles de plástico que sobran en el componente o estructura que se está fabricando

**Sinterizado o calcinado**

Reducido a cenizas

**Sistema de aspersores**

Un sistema de orificios de salida de chorros de agua incorporado en la estructura de un edificio que comienza a funcionar automáticamente cuando se inicia un incendio accidental en el edificio

**Tal cual**

Tal como aparece, en el estado en que se encuentra

**Termoestable**

Un polímero que se solidifica o “fragua” de forma irreversible cuando se calienta. Esa propiedad está vinculada a menudo con reacciones de entrecruzamiento inducidas por el calor o la radiación. En muchos casos es necesario añadir agentes de curado (peróxidos orgánicos o azufre). Los materiales pueden todavía reciclarse; después de molidos pueden añadirse como aditivos a otros polímeros

**Termoplástico**

Un polímero que se ablanda cuando se expone al calor (la temperatura depende del tipo de plástico) y vuelve a su condición original cuando se enfría a temperatura ambiente

**Trituración**

El proceso de cortar grandes piezas o componentes de plástico en trozos más pequeños aptos para el reprocesamiento

## APÉNDICE 7a

## ISO 1043-1: 1987 Plásticos - Símbolos (Extracto)

## Primera parte: Polímeros básicos y sus características especiales

Símbolos de materiales poliméricos naturales y homopoliméricos

Símbolo	Material
CA	Acetato de celulosa
CAB	Acetato y butirato de celulosa
CAP	Acetato propionato de celulosa
CF	Cresol-formaldehído
CMC	Celulosa carboxilometílica
CN	Nitrato de celulosa
CP	Propionato de celulosa
CTA	Triacetato de celulosa
EC	Etilocelulosa
EP	Epóxido: Epoxia
FF	Furano-formaldehído
HFP	Hexafluoropropileno
MC	Metilocelulosa
MF	Metamina-formaldehído
PA	Poliamida
PAI	Poliamida/imida
PAN	Poliacrilonitrilo
PAUR	Poli(éster de uretano)
PB	Polibutano -1
PBA	Poli(acrilato de butilo)
PBT	Poli(tereftalato de butileno)
PC	Policarbonato
PCTFE	Policlorotrifluoroetileno
PDAP	Poli(ftalato de dialilo)
PE	Polietileno
PEEK	Polieteretercetona
PEI	Poli(eter imida)
PEOX	Poli(oxietileno)
PES	Poli(eter sulfona)
PET	Poli(tereftalato de etileno)
PEUR	Poli(eter uretano)
PF	Fenol-formaldehído
PFA	Perfluoro alcohólico alcano
PI	Poliimida



PIB	Poliisobutano: Poliisobutileno
PIR	Poliisocianurato
PMI	Polimetacrilimida
PMMA	Poli(metacrilato de metilo)
PMP	Poli-4-metilpentano-1
PMS	Poli-á-metilestireno
POM	Polioximetileno (poliacetal): poliformaldehído
PP	Polipropileno
PPE	Poli(eter propileno)
PPO	Poli(fenilóxido)
PPOX	Poli(oxipropileno)
PPS	Poli(sulfuro de propileno)
PPSU	Poli(sulfona de propileno)
PS	Poliestireno
PSU	Polisulfona
PTFE	Politetrafluoroetileno
PUR	Poliuretano
PVAC	Poli(acetato de vinilo)
PVAL	Poli(alcohol de vinilo)
PVB	Poli(butiral vinilo)
PVC	Poli(cloruro de vinilo)
PVDC	Poli(cloruro de vinilideno)
PVDF	Poli(fluoruro de vinilideno)
PVF	Poli(fluoruro de vinilo)
PVFM	Poli(formal vinilo)
PVK	Polivinilcarbazola
PVP	Polivinilpirrolidona
SI	Silicona
SP	Poliester saturado
TFE	Tetrafluoroetileno
UF	Urea-formaldehído
UP	Poliester insaturado

### Símbolos de materiales copoliméricos

Símbolo	Material
A/B/A	Acrilonitrilo/butadieno/acrilato
ABS	Acrilonitrilo/butadieno/estireno
A/CPE/S	Acrilonitrilo/clorinado polietileno/estireno
A/EPDM/S*	Acrilonitrilo/etileno-propilona-dieno/estireno

A/MMA	Acilonitrilo/metil metacrilato
ASA	Acilonitrilo/estireno/acrilato
E/EA	Etileno/etil acrilato
E/MA	Etileno/ ácido metacrilico
E/P	Etileno/propileno
EPDM*	Etileno/propileno/dieno
E/TFE	Etileno/tetrafluoroetileno
E/VAC	Etileno/vinil acetato
E/VAL	Etileno/vinil alcohol
FEP	Perfluoro(etileno/propileno) : Tetrafluoroetileno/hexafluoropropileno
MBS	Metacrilato/butadieno/estireno
MFA	Perfluoro alcohólico alcano: Tetrafluoroetileno/Perfluoro metilv inil eter
MPF	Melamina/fenol-formaldehído
PEBA	Polieter block amida
PFA	Perfluoro alcoxil alcano: Tetrafluoroetileno/Perfluoro propilvinil eter
SAN**	Estireno/acilonitrilo
S/B	Estireno/butadieno
SMA	Estireno/anhidrido maleico
S/MS	Estireno/á-metilestireno
VC/E	Cloruro de vinilo /etileno
VC/E/MA	Cloruro de vinilo/etileno/metil acrilato
VC/E/VAC	Cloruro de vinilo/etileno/ acetato de vinilo
VC/MA	Cloruro de vinilo/metil acrilato
VC/MMA	Cloruro de vinilo/metil metacrilato
VC/OA	Cloruro de vinilo/octil acrilato
VC/VAC	Cloruro de vinilo/ acetato de vinil
VC/VDC	Cloruro de vinilo/ cloruro de vinilideno

\* EPDM es un símbolo para la goma; las definiciones pueden consultarse en ISO 1629

\*\* En el Japón y los EE.UU., el símbolo "SAN" es una referencia

PVC-U	PVC sin plastificante
PVC-P	PVC plastificado
PVC-E	PVC expandido (en espuma)

## APÉNDICE 7b

### Marcas de identificación del material para embalajes

La separación de los materiales plásticos para el reciclado se realiza mucho más fácilmente si los productos de plástico llevan una marca de identificación. Existe un acuerdo general de que los artículos de plástico para embalaje deben marcarse utilizando el código elaborado por la Sociedad de la Industria de los Plásticos de América. Los símbolos utilizados en ese código figuran a continuación.



Los materiales que tienen su origen en Europa llevarán versiones modificadas de esas marcas:

<b>PETE = PET</b>	tereftalato de polietileno
<b>HDPE = PE-HD</b>	polietileno de alta densidad
<b>V = PVC</b>	cloruro de polivinilo
<b>LDPE = PE-LD</b>	polietileno de baja densidad
<b>PP = PP</b>	polipropileno
<b>PS = PS</b>	poliestireno
<b>Other</b>	Otros polímeros o mezclas

Para las aplicaciones distintas de los embalajes, es probable que las marcas de los componentes de plástico se ajusten a la norma ISO 11469; 1993 (E), plásticos – marcas de identificación genérica de los productos de plástico.

## APÉNDICE 8

**Normas de emisión para los incineradores de desechos establecidas  
por la Unión Europea (en mg/m<sup>3</sup> al 11% de O<sub>2</sub> seco)**

Contaminante	Directiva de la Unión Europea sobre incineración de desechos (2000/76/CE)		
	Límite del promedio diario	A: límite del promedio semihorario 100% 2)	B: límite del promedio semihorario 97% 2)
HCl	10	60	10
HF	1	4	2
	50	200	50
Nox	200 (> 6t/h) 400 (< 6t/h)	400	200
CO	50	100	50
Sustancias orgánicas	10	20	10
Polvo	10	30	10
Metales pesados	Límite del promedio de emisión en los respectivos tiempos de muestreo [½ - 8 h]		
Σ Cd y Tl	Total 0,05		total 0,13)
Hg	0,05		0,13)
As, Sb, Cr, V, Sn, Pb, Co, Ni, Cu, Mn	Total 0,5		total 0,13)
Dioxinas y furanos (como valores tóxicos equivalentes)	[6 - 8 h] 0,1 x 10 <sup>-6</sup> TE 1)		

- 1) = 0,1 ng TE/m<sup>3</sup>
- 2) Ninguno de los valores promedio semihorarios excede ninguno de los valores límite de emisión establecidos en la columna o bien, cuando proceda, el 97% de los valores promedios semihorarios a lo largo del año no exceden ninguno de los valores límite de emisión establecidos en la columna B
- 3) Valores promedio hasta el 1° de enero de 2007 en las instalaciones existentes a las que se hubiera concedido la licencia de funcionamiento antes del 31 de diciembre de 1996 y que se dediquen únicamente a la incineración de desechos peligrosos

## APÉNDICE 9

Más información sobre reciclado de plásticos en:

<b>ASOCIACIONES REGIONALES</b>
APME (Asociación Europea de Fabricantes de Plásticos) Avenue E Van Nieuwenhuyse 4 Box 3 B-1160 Brussels BELGIUM Tel: 32 2 675 3258 / Fax: 32 2 675 4002 Correo electrónico: <a href="mailto:info@apme.org">info@apme.org</a> Sitio en la Web: <a href="http://www.apme.org">http://www.apme.org</a>
<b>INSTITUTOS NACIONALES</b>
ÖKI-Österreichisches Kunststoffinstitut Franz grill Strasse 5 A-1030 Wein AUSTRIA

Más información sobre reciclado de chatarra de cables (proveedores de maquinaria o procesadores) en:

<b>ASOCIACIONES INTERNACIONALES</b>
BIR Bureau of International Recycling Avenue Franklin Roosevelt, 24 B-1050 Brussels BELGIUM Tel: 32 2 627 5770 / Fax: 32 2 627 5773 Correo electrónico: <a href="mailto:info@bir.org">info@bir.org</a> Sitio en la Web: <a href="http://www.bir.org">http://www.bir.org</a>
<b>ASOCIACIONES REGIONALES</b>
<b>EUROMETREC</b> European Metal Trade & Recycling Federation  c/o BIR Avenue Franklin Roosevelt, 24 B-1050 Brussels BELGIUM Tel: 32 2 627 5770 Fax: 32 2 627 5772 Sitio en la Web: <a href="http://www.eurometrec.org">http://www.eurometrec.org</a>
<b>ASOCIACIONES NACIONALES</b>
<b>AUSTRALIA</b>  ACOR Australian Council of Recyclers Level 11, Elisabeth Towers 418A Elisabeth Street AUS - Surrey Hills, NSW 2010 AUSTRALIA Tel: 61 2 9282 6400 / Fax: 61 2 9281 2546

AUSTRIA

BUNDESGREMIUM DES SEKUNDÄRROH- STOFFHANDELS

Wiedner Hauptstraße 63

PO Box 440

A - 1045 WIEN

AUSTRIA

Tel: 43 1 501 05 35 61 / Fax: 43 1 505 38 51

Correo electrónico: [bggr3@wkoesk.wk.or.at](mailto:bggr3@wkoesk.wk.or.at)

BÉLGICA

COBEREC ASBL

Rue des Comédiens, 16/22

Boîte 7

B - 1000 BRUSSELS

BELGIUM

Tel: 32 2 2230801 / Fax: 32 2 2190022

Correo electrónico: [info@coberec.be](mailto:info@coberec.be)

Sitio en la Web: <http://www.coberec.be/>

BULGARIA

BAMT Bulgarian Association of Metal Traders

26 Hristo Botev Boulevard, ap 12, floor 4

1000 SOFIA

BULGARIA

Tel: 359 2 52 60 98 or 9533288 / Fax: 359 2 52 60 98

Correo electrónico: [b\\_a\\_m\\_t@yahoo.com](mailto:b_a_m_t@yahoo.com)

CHINA

China Environment Protection Industry Development Corporation

25 Yuetan North Street

Xicheng District

100834 BEIJING

CHINA

Tel: 86 10 6 8334022 / Fax: 86 10 6 8334099

Correo electrónico: [mailto:crrc@mx.cel.gov.cn](mailto:mailto:crrc@mx.cel.gov.cn)

CHINA

CAMU - CHINA ASSOCIATION OF METAL SCRAP UTILISATION

3504 No. 17B Xichangan St.

CN - 100031 BEIJING

CHINA

Tel: 86 10 6 6085516/6 6013515

Fax: 86 10 6 6085450

Sitio en la Web: <http://www.sinosteel.com/>

<p>CUBA</p> <p>UERMP Union De Empresas De Recup De Materias Primas  Director General: Miguel MACIAS SAINZ  Av. Primera E/t 16 - 18 No. 1604  Miramar, Playa  CU - HABANA  CUBA  Tel: 55 7 53 24 06 82  Fax: 55 7 53 24 06 81  Correo electrónico: <a href="mailto:casa.compra@uermc.columbus.cu">casa.compra@uermc.columbus.cu</a></p>
<p>REPÚBLICA CHECA</p> <p>SPDS - APOREKO SVAZ PRUMYSLU DRUHOTNYCH SUROVIN  Skrétova ul. 6  CZ - 120 59 PRAHA 2  CZECH REPUBLIC  Tel: 420 2 242 32 414 / Fax: 420 2 242 32 414</p>
<p>DINAMARCA</p> <p>NRF - NORDIC RECYCLING FED. C/O H.J. HANSEN HOLDING A/S  c/o H J Hansen Holdings A/S  Verstergade 97/101  PO Box 927  DK - 5100 ODENSE C  DENMARK  Tel: 45 63 12 82 00 / Fax: 45 63 12 82 19  Correo electrónico: <a href="mailto:nrf@nordic-recycling.org">nrf@nordic-recycling.org</a>  Sitio en la Web: <a href="http://www.nordic-recycling.org/">http://www.nordic-recycling.org/</a></p>
<p>FRANCIA</p> <p>FEDEREC  Rue de Prony 101  F - 75017 PARIS  FRANCE  Tel: 33 1 40 54 01 94  Fax: 33 1 40 54 77 88</p>
<p>ALEMANIA</p> <p>VEREIN DEUTSCHER METALL- HÄNDLER EV. - VDM  Ulrich-von-Hassell-Straße 64  D - 53123 BONN  GERMANY  Tel: 49 228 25901 0  Fax: 49 228 25901 20  Correo electrónico: <a href="mailto:metallverein@t-online.de">metallverein@t-online.de</a>  Sitio en la Web: <a href="http://www.metallverein.de/">http://www.metallverein.de/</a></p>

ALEMANIA

BVSE – BUND.SEKÜNDÄRROHSTOFFE UND ENTSORGUNG E.V.

Hohe Strasse 73

D - 53119 BONN

GERMANY

Tel: 49 228 988 49-0

Fax: 49 228 988 49-99

Correo electrónico: [info@bvse.de](mailto:info@bvse.de)

Sitio en la Web: <http://www.bvse.de/>

HUNGRÍA

NATIONAL ASSOCIATION OF RECYCLERS (HOE)

Ajtosi Dürer Sor 5, III. Em1

H - 1146 BUDAPEST

HUNGARY

Tel: 36 1 3430556/3522579

Fax: 36 1 3430985

Correo electrónico: [hoe@mail.datanet.hu](mailto:hoe@mail.datanet.hu)

IRLANDA

Metal Merchants Association of Ireland

Nathan House, Christchurch Square

EIR - DUBLIN 8

IRELAND

Tel: 353 1 45 44 333 / Fax: 353 1 45 44 690

ITALIA

ASSOFERMET

Corso Venezia 47-49

I - 20121 MILANO

ITALY

Tel: 39 02 760 08807 / Fax: 39 02 781 027

Correo electrónico: [marcemas@tin.it](mailto:marcemas@tin.it)

Sitio en la Web: <http://www.assofermet.it/>

PAÍSES BAJOS

METAAL RECYCLING FEDERATIE

P.O. Box 85645

NL - 2508 CH DEN HAAG

NETHERLANDS

Tel: 31 70 362 46 10 / Fax: 31 70 363 63 48

Correo electrónico: [mail@mrf.nl](mailto:mail@mrf.nl)

Sitio en la Web: <http://www.mrf.nl/>



## PORTUGAL

ANAREPRE Associação Nacional Dos Recuperadores De Produtos Reciclavers

Praca das Industrias

P-Lisboa 1300

PORTUGAL

Tel: 351 21 360 1109 / Fax: 351 21 364 1301

Correo electrónico: [aip@aip.pt](mailto:aip@aip.pt)

## RUMANIA

FEDERATION PATRONALE RECOMAT

Cal. Victoriei N° 152,

Et. II, Cam 213, Sector 1

RO - BUCHAREST

RUMANIA

Tel: 40 1 3151085 / 6505216

Fax: 40 1 6597797

## SUIZA

VERBAND STAHL-UND- METALL-REC. SCHWEIZ (V.S.M.R.)

Konradstrasse 9

PO Box 7190

CH - 8023 ZÜRICH

SWITZERLAND

Tel: 41 1 271 90 90 / Fax: 41 1 271 92 92

Correo electrónico: [gerster@jpg.ch](mailto:gerster@jpg.ch)

Sitio en la Web: <http://www.vsmr.ch/>

## REINO UNIDO

BRITISH METALS RECYCLING ASSOCIATION

16 High Street

Brampton

Huntingdon

Cambs PE28 4TU

UNITED KINGDOM

Tel: 00 44 1480 455249 / Fax: 00 44 1480 453680

Correo electrónico: [admin@britmetrec.org.uk](mailto:admin@britmetrec.org.uk)

## ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

ISRI

1325 G Street, N.W.

Suite 1000

USA - WASHINGTON, DC 2005-3104

USA

Tel: 1 202 737 1770

Fax: 1 202 626 0900

Correo electrónico: [isri@isri.org](mailto:isri@isri.org)

Sitio en la Web: <http://www.isri.org/>

En los sitios en la Web de asociaciones regionales e internacionales podrá encontrar otras asociaciones nacionales

Otras fuentes de consulta:

Maquinaria para reciclado
Alfred A Nijkerk "Handbook of Recycling Techniques" Tercera edición, ISBN 90-802909-1-2 Septiembre de 1996
F Johannaber "Kunststoff Maschinen Führer" Tercera edición, Carl Hanser Verlag Munich, 1992
Saechtling "Kunststoff Taschenbuch" 25ª edición, Carl Hanser Verlag Munich, 1989

## APÉNDICE 10

### Calidades de la chatarra según las definen el ISRI (Instituto de las Industrias de Reciclado de Chatarra) y la BIR (Oficina Internacional de Reciclado)

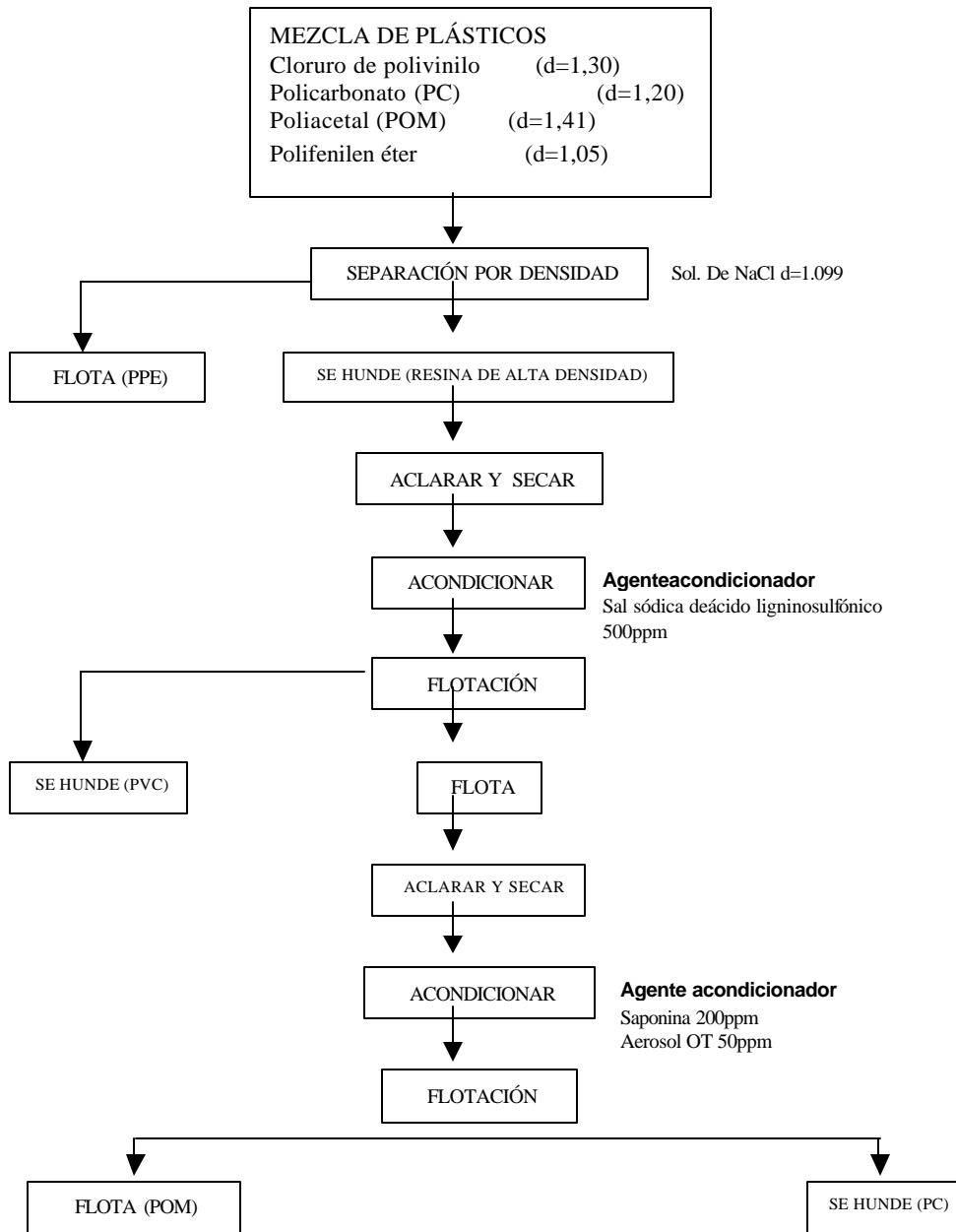
Se pueden obtener o encontrar copias de las clasificaciones actuales de la chatarra de plástico en el sitio Web [www.bvse.de](http://www.bvse.de) en la sección de publicaciones titulada “bvse.u.BIR – Qualitäten-verzeichnis für Altkunststoffe” (gratis); también hay otros folletos sobre reciclado de plásticos en el sitio web de bvse. En la dirección <http://www.isri.org/specs/index.htm> en la Web se pueden obtener los siguientes capítulos de la Circular del ISRI sobre Especificaciones de la Chatarra de 2001:

#### Capítulos

- Introduction
- Nonferrous Scrap
- Ferrous Scrap
- Glass Cullet
- Paper Stock/Domestic Transactions
- Paper Stock/Export Transactions
- Plastic Scrap
- Metals Transactions

APÉNDICE 11

DIAGRAMA DEL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CUATRO PLÁSTICOS



## APÉNDICE 12

### Tipo y cantidad de desechos plásticos obtenidos mediante diversos métodos de procesamiento

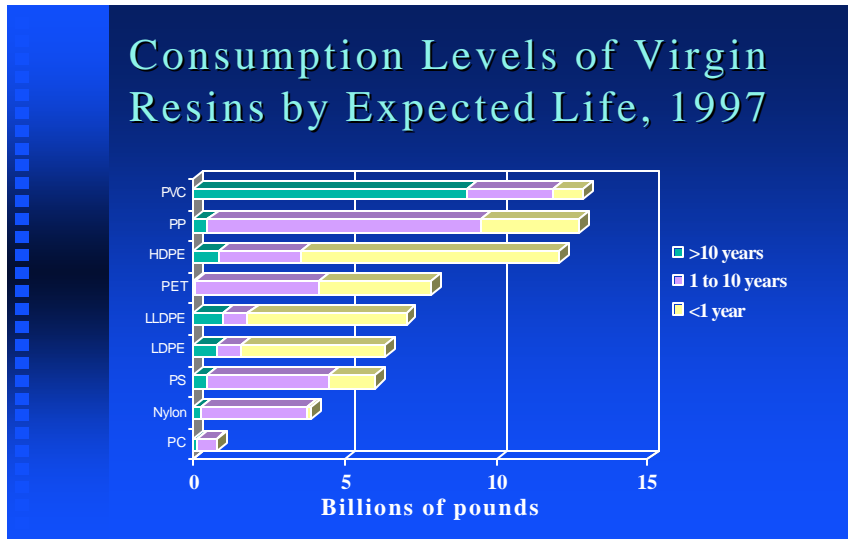
Origen/actividad que genera los desechos	Tipo y cantidad de desechos
Mezcla seca en mezclador Banbury	Aglomerados en polvo, eliminados en el raspado de cribas, producción desechada
Composición por extrusión	Trozos y fibras del purgado de las máquinas de extrusión. Desechos generados durante el funcionamiento erróneo (sobrecalentamiento, alimentación incorrecta). Composición habitual: 1-2 % de la producción. Composición en línea: 0,2% de la producción.
Moldeo por inyección	Pruebas y ensayo. Normalmente se vuelven a triturar y procesar en cantidades que van del 1 al 15% del total de la alimentación Cerca del 1% de limaduras sucias, virutas recogidas del suelo, trozos procedentes del purgado y artículos moldeados contaminados.
Extrusión de tuberías, Barras, tubos y perfiles	2 al 3% de restos de los procesos normales de extrusión. Hasta el 40 a 50% de restos para los artículos fabricados a partir de barras.
Soplado de láminas	Láminas de arranque, de final y rechazadas. Purgado de la maquinaria de extrusión
Extrusión de hojas	Generación de restos: 15% en película de PE, 25% en la de PVC, 40% en la de PP
Recubrimiento por extrusión	Pérdida del 6% en el recubrimiento por extrusión del cartón 5 a 6% en el recubrimiento de alambres y cables.
Coextrusión	9 a 10% de restos (a veces el 20%) Generalmente se vende a los convertidores
Moldeo por soplado de inyección	Prácticamente sin restos
Moldeo por soplado de extrusión	La cantidad correspondiente a las entradas de material, que depende de la longitud sobrante de las entradas de alimentación. Se reducen mediante un buen diseño.
Moldeo por rotación	Retirada de secciones abiertas, pequeñas cantidades de rebabas.
Moldeo por inmersión.	No surgen restos de corte, puesto que el material forma una solución sólida en el molde. Sin embargo, hay muchas posibilidades de contaminación del plastisol o del baño de sólidos fluidificado, que da como resultado el rechazo de piezas.
Fundición	Pérdida del 3 al 5%
Prensado	Goteo de los rodillos de mezcla y prensado(<1%) Recorte, parte delantera y trasera (6 a 7%)
Termoconformación	Aparecen cantidades significativas de recortes 8% en la laminación a alta presión

	Recortes o trozos laterales cuando se fabrican etiquetas, bolsas, etc. a partir de laminados.
Recubrimiento por rociado	6 al 10% de restos, pocos de los cuales pueden reciclarse
Plásticos celulares	5 al 10% en el caso del PS expandido
Moldeo por compresión/transferencia	2 a 5% (exceso de material).

**Fuente:** M.Sittig, Pollution Control in the Plastics and Rubber Industry , pp 134-163 (Noyes Data Corp., Park Ridge, N.J. 1975)

Apéndice 13

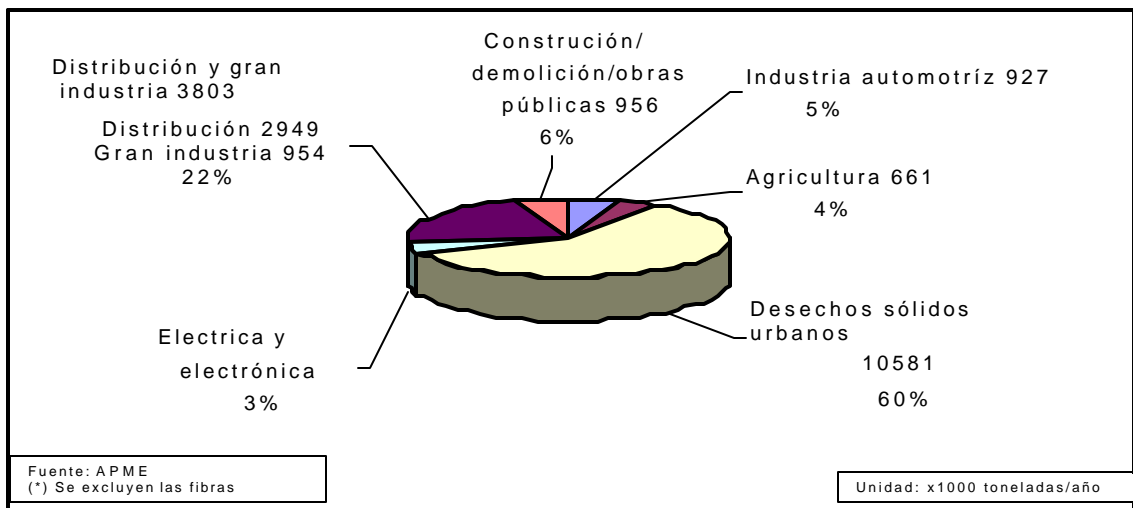
Niveles de consumo de resinas vírgenes desglosados por duración prevista, 1997



Total de desechos plásticos después del consumo desglosados por fuente de los desechos (\*)

Europa occidental, 1994

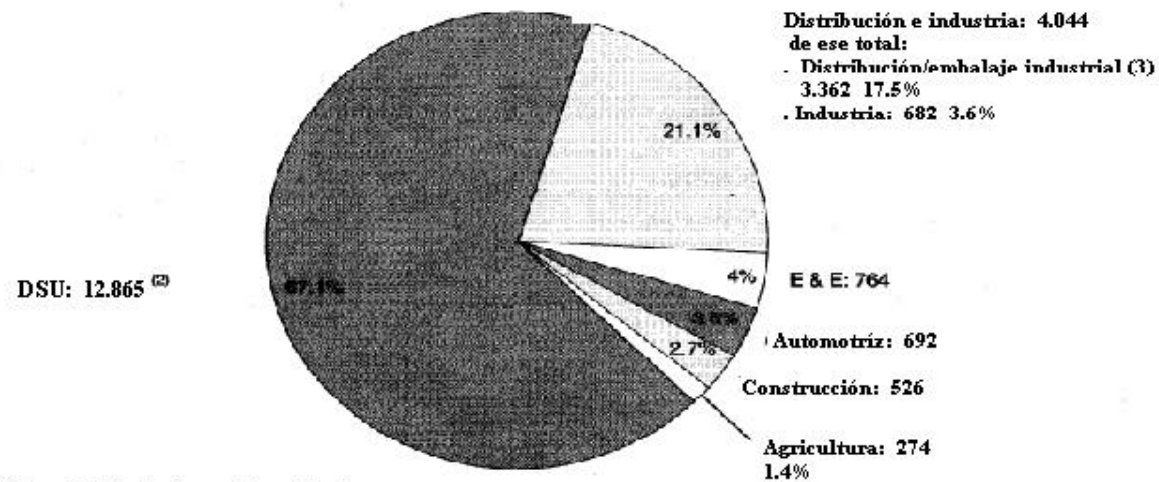
(Desechos plásticos después del consumo: 17.505.000 toneladas)



## B3-DESECHOS PLÁSTICOS RECUPERABLES DESPUÉS DEL CONSUMO

### B.3.1 Desglose por sector usuario final (Europa occidental, 1999)

Total: 19.166.000 toneladas(1)



Fuente: TN Sofres Consulting, ministerios de medio ambiente, organizaciones encargadas del manejo de desechos

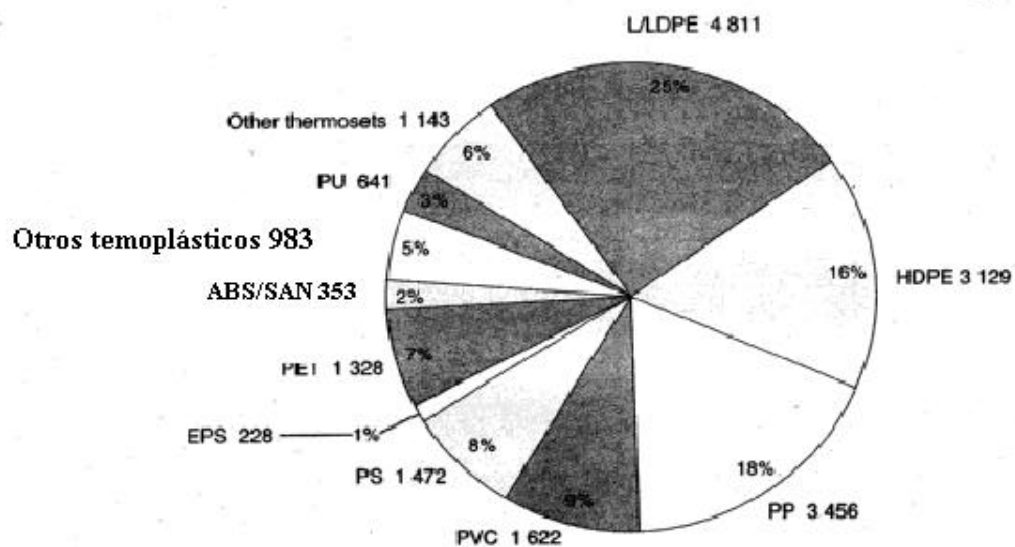
- 1) Desechos de recuperación
- 2) Hogares: 80% reciclados: 10-20% (se incluyen los pequeños comercios y las oficinas no se incluyen la distribución ni los desechos industriales)
- 3) Supermercados, industrias

Unidad: x 1 000 toneladas/año



**B3- DESECHOS PLÁSTICOS RECUPERABLES DESPUÉS DEL CONSUMO**  
**B.3.3. Desglose por polímero (Europa occidental, 1999)**

Total: 19.166 toneladas <sup>(1)</sup>



Fuente: TN SOFRES Consulting

1) Desechos disponibles recuperables

Unidad: x 1 000 toneladas/año

A	B	C
D	E	F