

MANUAL 3

*Valorización de residuos, participación social
e innovación en su gestión*

*MANUALES PARA REGULAR
LOS RESIDUOS CON SENTIDO COMÚN*

MANUAL 3

***Valorización de residuos, participación social
e innovación en su gestión***

Corrección y cuidado de la edición: Q.F.B. Emma C. Prieto M.
Formación y diseño: José Antonio Cedillo Velasco.

Primera edición: agosto de 2003

Reservados todos los derechos conforme a la ley

ISBN: 970-92949-3-8

© 2003
Cristina Cortinas de Nava

© 2003
Grupo Parlamentario del PVEM
Cámara de Diputados, LVIII Legislatura

Av. Congreso de la Unión Núm. 66;
Edificio H, Nivel 3; Col. El Parque;
Delegación Venustiano Carranza;
C.P. 15969 México, D.F.

Este material puede ser utilizado en su totalidad o parcialmente, siempre y cuando se cite la fuente, previa autorización del Grupo Parlamentario del Partido Verde Ecologista de México, solicitada al 5420-1826, con el responsable del área de Comunicación Social.

Índice

Prólogo

9

Introducción

13

SECCIÓN I EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

CAPÍTULO 1

Manejo de llantas neumáticas usadas

19

CAPÍTULO 2

Valorización de acumuladores usados

41

CAPÍTULO 3

Manejo de vehículos al final de su vida útil

49

CAPÍTULO 4

*Manejo de productos eléctricos
y electrónicos descartadas*

65

CAPÍTULO 5

Manejo de envases y embalajes

87

CAPÍTULO 6
El reciclaje de plásticos
99

CAPÍTULO 7
Como mejorar los negocios de galvanoplastia minimizando
y aprovechando sus residuos
109

CAPÍTULO 8
Valorización energética de residuos industriales
123

CAPÍTULO 9
Proyecto XL de protección ambiental
con una base comunitaria
135

SECCIÓN II
ENFOQUES Y EXPERIENCIAS NACIONALES SOBRE VALORIZACIÓN
Y PARTICIPACIÓN SOCIAL EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

CAPÍTULO 10
La valorización de residuos como fuente de negocios
y empleos en un marco de desarrollo sustentable
147

CAPÍTULO 11
Manejo integral de los residuos sólidos
157

CAPÍTULO 12
Reciclaje de chatarra en la industria del hierro y del acero
177

CAPÍTULO 13
Valorización de envases de cartón laminado de Tetra Pak
187

CAPÍTULO 14
Manejo integral de residuos de envases de PET
195

CAPÍTULO 15
Reciclaje de envases de vidrio
213

CAPÍTULO 16
Valorización de envases vacíos de agroquímicos
223

CAPÍTULO 17
*Aprovechamiento de residuos mediante su
co-procesamiento en la fabricación de cemento*
239

CAPÍTULO 18
Los plásticos en el mundo y en México
271

ANEXO 1
283

Prólogo

Dos de los avances más importantes de nuestra democracia son la deliberación y la argumentación como vías de diálogo para construir el marco jurídico apropiado al país que somos, al mundo en que vivimos y a lo que nos depara el siglo XXI.

Nunca antes en México, como empezó a suceder en la década de los noventa y, particularmente, al inicio del presente siglo, se habían abierto tantos espacios para el debate legislativo. Hoy la ciudadanía puede presenciar a través de las transmisiones por televisión del Canal del Congreso, la participación de especialistas en foros de análisis y discusión de las cuestiones consideradas en las iniciativas legislativas presentadas ante las cámaras. Asimismo, asiste a los intercambios de ideas en torno a éstas durante el proceso de dictamen y aprobación de las mismas.

Una ciudadanía informada es fundamental para una cultura política participativa. De manera particular, es valioso el interés despertado en diferentes sectores por intervenir en el desarrollo de dichas iniciativas legislativas haciendo llegar sus opiniones y propuestas para enriquecerlas.

En el caso del tema que trata el presente manual, que es el relativo a la prevención de la generación de los residuos y a su valorización mediante su reúso y reciclaje, con la participación corresponsable de los distintos sectores sociales y enfoques innovadores de gestión, se dio un fenómeno como el antes descrito, al integrarse, someterse a la consideración pública, dictaminarse y aprobarse en las Cámaras de Diputados y de Senadores, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.¹

La argumentación para sustentar la iniciativa original de la Ley, presentada ante la Cámara de Diputados el 27 de noviembre de 2001, quedó plasmada en el libro "Hacia un México sin

¹ El 28 de abril de 2003, tras de su última aprobación por la Cámara de Diputados, la Ley fue turnada al Ejecutivo para los efectos constitucionales correspondientes, los cuales comprenden la aprobación de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Basura. Bases e Implicaciones de las Legislaciones sobre Residuos” publicado el mismo año por la LVIII Legislatura de la propia Cámara.²

Dos obras más fueron escritas y publicadas por la Cámara de Diputados en el curso de 2002, consistentes en los dos primeros manuales de la serie “Manuales para Regular los Residuos con Sentido Común” de la cual forma parte el presente manual, con el propósito de facilitar a los legisladores y a las personas interesadas, el proceso de revisión y enriquecimiento del texto de la Ley.

Igualmente, se elaboró una Guía para Facilitar la Interpretación de la Ley, que fue difundida por medio del correo electrónico a representantes de distintos sectores sociales en diferentes entidades del país, para incentivarlos a tomar parte en el análisis y discusión de la iniciativa de Ley.

Durante su revisión por el Senado, tres comisiones distintas tomaron parte en el proceso de dictamen de esta Ley: la de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de Ciencia y Tecnología y de Asuntos Legislativos Primera, e hicieron aportaciones valiosas que fortalecieron el sustento jurídico de la Ley. A su vez, dos partidos políticos diferentes al que presentó la iniciativa original, aceptaron que dos iniciativas de Ley General de Residuos sometidas a la consideración del Senado, fueran dictaminadas conjuntamente con ella, para constituir un solo texto.³

A este proceso, de por sí enriquecedor, se sumó la participación de varias dependencias del Ejecutivo, de diversas cámaras y asociaciones industriales, de distintos organismos no gubernamentales y del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIJ-UNAM), los cuales aportaron opiniones y propuestas destinadas a lograr consensos en algunos aspectos de particular interés para la sociedad.

Un tema, en particular, fue objeto de intenso debate, se trata de la incineración de residuos. Lo anterior, debido a la preocupación que deriva de su potencial de generar contaminantes orgánicos persistentes cuya eliminación y reducción paulatina han sido establecidas como metas en el Convenio de Estocolmo, firmado y ratificado por México y aprobado por el Senado en el curso de 2001-2002. Por ello y para contribuir a fundamentar las deliberaciones que tuvieron lugar al respecto, se integró y publicó una nueva obra sobre

² El Partido Verde Ecologista de México (PVEM) fue quien presentó la iniciativa de Ley y brindó el apoyo para la integración de la publicación referida; obras en cuya formulación tomó parte la Dra. Cristina Cortinas de Nava, autora también de la serie de manuales de la que éste forma parte.

³ Se trata de los Partidos Revolucionario Institucional (PRI) y Acción Nacional (PAN).

“Los Contaminantes Orgánicos Persistentes. Una Visión Regional”, en la que las personas interesadas podrán encontrar abundante información sobre el tema, incluido el texto completo del Convenio de Estocolmo relativo a las disposiciones que aplican a los subproductos no intencionales que comprenden las dioxinas y furanos que pueden ser liberados al ambiente durante los procesos de incineración.⁴

A pesar del enorme esfuerzo que ha significado el desarrollo de todo este proceso y la integración, publicación y difusión de las obras hasta ahora mencionadas, estamos convencidos que de nada servirán si no se llevan a la práctica las disposiciones de la Ley. Sin embargo, para que esto sea posible, será necesario desarrollar el reglamento respectivo, las normas oficiales mexicanas previstas en su texto, así como los demás ordenamientos jurídicos que permitirán su aplicación a nivel estatal y municipal.

Más aun, el logro de los objetivos de la Ley sólo será posible con la participación informada, activa, entusiasta y corresponsable, de los distintos actores y sectores sociales que generan, manejan o se ven afectados por el manejo inadecuado de los residuos y que se verán beneficiados con su gestión integral y ambientalmente efectiva.

Por lo antes expuesto y como una pequeña contribución adicional a esta fase del proceso, se ha escrito el presente manual y otro adicional que concluyen la serie, y que involucran a dos sectores claves: el empresarial y el social, ilustrando experiencias exitosas a nivel nacional tanto relativas a la valorización de los residuos, como a la participación social e innovación en la gestión de los residuos y que ofrecen una guía para la puesta en práctica de la Ley.

Esperamos que, como ha ocurrido hasta ahora, este manual y el próximo sean bien recibidos y se les utilice como referencia en las deliberaciones que habrán de tener lugar al formular los programas de prevención y gestión integral de los residuos a nivel local, a los que hace referencia la Ley y en los que se espera tomen parte los distintos sectores sociales en cada comunidad.

Bernardo de la Garza

Coordinador del Grupo Parlamentario
del PVEM en la Cámara de Diputados.

⁴ Este libro fue también publicado por la Cámara de Diputados en el curso de 2003 y, al igual que los antes referidos y la guía para interpretar la Ley, se encuentra disponible gratuitamente en la sección de publicaciones en la biblioteca de la página Web (www.pvem.org.mx).

Introducción

La integración de la serie de Manuales para Regular los Residuos con Sentido Común, además de tener como propósito contribuir al desarrollo de los diversos ordenamientos jurídicos que permitirán la aplicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, busca aportar elementos para establecer estrategias, identificar medios y elegir acciones que faciliten su minimización y manejo ambientalmente adecuado en cada localidad del país, con la participación activa y corresponsable de los distintos sectores y actores sociales.

El presente volumen, dedicado a la valorización de los residuos, la participación social e innovación en su gestión, trata de dar continuidad a una actividad de la que México ha sido parte en el seno de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), tendiente a compilar y divulgar información sobre las políticas existentes y las herramientas empleadas en la minimización de los residuos en los países miembros de esta organización.

En particular y entre otros, este documento utiliza como marco de referencia un resumen de algunos de los aspectos más relevantes tratados durante el Taller de Minimización de Residuos, organizado por el Grupo de Trabajo de Políticas de Gestión de Residuos de la OCDE del 29 al 31 de marzo de 1995 en la Ciudad de Washington D.C., Estados Unidos, y en el cual fungieron conjuntamente como anfitriones Estados Unidos, Canadá y México.⁵

Dicho Taller tuvo cuatro objetivos principales: 1) informar a los tomadores de decisiones acerca de las políticas para administrar corrientes individuales de residuos (embalajes, acumuladores de automóviles, chatarra eléctrica y electrónica, residuos de la galvanoplastia

⁵ Publicado originalmente por la OCDE en Inglés bajo el título "Washington Waste Minimization Workshop: Volume I. Five Waste Streams to Reduce (c) 1995, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris". Todos los derechos reservados. Para la edición en Español (realizada por la Dra. Cristina Cortinas de Nava) © 2003., Publicado con el acuerdo de la OCDE, Paris. La calidad de la traducción en Español y su coherencia con el texto original es la responsabilidad del Partido Verde Ecologista de México.

y vehículos al final de su vida útil); 2) discutir aspectos básicos comunes; 3) iniciar procesos de transferencia tecnológica y 4) definir el papel futuro de la OCDE en materia de minimización de residuos. Cabe señalar que la ley general a la que se ha hecho referencia previamente, fue formulada teniendo entre los antecedentes y elementos diagnósticos las lecciones de este taller, así como las estrategias propuestas por la OCDE en el año 2000 para fomentar la prevención de la generación y la valorización de los residuos.⁶

En el caso particular de este manual, se establece como uno de los ejes centrales del mismo, el concepto de gestión integral de los residuos previsto en la citada Ley como sigue:

“Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región”.

Al mismo tiempo, se reconoce la importancia de que la gestión integral de los residuos se sustente en un diagnóstico básico de la situación que priva en cada municipalidad respecto de los residuos generados y capacidades disponibles para su manejo, para lo cual es fundamental contar con un inventario en los términos en los que lo define la Ley:

“Base de datos en la cual se asientan con orden y clasificación los volúmenes de generación de los diferentes residuos, que se integra a partir de la información proporcionada por los generadores en los formatos establecidos para tal fin, de conformidad con lo dispuesto en este ordenamiento”.

El segundo eje del presente manual, lo constituye la noción de planes de manejo referida en la Ley de la siguiente manera:

“Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores,

⁶ Strategic Waste Prevention. OECD Reference Manual. Env/Epoc/PPC(2000)Final.

distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno”.

Con base en lo antes señalado, los capítulos de este manual se reparten en dos secciones distintas: la primera reúne algunas experiencias y enfoques internacionales en materia de minimización y valorización de residuos, además de resumir iniciativas de los sectores sociales en este sentido, destinadas a proteger al ambiente con una visión comunitaria, y desarrolladas como complemento a acciones de carácter regulatorio.

La segunda sección, comprende una serie de capítulos que han sido escritos por empresas o asociaciones empresariales, con objeto de describir la experiencia mexicana relativa al aprovechamiento del valor de los residuos susceptibles de reciclaje. A este último respecto, se destacan los logros alcanzados, las barreras que se han opuesto al aprovechamiento óptimo de los residuos valorizables y las oportunidades que se abren para lograr los objetivos que persigue la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, con la participación corresponsable de todos los sectores sociales.

Este volumen y el resto de los manuales de esta serie se complementarán con el Manual 4 que contiene las “Guías para Facilitar la Interpretación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”.

SECCIÓN I.
EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

CAPÍTULO 1

Manejo de llantas neumáticas usadas

I. Bases para sustentar el manejo

I.1. Problemas generados por las llantas usadas

El número de vehículos es creciente en todo el mundo y, con ello, el volumen de llantas producidas y desechadas al agotar su vida media, lo cual demanda el establecimiento de políticas, regulaciones y programas destinados a darles un manejo seguro y ambientalmente adecuado, sobre todo, teniendo en cuenta que una llanta tarda más de 300 años en degradarse y al hacerlo libera gases al ambiente.

Se estima que alrededor del 75% del espacio que ocupan las llantas es hueco, lo cual contribuye a que se acumule el agua de lluvia dentro de ellas cuando se les abandona a la intemperie y crea las condiciones favorables para el desarrollo de fauna nociva, particularmente de insectos transmisores de padecimientos como la encefalitis, el dengue y el paludismo.

A lo anterior se suma el riesgo de que ocurran incendios incontrolados en los depósitos de llantas usadas, con la consecuente emisión de contaminantes entre los que se han identificado alrededor de 38 compuestos químicos, algunos de ellos cancerígenos o mutagénicos (como los referidos en el cuadro 1), además de la generación de óxidos de azufre y nitrógeno, con la posibilidad de formación de ácidos sulfúrico y nítrico, y la liberación de partículas (cuadros 2 y 3). Este tipo de incendios son difíciles de apagar pues el oxígeno que se encuentra en las cavidades de las llantas tiende a mantener encendida la

flama y con ello se provocan molestias y afectaciones diversas en las poblaciones expuestas a los contaminantes, que se manifiestan como irritación de la piel, ojos y membranas mucosas, así como alteraciones respiratorias y nerviosas.

Cuadro 1. Compuestos químicos emitidos por la quema incontrolada de llantas

Compuesto	Efectos cancerígenos	Efectos subcrónicos	Efectos crónicos
Acenafteno	X		
Acenaftileno	X		
Arsénico	X		
Bario			X
Benzantraceno	X		
Benceno	X		
Benzopireno	X		
Benzofluorantreno	X		
Butadieno	X		
Clorobenceno	X		
Cloroformo	X		
Cloruro de metileno	X		
Criseno	X		
Cromo	X		
Cumeno		X	X
1,2 Dicloropropano	X	X	X
Dibenzantraceno	X		
Dicloruro de etileno	X		
Estireno	X		X
Fenol	X		
Hexacloruretano	X		
Hexano		X	X
Níquel	X		
Plomo		X	X
Tolueno		X	X
1,2,3- Tricloroetano	X		

www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/intro/openfile.htm

Cuadro 2. Componentes liberados al ambiente en la quema incontrolada de llantas que exceden los límites máximos permisibles

Compuestos	Concentración ppm	Límite Máximo Permissible (LMP) ppm	% en que se exceden los LMP
Monóxido de carbono	116.000	29	400
Partículas volátiles	4.2180	0.2	2,109
Dióxido de azufre	2.7500	5	52.00
Ácido sulfúrico	0.7900	1	79.00
Vanadio	0.0175	0.05	35.00

www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/intro/openfile.htm

Cuadro 3. Emisiones de la quema incontrolada de llantas que exceden las concentraciones que producen efectos subcrónicos y crónicos (ppm)

Compuesto	Concentración emitida	Concentración con efectos subcrónicos	Concentración con efectos crónicos
Bario	0.0035	0.005	0.0005
Cumeno	0.094	0.09	0.009
1,2 dicloropropano	0.035	0.013	0.004
Hexano	0.21	0.2	0.2
Estireno	5.41	--	1
Tolueno	6.7	2	0.4

www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/intro/openfile.htm

Por su composición, volumen y persistencia por largos periodos en el ambiente, las llantas usadas constituyen un desafío para los responsables de los servicios de limpia y para la sociedad entera.

1.2. Dimensión del problema en México

Para dar una idea de la problemática que plantea la generación de llantas usadas en México, se emplearán algunas cifras que permiten dimensionar el mercado de vehículos, así como la producción, consumo y disposición final de llantas, para el año 2000.

La Cámara Nacional de la Industria Hulera estima que se producen en el país alrededor de 25 millones de llantas al año (a ellas se suman cerca de 7.5 millones de llantas importadas anualmente y otros 10 millones que entran al país ilegalmente), en tanto que el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) refiere que hasta marzo de 2000 la producción de automóviles alcanzó 108,912 unidades y la de camiones, tractocamiones y autobuses integrales 48,612 unidades, lo cual incluye vehículos destinados a la exportación. El cuadro 4 describe como se distribuyen las unidades de transporte en el país en el inicio de la década de 2000.

Cuadro 4. Distribución de las unidades de transporte en México al inicio del año 2000

Región	Unidades	%
Fronteriza	3,348,411	22.4
Norte	1,076,275	7.2
Centro	8,819,476	59.0
Sur	1,704,102	11.4
Total	14,948,264	100.0

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Para poner en perspectiva la generación de llantas en el país, se compara la producción de llantas de México con la de otros países en el cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación de la producción promedio de llantas en distintos países

País	Millones al año
Estados Unidos	270
Japón	102
Francia	44.3
Alemania	28.2
México	25.0
Gran Bretaña	23.4
Canadá	20.0
Australia	17.0
Italia	12.1

www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/tirecycl.htm

Desafortunadamente, no existe un registro sistemático de las llantas usadas que ingresan a los tiraderos de basura controlados o a los rellenos sanitarios, de manera que sólo se tiene una idea aproximada a partir de algunos casos, como ocurre en el relleno sanitario de Tlalnepantla, Estado de México, donde se estima que por cada 1,200 toneladas diarias de residuos municipales se reciben alrededor de 27 m³ de llantas usadas. A su vez, en el relleno sanitario de Orizaba, Veracruz, se calcula que se reciben al día alrededor de 30 llantas usadas y un total de 169 toneladas por día de residuos sólidos municipales; en el Distrito Federal se separaron cerca de 54,978 llantas usadas por día en los rellenos sanitarios de Bordo Poniente y Santa Catarina, de un total de 1,500 toneladas diarias de residuos municipales, para fines de la década de 1990.

Tampoco se cuenta con un registro de los pasivos constituidos por el abandono de llantas usadas tanto en lugares controlados como en sitios clandestinos, pero se tiene noticia de entidades en las cuales se estima que se han dispuesto inadecuadamente millones de llantas que constituyen una seria amenaza ambiental y sanitaria.

De manera anecdótica se refiere que los destinos de las llantas usadas pueden ser múltiples e incluyen prácticas como las siguientes:

- Los generadores mayoristas suelen contratar servicios de recolección particular que transportan las llantas usadas a almacenes temporales, de donde se envían a empresas que las utilizan como combustible alterno.

- Los pequeños generadores utilizan comúnmente el servicio público de recolección de residuos para desecharlas y éste las transporta hasta los sitios de disposición final en donde algunas son recuperadas (cerca de 5,000 llantas al año en Bordo Poniente en el Distrito Federal).
- Algunos generadores o transportistas indistintamente, las depositan en tiraderos de basura a cielo abierto o en lugares clandestinos.
- Los talleres de reparación de llantas compran o reciben las llantas usadas para emplearlas en los procesos de vulcanización, y cuando ya no pueden ser aprovechadas las tiran a la basura junto con sus demás desechos.
- Disposición en tiraderos controlados o en rellenos sanitarios, en donde cada vez más se tiende a rechazarlas, sobre todo si vienen enteras porque ocupan mucho espacio y por llenarse sus huecos con gases y “flotar”, rompiendo las capas de recubrimiento de los rellenos.
- Recuperación del contenido metálico por pepenadores que queman las llantas a cielo abierto.
- Venta a ladrilleras o a hornos alfareros para ser empleadas como combustible.

1.3. Definición y características de las llantas neumáticas

Se conoce como llantas neumáticas a los elementos elásticos de las ruedas de los vehículos consistentes en una envoltura que contiene aire a presión, cuyo objeto es soportar las cargas que actúan sobre los vehículos y transmitir al terreno las fuerzas necesarias para que éstos se movilicen.

Partes que componen las llantas

De manera general, una llanta está constituida por una cubierta o banda de rodadura de goma labrada, destinada a evitar el derrape del vehículo; una carcasa o estructura resistente formada por capas de hilos o cables incorporados en el caucho y una cámara de aire, la cual puede estar ausente cuando la presión de aire está asegurada por una mezcla especial con la que se recubre el interior de la carcasa.

De manera particular, una llanta está conformada por tres partes principales:

1. **La banda de rodadura**, que es una almohadilla espesa de caucho con ranuras que forman listones o espinazos, la cual proporciona tracción para mover y detener el vehículo, además de permitir su deslizado y patinado cuando se encuentra en movimiento.
2. **El cuerpo**, constituido por las capas de material textil intercaladas en el caucho, que le dan fuerza y forma a la llanta.
3. **Las cuentas**, que son las dos vendas que sostienen al neumático o su rueda que se localizan a lo largo de los bordes internos de la llanta y están compuestas de cuerdas de alambre rodeadas por caucho que se cubre con textil.

Cada una de estas partes comprende además otras estructuras entre las que sobresalen las siguientes:

- **Cinturón estabilizador**, generalmente de acero, para proporcionar resistencia a la llanta y estabilidad a la banda de rodamiento, a la cual protege de ponchaduras.
- **Capa radial**, que contiene la presión del aire de la llanta y transmite toda la fuerza de freno y dirección entre la rueda y la banda de rodamiento, junto con los cinturones estabilizadores.
- **Costados de hule**, especialmente compuestos para resistir la flexión y la intemperie, además de proteger a la capa radial.
- **Sellante**, para las llantas que no usan cámara y que se logra por la adición de una o dos capas de hule.
- **Relleno de la ceja**, conformado por piezas de hule con características especiales que se usan para llenar el área de la ceja y la parte inferior del costado, a fin de proporcionar una transición suave del área rígida de la ceja, al área flexible de costado.
- **Refuerzos de ceja**, consistentes en una capa colocada sobre el interior del amarre de la capa radial, en el área de la ceja y la parte inferior del costado, proporcionando una transición de la ceja al costado.
- **Ribete**, empleado como referencia para el asentamiento adecuado de la ceja sobre el rin.

Materiales que componen las llantas

Los componentes básicos de las llantas aparecen resumidos en el cuadro 6.

Cuadro 6. Componentes básicos de las llantas

Componentes	Características
Compuestos de hule	Deben ser diseñados de acuerdo con la función que juegan. Por ejemplo, los de la banda de rodamiento deben ser resistentes al calor, flexión, desgaste o cortadas; en tanto que los de las paredes deben ser resistentes a la flexión, al calor y tener buena adhesividad, mientras que para las cejas deben ser muy duros.
Textiles	Pueden ser de nylon, poliéster, rayón u otros materiales y diseñados para brindar diferentes grados de resistencia al aire, golpes, calor y otros factores.
Alambre de acero	Proporcionan la firmeza necesaria a la llanta al montarla en el rin y sirven de sostén a las capas que la forman.

Los materiales que entran en la composición de las llantas se encuentran en las proporciones referidas en el cuadro 7.

Cuadro 7. Materiales que componen las llantas de camiones y automóviles

Material	Proporción en Camiones	Proporción en Automóviles
Caucho natural	27	14
Caucho sintético	14	27
Negro de carbón	18	28
Acero	15	15
Rellenos	16	16
Peso de la llanta nueva	54.48 kg	11.35 kg
Peso de la llanta usada	45.40 kg	9.08 kg

Marque J.E., Erman B. y Erich F.R., La Ciencia y la Tecnología del Caucho. Academic Press. Inc. 1994.

Clasificación de las llantas

Las llantas suelen clasificarse ya sea por el tipo de vehículo en el cual se emplean o de acuerdo con su tamaño; a manera de ejemplo, se les agrupa en llantas para:

- Automóviles
- Autobuses.
- Camionetas.
- Camiones.
- Tractores.

- Motocargas.
- Motoconformadoras.
- Grúas.
- Bicicletas.
- Motocicletas.
- Aviones.
- Carritos de tiendas de autoservicio.
- Transportes eléctricos (metro, trolebús).
- Carretillas.

En cuanto a su tamaño, se les distingue por códigos tales como: P205/75R14, en donde la P significa que se trata de una llanta para automóvil de pasajeros, el número 205 se refiere al ancho de la llanta en milímetros, el número 75 corresponde a la relación entre la altura y el ancho de la llanta, la letra R indica que es una llanta radial y 14 que encajará en un borde de 36 cm de diámetro.

Contenido energético

Una llanta entera tiene un poder calorífico⁷ de aproximadamente 15,000 BTUs⁸ por libra, y se considera que una llanta de automóvil para pasajeros normal proporciona suficiente combustible para producir la electricidad para una casa pequeña durante el día⁹.

Usos habituales de las llantas usadas

En el cuadro 8 se describen algunos de los usos más frecuentes de las llantas usadas.

Cuadro 8. Usos frecuentes de las llantas usadas

⁷ Poder calorífico: Calor de combustión de una sustancia normalmente expresado en calorías por gramo.

⁸ BTU: British Thermal Unit o Unidad Térmica Británica.

⁹ Revista: Solid Waste Technologies. Enero/febrero, 1994. Páginas 20 a 26.

Llantas enteras	Llantas procesadas
Arrecifes artificiales	Combustible alterno
Rompe olas artificiales	Monorrelleno
Barreras para choques	Compostaje de lodos
Macetas y otros usos agrícolas	Caminos y carreteras
Columpios y otros juegos para niños	Ingeniería civil
Protección de geomembranas en taludes de rellenos sanitarios	Material triturado empleado como medio drenante para colección de lixiviados en rellenos sanitarios

II. Legislación internacional del manejo de llantas usadas

Distintos países han abordado la regulación del manejo de las llantas desde diferentes perspectivas, poniendo énfasis en aspectos que les preocupan de manera particular, como es el caso de Perú que prohíbe su importación, o de Suecia que limita su entierro en rellenos sanitarios a no más del 20 % del total que se genere. Países como Puerto Rico, durante la década de 1990 han emitido leyes que cubren aspectos tales como:

- Autoridades responsables.
- Productores y vendedores.
- Puntos de manejo de los neumáticos.
- Importación-exportación.
- Almacenamiento.
- Manejo.
- Tratamiento.
- Disposición en rellenos sanitarios.
- Fondo económico.
- Prohibiciones y penalidades.

En el caso de Canadá, la provincia de British Columbia grava con \$ 5.00 dólares cada llanta que se vende, a fin de contar con un fondo destinado al transporte y procesamiento de las llantas usadas, las cuales son manejadas fuera de los sistemas municipales de limpia. En esta provincia está prohibido recibir más de cuatro llantas por carga de residuos que llegan a los rellenos sanitarios. La fórmula empleada para calcular el pago a los transportistas por llanta usada, consiste en tomar en cuenta su peso y el kilometraje recorrido hasta la planta procesadora, la cual procesa alrededor de 2,400 llantas por día y

produce 2,400 galones de petróleo sintético, 6 toneladas de negro de humo y 4.5 toneladas de acero por año, para los cuales tienen asegurado un mercado; además de producir un material para construir caminos. Se estima que en la actualidad casi el 100% de las llantas usadas están siendo controladas.

En los distintos estados de la Unión Americana se tienen diferentes políticas y/o regulaciones relativas al manejo de las llantas usadas que consideran cuestiones como:

- Su regulación en el marco de la legislación de los desechos sólidos o específica respecto a su uso y manejo.
- Prohibición de aceptar llantas usadas en rellenos sanitarios.
- Otorgamiento de licencias.
- Transporte y registro de llantas usadas recibidas para su manejo.
- Reciclamiento.
- Utilización como combustible alternativo.
- Regulación de precios y creación de fondos financieros para su acopio y envío a sitios de manejo.
- Promoción de incentivos.

Entre los aspectos considerados en los programas o actividades tendientes a lograr un manejo ambientalmente adecuado de las llantas usadas en Estados Unidos, mediante la aplicación de instrumentos regulatorios, se encuentran los referidos en el cuadro 9.

Cuadro 9. Ejemplos de actividades consideradas en la regulación de las llantas usadas en Estados Unidos.

Aspecto considerado	Observaciones
Fondo para la eliminación de llantas usadas	A fin de deshacerse de los pasivos que representan las llantas usadas acumuladas, se han creado fondos a partir del cobro de cantidades que fluctúan entre 50 centavos y dos dólares.
Permisos	Con objeto de controlar la recolección y manejo de las llantas usadas algunos estados han establecido un sistema de permisos y los generadores tienen que informar acerca de su transporte y destino final.
Utilización como combustible alternativo	A partir de los fondos recabados para eliminar las llantas usadas acumuladas, se han desarrollado estudios para determinar la mejor forma para emplearlas como combustible alternativo (se considera que son más limpias que

Aspecto considerado	Observaciones
	el carbón). Algunos estados han proporcionado recursos para introducir mejoras en las calderas y hornos (incluyendo los cementeros), en los cuales se ha permitido este tipo de uso. Entre otros, se ha dado financiamiento para la trituración de las llantas, la instalación de los sistemas para la carga del combustible y equipos para la separación de los residuos metálicos de las cenizas de las llantas.
Fabricación de asfalto polimérico	Se ha experimentado el empleo de llantas usadas trituradas en la producción de asfalto polimérico para el recubrimiento de vías de comunicación.
Productos de consumo diversos	Se ha fomentado la utilización de llantas usadas para la producción de juguetes, mangueras de jardinería, revestimiento de superficies deportivas, tapetes de vehículos y alfombras de exteriores.
Desarrollo de mercados	En la experiencia de algunos estados, se requiere un promedio de cinco años para desarrollar los mercados y establecer la infraestructura requerida para el manejo de las llantas usadas, antes de hacer efectivas las prohibiciones o restricciones respecto de su depósito en rellenos sanitarios.
Participación del gobierno	Para inducir la creación de mercados para los productos generados a partir de llantas usadas, el propio gobierno de algunos estados ha adoptado una política de compra preferencial de algunos de ellos, como los tapetes para vehículos que emplean en sus flotillas o el empleo de una proporción fija de llantas usadas en la fabricación de asfalto para recubrir carreteras.
Participación ciudadana	Se han incentivado distintas modalidades de participación ciudadana, desde la denuncia de sitios en los que se encuentran abandonadas llantas usadas, hasta la recolección de las mismas para llevarlas a los centros de acopio (por lo general mediada de un pago por cada llanta). En esta última actividad se ha involucrado incluso a los reos de las prisiones, los cuales pueden intervenir también en el triturado de las llantas al instalarse máquinas trituradoras dentro de las cárceles.
Responsabilidad del productor-comercializador	Los fabricantes, los establecimientos comerciales y los transportistas se han involucrado en las cadenas de recolección, acopio y transporte de las llantas usadas para eliminar los pasivos y crear mecanismos para evitar que vuelvan a constituirse pilas de llantas abandonadas.
Disposición en rellenos	Esta práctica se ha prohibido o restringido, tanto en cantidad de llantas que se pueden enterrar, como en la forma en que esto puede realizarse (en trozos de

Manejo de llantas neumáticas usadas

Aspecto considerado	Observaciones
	dimensiones al menos de 0.1 x 0.1 m, en forma granulada o en polvo). En algunos casos se han construido monorellenos, para el uso exclusivo de un solo tipo de residuos, como es el caso de las llantas usadas.
Pirólisis	Esta modalidad de tratamiento térmico de las llantas usadas, en ausencia de oxígeno, ha sido utilizada en varios estados pero demanda un suministro constante para hacerla rentable, lo cual puede requerir que la infraestructura se comparta entre varias localidades y un estudio previo de la dimensión del mercado.
Trituración	La trituración de las llantas usadas se requiere para diferentes formas de manejo y algunas entidades han preferido disponer de trituradoras móviles que permiten mayor flexibilidad en su empleo e incluso compartirlas entre localidades.
Centros de acopio	No se permite la instalación de estos centros mientras no se haya demostrado que existe un mercado para las llantas usadas.

EPA. State Scrap Tire Programs. A Quick Reference Guide. 1999 Update. Solid Waste and Emergency Response (5305W). EPA-530-B-99-002. August 1999. <http://www.epa.gov>

III. Aprovechamiento de las llantas usadas

Se han descubierto variadas formas de aprovechamiento de las llantas usadas, tanto enteras como fraccionadas, algunas de las cuales se resumen en los cuadros 10 y 11.

Cuadro 10. Ejemplos de usos de llantas usadas completas

Ejemplos de Usos	Observaciones
Diques	Se pueden construir diques para arroyos de flujo rápido empleando llantas usadas, ya que por sus características estructurales les dan fuerza suficiente al unir las entre sí, anclándolas en la rivera del cauce y llenándolas con materiales térreos.
Arrecifes artificiales	Esta aplicación está restringida a litorales arenosos, en los que las llantas pueden unirse, para ser hundidas y ancladas en las aguas costeras. Bajo ciertas condiciones climatológicas, las llantas se llenan

Ejemplos de Usos	Observaciones
	rápidamente de percebes y otras especies marinas, creando un arrecife artificial atractivo como hábitat para diversas especies de peces.
Rompeolas y flotadores.	Por ser un material durable y con baja corrosión, las llantas constituyen una alternativa para romper las olas en playas y puertos. Al colocarlas en forma de vallas pueden ser usadas como flotadores.
Relingas	En este caso, las llantas son rellenas con hule espuma, para posteriormente unir las entre sí con cuerdas en forma lineal, dejando colgar cuerdas, separadas aproximadamente 1 cm, en las que se depositan semillas de moluscos bivalvos (como los mejillones).
Terraplenes para carreteras	Las paredes de los terraplenes se recubren con una placa de llantas rellenas con arena u otro material térreo, hasta quedar prácticamente cubiertas, luego se les recubre con asfalto, y así se les proporciona capacidad de amortiguamiento y resistencia a la erosión.
Protección para cascos de barco	Con este fin se colocan las llantas alrededor del barco, a la altura en la que usualmente hace contacto con el muelle, para brindarle protección a uno y otro.
Barreras parachoques	Las pilas de llantas colocadas horizontalmente (y frecuentemente dentro de un contenedor flexible), constituyen una barrera efectiva en caso de choques, al borde de las carreteras, en puentes y otros lugares.
Superficie de desplante para construcciones ligeras	Se usan comúnmente en superficies con pendientes demasiado pronunciadas o con ondulaciones frecuentes, a fin de nivelar el terreno, teniendo el debido cuidado y consideración a las condiciones ambientales y geológicas de cada lugar para asegurar su estabilidad.
Estructuras para compostaje	Se construyen mediante la apilación de llantas perforadas y soportadas por medios de tabiques para que no se estanque el agua y montadas sobre una base firme. También se pueden usar trozos de llantas usadas como agente abultador en plantas de compostaje de lodos y utilizarse en sustitución o en complemento a las astillas de madera.

Cuadro 11. Aplicaciones de llantas usadas en ingeniería civil

Material	Aplicación	Función	Ventajas	Limitaciones
Llantas completas	Relleno en obra de jardinería, barreras anti ruido, polvorines.	Ocupar el espacio que de otro modo se llenaría con tierra.	No son biodegradables. Su costo sería prácticamente nulo.	Se debe evitar la existencia de cargas sobre el relleno para no desestabilizarlo.
Llantas completas	Terraplenes sobre suelos blandos	Aligerar la carga que se transmite al suelo de cimentación.	Su compresibilidad es predecible y no depende del drenaje y posiblemente tampoco del tiempo.	No podría utilizarse en zonas sísmicas.
Fragmentos de llantas obtenidos mediante molienda.	Subdrenes de carreteras, aeropistas y capas rompedoras de capilaridad.	Conducir el agua subterránea.	No son biodegradables y por lo tanto son durables.	Sería necesario eliminar los polvos originados por la molienda.
Fragmentos de llantas.	Rellenos de techos de casas.	Aligerar la carga y rellenar.	Muy económico. Funcionaría como un dren, evitando la generación de carga hidráulica.	Utilizar limpio, sin polvos generados en la molienda.

Ramírez A., Los residuos sólidos y peligrosos: ¿Recurso o desperdicio?. Primer Congreso Nacional de la Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos (AMCRESPEC).

IV. Técnicas empleadas en el procesamiento de llantas usadas

Existen diferentes técnicas que se han aplicado al procesamiento de las llantas usadas con fines de aprovechamiento o de disposición final, entre las que se encuentran las descritas brevemente a continuación.

IV.1. Trituración mecánica o criogénica

Esta técnica consiste en romper la llanta mecánicamente en partículas pequeñas y en segregar los materiales que las componen: el acero es retirado por medio de separadores magnéticos, cribas vibratorias y separadores convencionales como la centrífuga. Por su parte, los componentes de fibra o textil son separados por clasificadores neumáticos u otro tipo de equipos, fáciles de mantener y que requieren poca mano de obra para operar y reparar el sistema (el costo promedio de un triturador instalado en la frontera norte del país es de \$ 56,900.00 dólares). Un problema serio lo constituye el ruido producido por la maquinaria, que obliga a brindar protección auditiva a los trabajadores y a aislar las instalaciones, si se encuentran en áreas urbanas.

Al realizar el proceso de trituración se debe tomar en cuenta el tamaño del producto que se busca obtener. Las trituradoras de primera categoría tienen una gran capacidad de producción, mientras que las de segunda categoría ofrecen una mayor reducción del volumen. También es pertinente considerar el número de ejes incorporados a la trituradora y su velocidad. En las de primera categoría se tiene un eje único de cuchillas fijas u oscilantes que giran a velocidades comprendidas entre 1000 y 3500 revoluciones por minuto (rpm). A su vez, las trituradoras de segunda categoría emplean dos o más ejes con dientes fijos sobre cuchillas que giran a una velocidad entre 15 y 30 rpm. Aunado a lo anterior, la potencia del motor es un factor crítico; por ejemplo, en las trituradoras de primera categoría el corte se produce entre la cuchilla del monomotor y las cuchillas fijas u oscilantes del estator, de una forma prácticamente instantánea y en las de segunda categoría tiene lugar en dos fases independientes.

En el caso de la trituración criogénica, las llantas se congelan con nitrógeno líquido y se golpean hasta que se libera la estructura metálica o textil del caucho, recogiendo este último en forma de polvo y el nitrógeno en forma de gas.

El caucho regenerado (dependiendo de la finura del polvo de goma), se emplea para la fabricación de llantas de carretillas o de uso agrícola, o bien como recubrimiento de pistas de atletismo, asfaltado de carreteras y otras vías públicas. Una de las limitaciones de esta técnica es la baja calidad de los productos obtenidos, que salen como mezcla de los diferentes materiales recuperados, se requiere de instalaciones complejas de alto costo y elevada dificultad de mantenimiento de la maquinaria.

IV.2. Regeneración del caucho

La regeneración del caucho se puede realizar en dos fases:

1. La llanta se tritura o muele con un cilindro estriado u otro sistema que permita obtener trozos de 1 a 2 mm. Enseguida se mezcla con aceites minerales, desvulcanizadores y otros productos y se introduce posteriormente en una autoclave para desvulcanizarla, obteniéndose como producto final el caucho reciclado, en forma de material blando y pegajoso similar al caucho virgen.
2. El caucho reciclado se mezcla con una porción de caucho virgen (5 al 10%), azufre y otros productos en calderas de vapor de agua, en donde se produce la vulcanización, obteniéndose un material en forma de placas que se transforman en alfombras, tapetes, suelas de zapatos, artículos para fines mecánicos, recipientes para acumuladores, o en aglutinantes disolventes y dispersiones acuosas.

IV.3. Producción de asfalto

El asfalto ahulado es un material que proporciona durabilidad a las carreteras, como resultado de su fusión con hule que le brinda elasticidad y resistencia al agrietamiento, flexibilidad ante el movimiento de la superficie, impermeabilidad, estabilidad a la estructura, cohesión y adhesividad, lo que reduce el desmoronamiento del borde de las grietas, actúa como antioxidante y antiozonante, retrasando su endurecimiento y desgaste, además de evitar la pérdida de elementos volátiles. Con ello, el asfalto ahulado tiene un rendimiento superior al convencional, respecto a las características de fricción, abrasión y deshielo.

En este tipo de aplicaciones, el hule representa menos del 15% del peso total y ha reaccionado lo suficiente con el cemento asfáltico como para provocar la fusión e integración de las partículas de sus componentes. Existen dos formas en las que se utiliza el asfalto ahulado obtenido mediante el aprovechamiento de las llantas usadas:

- **Caucho asfáltico:** Normalmente empleado como material de sellado o como una capa relativamente fina entre dos capas de pavimento. El riego de sellador es un tratamiento superficial que se aplica sobre el pavimento en cantidades que fluctúan entre 2.3 y 3.2 l/m², el cual se recubre con agregado pétreo limpio y de tamaño uniforme de 3/8 o 3/4 de pulgada. Este riego es recomendable en

pavimentos agrietados por desgaste estructural u oxidación, ya que prolonga la vida útil de la carpeta y sus características de fricción. En forma de membrana intermedia se emplea para absorber esfuerzos, regándola sobre el pavimento existente y construyendo encima otras capas de asfalto convencional o ahulado; con lo cual se reducen los esfuerzos de tensión transmitidos a capas superiores. Estas aplicaciones reducen tiempos y costos en la reparación y rehabilitación de carreteras.

- **Hormigón asfáltico modificado con caucho (RUMAC):** que se obtiene calentando el asfalto a una temperatura cercana a los 204°C y al que se añade caucho molido (entre 15 y 25% del total), de un tamaño seleccionado (entre 16 y 25 mm), mezclando los ingredientes durante 45 minutos antes de aplicarlos, ya que no puede almacenarse la mezcla al no poderse mantener el caucho en suspensión. El acero y las fibras textiles deben retirarse del caucho para que pueda ser utilizado con este fin.

El concreto asfáltico ahulado de granulación abierta, cuenta con un acabado superficial que proporciona bajos niveles de ruido, porosidad para evitar la acumulación de agua y proteger contra el derrape, además de ser antirreflejante y de ayudar a un frenado más efectivo, así como a lograr un mejor “muelleo” de los vehículos disminuyendo su desgaste. Por ello, se recomienda su uso en zonas con altos índices de accidentes causados por la humedad del ambiente. Aun cuando es 25 a 75% más caro que el concreto asfáltico convencional, termina siendo más ventajoso que éste por su larga duración y poco mantenimiento.

El empleo de concreto asfáltico de granulación media ahulado, permite una reducción de hasta un 50% en los espesores de las carpetas asfálticas, respecto de las convencionales, además de requerir menos cobertura de sobre carpeta. Se estima que el empleo del concreto asfáltico ahulado puede extender la vida media de las carreteras nacionales entre seis y diez veces más, además de tratarse de un recurso no biodegradable reciclable.

IV.4. Renovación

Con este término se conoce la revitalización de una llanta gastada, mediante la colocación de una nueva banda de rodaje con el diseño igual o diferente al original, a través de un proceso que comprende:

- **La inspección** inicial, externa e interna, que implica un examen físico minucioso del estado de la llanta, en particular de sus partes críticas para evitar fallas. Comprende la revisión en cuanto al desgaste excesivo, existencia de cuerdas expuestas, de materiales extraños, de cortaduras profundas o de agrietamiento excesivo, lo cual puede llevar a desechar la llanta. También se determina la existencia y gravedad de roturas por flexión, en cruz y por impactos, daños en el armazón, entre otros.
- **El raspado.** Consiste en la eliminación de la superficie desgastada de la cubierta de la llanta, para obtener una superficie con textura adecuada para facilitar la adherencia del piso nuevo.
- **El cementado.** Mediante la aplicación de una sustancia adherente, sobre la superficie del casco raspado.
- **La aplicación del nuevo piso de hule** de dimensiones específicas, procurando que coincida estrechamente con la superficie del casco y quede ligado y unido perfectamente.
- **La vulcanización** del nuevo piso de hule, en condiciones controladas de presión, temperatura y tiempo.

IV.5. Compactación de llantas

Las llantas usadas están siendo usadas en la formación de cubos de concreto empleados en la construcción de edificios y retención de sonidos a lo largo de los tramos carreteros que atraviesan asentamientos humanos. Con esta aplicación se reduce en un 80% el volumen de las llantas, lográndose compactar veinte llantas en promedio por bloque de 3' x 3' x 3'.

IV.6. Incineración

El proceso de incineración consiste en un tratamiento por combustión controlada en presencia de oxígeno, en el cual se generan productos gaseosos (como el dióxido de carbono), vapor de agua y sólidos, como escorias y cenizas,

Esta técnica ha sido ampliamente utilizada para el tratamiento de desechos al reducir su volumen considerablemente (más de un 90%) y aprovechar su poder calorífico para recuperar energía en forma de vapor o de electricidad, que puede ser comercializada.

La liberación potencial de contaminantes al ambiente durante la incineración, entre los que se encuentran el monóxido de carbono, el óxido de zinc, el dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos aromáticos (por ejemplo compuestos policíclicos y pirenos), demanda el establecimiento de controles rigurosos para reducirlos por debajo de los límites máximos fijados al respecto en la regulación de la calidad del aire.

Los hornos cementeros rotatorios, se encuentran entre los equipos empleados habitualmente en el aprovechamiento de las llantas como combustible alternativo, ya que suelen alcanzar entre 1,500 y 1,600°C. Por esta razón y por tener tiempos de retención que van de una a cuatro horas, permiten un largo tiempo de residencia de los gases de combustión en la zona de quemado, lo cual permite utilizar en forma segura las llantas como combustible al igual que los aceites usados derivados del petróleo. En estas condiciones se logra la combustión total de las llantas y la oxidación total del acero que las constituye, el cual puede ser aprovechado en la fabricación del cemento.

Los hornos cementeros dotados de precalentadores pueden quemar llantas enteras, pero los que no los tienen requieren la trituración y procesamiento previo de las llantas. En ambos casos, se necesita contar con sistemas de alimentación de este combustible por separado.

Usualmente, las llantas proporcionan del 10 al 25% del poder calorífico total del combustible empleado en estos hornos y una planta de tipo medio puede llegar a utilizar entre 2 y 3 millones de llantas en promedio al año; su empleo en lugar de carbón permite reducir la emisión de óxidos de nitrógeno sin que se incrementen significativamente las emisiones de otros contaminantes. Por ejemplo, el contenido medio de azufre en las llantas es de alrededor de 1.23% en comparación con el carbón que tiene 1.59%, el de nitrógeno también es más bajo pues equivale a 0.2 % de su peso y en el carbón a 1.76 %. El azufre de las llantas se incorpora a la cal de calcinación y la ceniza y escoria se añade al cemento, con lo cual se le estabiliza y no se crean desechos.

IV.7. Termólisis

Este proceso consiste básicamente en someter el material a tratar (por ejemplo, las llantas trituradas), a un calentamiento en ausencia de oxígeno (atmósfera inerte), provocando la ruptura de los enlaces químicos (craqueo) y dando lugar a la formación de cadenas cortas, medias y largas de hidrocarburos, que constituyen la fase gaseosa y sólida, así como a la obtención de energía eléctrica.

Entre las ventajas de este proceso se encuentra la ausencia de combustión o quema directa de la llanta, su aprovechamiento integral, el rendimiento energético global por la transformación de los componentes principales de la llanta, en carbón y gas (combustibles convencionales). A ello se agrega la rápida amortización de la inversión, debido al bajo costo de la instalación de las plantas, que suelen tener una capacidad de 10,000 a 20,000 toneladas anuales, y producir 2.5 a 5 MW de electricidad al año respectivamente.

De manera sintética puede decirse que la termólisis consiste en cuatro etapas:

1. Preparación de las llantas para su tratamiento.
2. Termólisis.
3. Aprovechamiento de los materiales obtenidos.
4. Producción de energía eléctrica.

Asimismo, los productos obtenidos de la aplicación de la termólisis a las llantas usadas son tres:

- **Hidrocarburos:** Con alto poder calorífico que pueden ser utilizados en una caldera de para el aprovechamiento energético mediante turbina.
- **Carbón:** Combustible dotado también con alto poder calorífico que puede ser empleado igual que los hidrocarburos, depurando las cenizas obtenidas de su combustión, mediante un sencillo tratamiento que permite su empleo en la fabricación de hormigón y otros materiales de construcción.
- **Metales:** Que no se ven alterados por el proceso de termólisis y pueden ser vendidos directamente (tras su extracción del proceso mediante un desferrador tipo Over Band).

Pirólisis: Ésta constituye una forma de termólisis en la cual se requiere agregar las llantas trituradas en trozos de 10-25 mm a los hornos que alcanzan temperaturas comprendidas

entre 600 y 800°C, y en los que se generan gases pirolíticos que pueden emplearse como combustible y aceites usados en la fabricación de productos secundarios (se les puede separar por medio de destilación). Mediante un proceso de activación se produce carbón activado, las cenizas se convierten en carbón negro de alta calidad y se eliminan las emisiones gaseosas. Sin embargo, esta tecnología enfrenta limitaciones en sus alcances derivadas de los costos de inversión y operación, así como de la pequeña cantidad de subproductos que se obtienen lo cual dificulta su comercialización.

V. Páginas de internet consultadas

<http://www.eng.buffalo.edu/gutchie/html/tirecycl.htm>

<http://www.etovilla@cocef.interjuarez.com>

<http://www.ador.state.al.us/licences/scraptirelaws.html>

<http://www.ciwmb.ca.gov/Regulations/Title14/ch6a.html>

<http://www.ciwmb.ca.gov/Regulations/Title14/ch6a85.html>

<http://www.ciwmb.ca.gov/Regulations/Title14/ch6a9.html>

<http://www.ciwmb.ca.gov/Regulations/Title14/ch6a10.html>

<http://www.adeq.state.az.us/enviro/waste/solid/inspect.html>

<http://www.azleg.state.az.us/ars/44/130.html>

<http://www.scraptirenews.com/ordernow.html>

CAPÍTULO 2

Valorización de acumuladores usados

1. Importancia del manejo ambientalmente adecuado de los acumuladores usados

El plomo que entra en la composición de las baterías ácidas o acumuladores eléctricos ofrece ventajas que han llevado a mantener este tipo de uso, a pesar de los riesgos a la salud que conlleva su manejo, y ha hecho necesario el establecimiento de medidas tendientes a prevenir o reducir al máximo su liberación al ambiente en los procesos en los que está involucrado, incluyendo la fabricación, reciclaje y disposición final de los acumuladores.

Los efectos tóxicos del plomo –particularmente en los niños- son ampliamente conocidos y comprenden daño neurológico, alteraciones en el tracto gastrointestinal, en los riñones, la sangre y en las encías. La persistencia del plomo en el ambiente es uno de los factores que incide en sus riesgos para la salud humana y los ecosistemas. En tanto que el electrolito empleado en las baterías, el ácido sulfúrico, es una sustancia corrosiva que afecta al sistema respiratorio y puede dañar los ojos, piel y dientes.

La liberación del plomo al ambiente –a través de las chimeneas o descargas de aguas residuales, así como por malas prácticas de almacenamiento o de disposición final de las baterías que se descartan-, provoca la contaminación de suelos, fuentes de abastecimiento de agua, así como de alimentos y da lugar a la exposición vía inhalación o ingestión.

1.1. Dimensión del consumo de plomo en baterías

Para tener una idea de la dimensión del consumo de plomo para estos fines, conviene saber que en 1990 se estimó que a nivel mundial se consumieron alrededor de 5.6 millones de toneladas de este metal, de las cuales cerca del 65 por ciento se emplearon en los países integrantes de la OCDE, en donde dos terceras partes intervino en la fabricación de acumuladores o baterías ácidas.¹⁰ A su vez, casi el 90 por ciento de las baterías ácidas son utilizadas en el arranque, iluminación e ignición de automóviles, vehículos de carga, motocicletas, lanchas de motor y otras aplicaciones, y el resto consisten en baterías móviles o estacionarias.

El autor del trabajo del cual provienen los datos a los que se hace referencia en este capítulo, da a conocer que en Canadá, para el año 1990, se calculó que anualmente alrededor de 6 millones de baterías eléctricas para arranque, iluminación e ignición de vehículos (93 por ciento del total de las baterías en el comercio), se encontraban disponibles para ser recicladas; lo cual equivale a 100,000 toneladas de baterías conteniendo cerca de 50,000 toneladas de plomo. En el cuadro siguiente se muestra la composición de una batería ácida.

Características y composición de las baterías ácidas o acumuladores típicos

El peso promedio de una batería ácida o acumulador es de alrededor de 16 kg
50 por ciento de la batería consiste en sulfato/óxido de plomo
24 por ciento es ácido
17 por ciento es plomo metálico
5 por ciento es plástico
4 por ciento son otros materiales residuales

Modificado de: Campbell D., Waste Case Study 2. Lead-Acid Batteries. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.107-138.

Ya que los componentes de las baterías ácidas muestran características que son consideradas como peligrosas (por ejemplo corrosividad, toxicidad para seres humanos y ecotoxicidad), cuando se desechan se convierten en residuos peligrosos sujetos a

¹⁰ Campbell D., Waste Case Study 2. Lead-Acid Batteries. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.107-138.

regulación y control. En promedio una batería ácida contiene alrededor de 8.16 kg de plomo y 6.1 litros de ácido sulfúrico.

I.2. Minimización de la generación de acumuladores usados

Un doble interés es el disparador de acciones tendientes a reducir la cantidad de acumuladores usados destinados a disposición final: el primero, es el relativo a la necesidad de prevenir o reducir el riesgo asociado a la liberación del plomo contenido en ellos y, el segundo, deriva de los beneficios económicos que pueden obtenerse de la valorización de los materiales que entran en su composición. En el cuadro se muestran algunas de las opciones disponibles para minimizar la generación de baterías usadas, que pueden ser útiles a los tomadores de decisiones.

Opciones de reducción de la generación de baterías o acumuladores usados destinados a disposición final

Opciones	Observaciones
Ampliación de la vida útil del acumulador	La vida útil típica de un acumulador es entre 42 y 50 meses, en tanto que la de un automóvil está comprendida entre 8 y 10 años. Se requieren entre 2 y 3 acumuladores durante la vida útil de un vehículo. Se considera que es técnicamente viable contar con acumuladores con una vida de 10 años, lo que implica posibles incrementos en tamaño y costos.
Aseguramiento del uso total de la batería	Alrededor de 25 por ciento de las baterías que se descartan no están técnicamente gastadas La educación del consumidor, el acceso a pruebas diagnósticas adecuadas y la expansión de los servicios al cliente para distinguir baterías gastadas de recargables, permiten el uso total de las mismas.
Rediseño de sistemas para el uso total de la batería	La exposición a condiciones extremas afecta las baterías, por lo cual su rediseño puede ayudar a protegerlas y a alargar su vida. Se realizan investigaciones para reducir el tamaño de las baterías incrementando su densidad energética.
Tipos alternativos de baterías	Se desarrollan alternativas efectivas y económicas para contar con nuevas opciones que alarguen la vida de las baterías.

Modificado de: Campbell D., Waste Case Study 2. Lead-Acid Batteries. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.107-138.

1.3. Consideraciones generales sobre el reciclaje de baterías ácidas

En la mayoría de los países de la OCDE ya es una práctica común el reciclaje de las baterías ácidas el cual comprende cifras superiores al 90 por ciento de las baterías descartadas. Sin embargo, algunos factores como la fluctuación en los precios del plomo, la disposición incontrolada de las baterías usadas o la ignorancia de los consumidores acerca de las posibilidades de retornarlas para su reciclaje, que los lleva a almacenarlas en sus domicilios, hacen necesario el establecimiento de medidas regulatorias y de otra índole para asegurar niveles óptimos de reciclaje.

Factores e instrumentos que inciden en el reciclaje de baterías ácidas

Factores e instrumentos que favorecen el reciclaje	Factores que afectan el reciclaje
Políticas gubernamentales regulatorias y de fomento Iniciativas de la industria Beneficios económicos Mercados sólidos de materiales secundarios Factibilidad tecnológica Instrumentos económicos Incentivos financieros Información y participación pública Monitoreo del sistema de recolección de baterías usadas Incentivos al transporte de baterías usadas siguiendo buenas prácticas	Volatilidad de los precios del plomo Disposición incontrolada de baterías usadas Almacenamiento de baterías usadas en los domicilios de los consumidores Fallas en la recolección de baterías usadas en áreas remotas Diseño inadecuado que dificulta el reúso y reciclado Ignorancia de los consumidores acerca de la posibilidad de reciclar las baterías Desconfianza de los consumidores sobre la calidad de baterías recicladas Falta de estandarización entre los reacondicionadores de baterías respecto a la calidad consistente de los productos Intereses comerciales que exaltan o favorecen el consumo de baterías nuevas

Modificado de: Campbell D., Waste Case Study 2. Lead-Acid Batteries. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.107-138.

Las partes interesadas (stakeholders) que intervienen en las cadenas de reciclaje de las baterías ácidas aparecen descritas en el cuadro siguiente y la forma en que se organizan varía de un país a otro y puede involucrar la constitución de consorcios.

Actores y sectores que intervienen en las cadenas de reciclaje de acumuladores usados

Actores/Sectores	Observaciones
Consumidores/distribuidores	Las baterías eléctricas de arranque, iluminación e ignición fluyen comúnmente del consumidor a los centros de servicio/repación, de acopio de chatarra y otros intermediarios a los cuales recurren los recicladores. Las grandes baterías móviles o estacionarias constituyen una pequeña proporción y su control para reciclarlas es común en los sectores industrial, comercial y de servicios.
Recolectores en pequeño (pepenadores)	Se trata comúnmente de individuos que segregan los materiales reciclables de la basura –incluyendo los acumuladores- para venderlos a los intermediarios que los ponen al alcance de los recicladores.
Negocios de chatarra	Incluyen empresas grandes que acopian todo tipo de metales reciclables y que actúan como intermediarios entre los recolectores, las industrias que se deshacen de las baterías y los desmanteladores de baterías, fundiciones de plomo o exportadores de chatarra.
Desmanteladores de baterías	Generalmente están asociados a empresas que son fundidoras secundarias de plomo, las cuales separan las baterías en sus elementos reciclables para venderlos.
Reacondicionadores de baterías	Éstos compran las baterías a los recolectores o negocios de chatarra para reacondicionarlas y venderlas a bajo precio.
Fundidores secundarios de plomo	Compran el plomo retirado de las baterías para fundirlo y venderlo como plomo secundario.
Fabricantes	Han empezado a responder a la demanda de los clientes y gobiernos estableciendo sistemas de retorno de las baterías usadas e incluso interviniendo en su reciclaje.
Autoridades gubernamentales	De conformidad con las facultades que establecen las legislaciones ambientales, el control de las baterías ácidas a base de plomo puede ser una competencia de las autoridades centrales o locales. Su intervención consiste en emitir licencias y permisos para el manejo de las baterías usadas (por ejemplo, transporte, reciclaje, tratamiento y disposición final). En particular, destaca el papel de las autoridades municipales a cargo de los sistemas de recolección de residuos peligrosos domiciliarios.

Modificado de: Campbell D., Waste Case Study 2. Lead-Acid Batteries. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.107-138.

II. Ejemplos de sistemas de gestión de acumuladores usados en países de la OCDE

Como se indica en el cuadro siguiente, existen variaciones en la forma en que operan los sistemas de gestión de las baterías usadas en los distintos países de la OCDE, aunque comparten elementos comunes.

Ejemplos de estrategias de gestión de las baterías ácidas usadas en países de la OCDE

País	Observaciones
Canadá	<p>La fortaleza del sistema descansa en:</p> <ul style="list-style-type: none"> La infraestructura disponible de reciclado La capacidad instalada para la fundición de plomo secundario (siete empresas) Fabricantes que desarrollan tecnologías para incorporar materiales usados en las baterías nuevas Grupos activos de partes interesadas y organizaciones industriales que brindan asistencia en la formulación e instrumentación de políticas y programas. Coordinación entre autoridades federales y provinciales Legislación provincial que facilita el manejo de las baterías basada en una legislación marco Establecimiento de guías para el manejo responsable de las baterías ácidas usadas Educación de distribuidores, comerciantes y consumidores de baterías ácidas. Desincentivos al confinamiento de baterías Promoción del reciclaje de baterías Establecimiento de "Fondos para la Sustentabilidad Ambiental" que brindan apoyo cuando los precios del plomo desincentivan el reciclaje de baterías Etiquetado que informa del sistema de reciclaje Programas de manejo de residuos peligrosos domiciliarios que involucran las baterías ácidas <p>En tres años de operación del programa de reciclaje de baterías en Columbia Británica se recolectaron cerca de 37 mil toneladas de baterías que representaron alrededor de dos millones de baterías.</p>
Estados Unidos	<p>El Consejo Internacional de Baterías es una asociación comercial internacional que engloba a más de 250 compañías que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ha desarrollado una legislación modelo que incentiva el reciclaje de baterías y prohíbe su disposición final e incineración. Propuso un sistema de depósito de \$10 dólares para incentivar el retorno de las baterías usadas al distribuidor, comerciante o reciclador aprobado. Recomendó el establecimiento de un plazo para la recolección de las baterías usadas complementado por un programa de implementación y monitoreo. Realiza un estudio nacional anual sobre la tasa de reciclaje de baterías ácidas desde 1990, que muestra un incremento continuo. <p>Dieciocho estados de la Unión Americana han establecido legislaciones basadas en</p>

Valoración de acumuladores usados

	<p>este modelo.</p> <p>Treinta y cuatro estados y una ciudad cuentan con legislaciones que promueven el reciclado de baterías y prohíben su disposición final e incineración con multas severas por incumplimiento. Los sistemas de depósito en ellos varían entre cinco y diez dólares por unidad y la educación del consumidor es obligatoria, así como el acopio y recolección en los centros de distribución y venta.</p> <p>El transporte y almacenamiento de las baterías ácidas usadas está regulado a nivel federal pero su manejo es de jurisdicción estatal.</p>
Italia	<p>Se estableció un consorcio nacional obligatorio para la recolección y reciclado de las baterías ácidas usadas (COBAT) desde 1984, conformado por compañías recicladoras (50%), compañías fabricantes e importadoras (30%), compañías recolectoras (10%), y expendedores de baterías (10%), a cargo de:</p> <p>Recolección y almacenamiento de las baterías Transferencia de las baterías a las compañías recicladoras Desarrollo de investigaciones y estudios para mejorar las tecnologías de disposición</p>
Suecia	<p>En el marco de programas agresivos para el control de la exposición al plomo, la Agencia de Protección Ambiental estableció un impuesto a las baterías pagado por los productores e importadores. Los fondos que se recaban se emplean para apoyar a las compañías que reciben, almacenan y transportan las baterías para enviarlas a reciclado o disposición final, alcanzando un porcentaje de reciclado de 95%.</p> <p>En los primeros tres años de iniciado el programa se recibieron más baterías que las vendidas en ese periodo, lo cual creó problemas de almacenamiento.</p> <p>Se considera la asistencia financiera a proyectos de investigación y desarrollo tecnológico para sustituir el plomo de las baterías.</p>

Modificado de: Campbell D., Waste Case Study 2. Lead-Acid Batteries. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.107-138.

III. Evaluación del desempeño de las políticas y sistemas de reciclaje de acumuladores usados

Puesto que el propósito ambiental de los sistemas de reciclaje de acumuladores incluye alcanzar las máximas tasas de reciclaje, prevenir su disposición inadecuada y mantener la aplicación de las mejores prácticas de manejo durante todo su ciclo de vida, es preciso establecer y aplicar mediciones y estrategias de seguimiento de los programas que permitan evaluar si están teniendo éxito.

La experiencia ha mostrado que las presiones crecientes por lograr las máximas tasas de reciclaje de los acumuladores están teniendo como resultado que:

- Un mayor número de fundidoras primarias de plomo intervengan en los mercados de reciclado del plomo proveniente de los acumuladores.
- La aplicación de las regulaciones ambientales relativas al transporte y almacenamiento de los acumuladores usados demande mejoras que están haciendo desaparecer a las empresas que no tienen capacidad de mejorar sus procesos.
- Los fundidores de plomo existentes inviertan en nuevas líneas de reciclaje que respondan a la demanda creciente, de manera consistente con la racionalización de la industria.
- Aumenten las áreas dedicadas al acopio de acumuladores usados en los sitios de distribución, venta y comercio de chatarra metálica.
- Algunos servicios municipales de limpia incluyan el acopio de acumuladores usados e incrementen los costos de la recolección y almacenamiento de materiales.
- Se creen servicios de transporte ofrecidos por pequeños vehículos que generan el crecimiento de las fuentes de empleo.

Entre los aspectos más relevantes de los programas de manejo de acumuladores usados se encuentran:

1. Las estrategias de reducción de residuos.
2. El diseño que facilite el reuso y reciclado de acumuladores.
3. Los esquemas costo-efectivos y eficientes de recolección.
4. El balance entre la oferta y la demanda (por ejemplo, a través del desarrollo y apoyo a los mercados de materiales secundarios).
5. Los programas de monitoreo y evaluación.
6. Las medidas de protección para garantizar la seguridad de los trabajadores involucrados en el manejo y procesamiento de los acumuladores usados.

CAPÍTULO 3

Manejo de vehículos al final de su vida útil

I. Bases para sustentar el manejo

I.1. Aspectos contextuales

En el mundo moderno los automóviles ocupan un lugar preponderante y año con año surgen nuevos modelos que atraen la atención de los consumidores y alientan el cambio, a lo cual se suma la evolución de las regulaciones que fijan niveles de desempeño ambiental cada vez más exigentes para prevenir o reducir la contaminación por emisiones vehiculares y que restringen la circulación de vehículos viejos, lo que en conjunto contribuye a que anualmente se descarte un número considerable de autos que se constituyen en residuos.

Esta circunstancia, aunada a la introducción de regulaciones que establecen la responsabilidad amplia o compartida de los productores en el manejo de los vehículos que han terminado su vida útil, conduce a la producción de automóviles en los que la mayoría de sus componentes son reciclables, lo cual ha incrementado el aprovechamiento de los materiales valorizables contenidos en ellos.

Aunque la experiencia de los países industrializados en esta materia, no necesariamente refleja lo que sucede en los países en desarrollo o con economías en transición, es por demás relevante conocer qué ocurre con los vehículos que se descartan y qué políticas y estrategias se han instrumentado para su manejo ambientalmente adecuado en dichos países. Por ello, se resumen en este capítulo las experiencias del Reino Unido y de la Unión europea, que fueron compartidas en el Taller de Minimización de Residuos

organizado por la OCDE en 1995, al que se ha venido haciendo referencia en otros capítulos de este manual.¹¹

1.2. Proceso de recuperación de materiales a partir de vehículos usados

Durante la fabricación de los automóviles y de las partes que los componen se pueden generar residuos y se han introducido mejoras para evitarlo, así como para reaprovechar los materiales valorizables contenidos en los residuos que se generan. Sin embargo, a pesar del interés que representan estas experiencias, el presente capítulo sólo abordará el tema de lo que sucede con los vehículos que terminan su vida útil, dejando también de lado lo que ocurre con algunos de sus componentes como los acumuladores eléctricos y las llantas usadas, por tratarse de aspectos que se cubren en otros capítulos de este manual.

Por las razones antes expuestas, se considera que se genera un vehículo que termina su vida útil, cuando su último propietario decide deshacerse de él porque ya no sirve para su propósito original de brindar un medio de transporte en las condiciones previstas en las regulaciones que resulten aplicables o por incapacidad de hacerlo.

Para los propósitos que persigue el presente análisis, se considera que el proceso de desmantelamiento del vehículo descartado se inicia en las instalaciones de las empresas que se dedican a actividades de reciclaje; aunque en países en desarrollo puede ocurrir que los propietarios desmantelen ellos mismos sus vehículos o que se abandonen en la vía pública y sean desmantelados o “canibalizados” por individuos que se dedican al acopio y venta de materiales reciclables.

En cualquiera de los casos, los materiales valorizables pueden seguir rutas distintas según sus particularidades, que los conducen a procesos de reciclaje a partir de los cuales se obtienen materiales secundarios empleados como insumos por diferentes industrias. La experiencia muestra que el reciclaje de vehículos al final de su vida no puede ser 100 por ciento efectivo, por lo que es común que los distintos procesos de reciclaje generen, a su vez, nuevos residuos que requieren un manejo controlado y ambientalmente adecuado.

¹¹ Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

II. Experiencias de países miembros de la OCDE

II.1. Uso y disposición de vehículos

En 1995, tuvo lugar el Taller de Minimización de Residuos de la OCDE y se dieron a conocer las cifras que aparecen referidas en el cuadro siguiente, relativas al número de automóviles en uso y descartados, en algunos países miembros de esa Organización, para ilustrar la magnitud del problema que significa la eliminación de vehículos que terminan su vida útil. Por lo general, los vehículos en esos países suelen descartarse después de 6 u 8 años de uso y las diferencias al respecto fluctúan entre: 10 años, de acuerdo a lo observado en Japón, y 12 años, en la Unión europea, de conformidad con lo expresado por el autor del trabajo al que se hace mención.

Uso y disposición de vehículos en países de la OCDE

País	Número de vehículos en uso (millones)	Número de vehículos al final de su vida (millones)
Reino Unido	22.4	1.4
Unión europea	129.5	8.1
Estados Unidos de América	123.0	9.0
Japón	60.0	5.0

Fuente: Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

II.2. Factores que determinan el tipo de materiales empleados en la fabricación de vehículos

En opinión del autor del trabajo citado, los factores que se utilizan en la fabricación de vehículos, y que influyen en la posibilidad de reciclaje de los mismos están relacionados, entre otros, con las preferencias de los consumidores e incluyen aspectos tales como:

1. Consumo de combustible.
2. Apariencia.
3. Desempeño.
4. Seguridad.

Lo anterior no significa que en la selección de un automóvil nuevo esté pesando mucho el factor reciclabilidad (se considera que el consumo de combustible tiene más peso en este caso), pero los fabricantes están conscientes de que, cada vez más, un mayor número de consumidores orienta sus preferencias hacia productos que son considerados como amigables con el ambiente.

La crisis de los precios del petróleo en la década de 1970 fue el disparador de políticas, regulaciones y programas tendientes a reducir el consumo vehicular de combustibles fósiles, lo cual se tradujo en nuevos diseños de automóviles a fin de economizar gasolina, y en el empleo de materiales más ligeros que el metal, como el plástico. Como efecto colateral, se lograron reducciones importantes en el costo de fabricación de vehículos al disminuirse etapas en el proceso de moldeado de partes. A manera de ilustración, se muestran en el siguiente cuadro las reducciones en el peso de los vehículos en un periodo de 10 años, lo cual contribuyó a disminuir en un 5 por ciento el consumo de combustible.

Composición por peso de los automóviles particulares en Europa

Materiales empleados	1975	1980	1985	1990
Hierro y acero	73.5	71.0	66.7	61.0
No-ferrosos	7.0	7.7	8.2	9.5
Plásticos	5.0	6.3	9.1	11.5
Vidrio	3.0	3.0	3.0	3.0
Hule	5.0	5.0	5.0	5.0
Otros	6.5	7.0	8.0	10.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Peso Total (kg)	906	872	815	901

Fuente: CORD. 1992. Citado en: Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

A medida que se han reducido las proporciones absolutas y relativas de los metales no-ferrosos y ferrosos en la composición de los vehículos, como muestra la tendencia en el cuadro anterior, se ha incrementado la cantidad de plástico y otros componentes.

A pesar de lo anterior, el peso total promedio de los vehículos se empezó a incrementar al inicio de la década de 1990, como resultado en mejoras en el confort, aislamiento e inclusión de dispositivos de seguridad o de adorno; pero los progresos logrados en materia de economía en el consumo de combustible se han mantenido, tanto por los avances en la tecnología de los motores, como en la aerodinámica. Se espera que continúe la tendencia en la reducción del peso de los vehículos, en la medida en que se introduzcan nuevos materiales no metálicos en su fabricación y los precios de éstos sigan a la baja.

No obstante lo expuesto previamente, aún la mayoría de los vehículos que terminan actualmente su vida útil –sobre todo en países en desarrollo– están compuestos de metales recuperables por los sistemas tradicionales de reciclaje al respecto.

II.3. Sistema de reciclado de vehículos

II.3.1. Etapas y productos del reciclado de vehículos

Los sistemas de reciclado de vehículos suelen involucrar distintas etapas que pueden combinarse de diferentes maneras pero que en esencia comprenden los siguientes pasos:

- Desmantelamiento.
- Cortado en partes.
- Trituración.

En cada una de estas etapas se pueden generar productos como los siguientes:

- Componentes.
- Metales.
- Residuos.

En la etapa de desmantelamiento del vehículo se retiran todos los componentes susceptibles de reciclaje o de reuso, los cuales generalmente se venden por separado, incluyendo la caparazón o recubrimiento del mismo. Este último se sujeta en un segundo paso a un proceso de corte en piezas y aplastado para reducir su volumen y facilitar su transporte hacia las instalaciones en donde dichas piezas se trituran y convierten en chatarra metálica utilizada en los procesos de fundición. La recuperación de los metales ferrosos y no ferrosos contribuye a desviar de los confinamientos a materiales que, de otra manera, se manejarían y dispondrían como residuos, aunque no se puede evitar por completo la generación de residuos que terminan requiriendo tratamiento o disposición final.

En cada uno de los pasos antes citados, los materiales secundarios que se obtienen adquieren plusvalía pues aumentan de valor, aunque el margen de ganancia suele fluctuar y, a veces, no es muy significativo. De hecho las empresas que se dedican a este tipo de actividades son relativamente vulnerables y están sujetas a los cambios de los precios tanto en el mercado de materiales secundarios, como en el de servicios de manejo de los residuos que se generan en estos procesos.

En la etapa de trituración se generan partículas de alrededor de 100 mm que se separan por acción de corrientes de aire y extracción magnética en:

- metales ferrosos
- metales no ferrosos
- material de rechazo

Este tipo de prácticas suelen variar de un país a otro en cuanto a que se realicen manteniendo separados los materiales recuperados en cada etapa del proceso provenientes de vehículos o que éstos se mezclen con otros similares provenientes de residuos recuperados de la basura doméstica.

La fracción no ferrosa constituye una combinación de metal, hule y otros materiales no combustibles. En tanto que el material de rechazo o “peluza” es una mezcla de residuos combustibles (por ejemplo, espumas plásticas, madera y plásticos) y no combustibles (como vidrio, piedras y polvo fino). En ambos casos, se pueden reprocesar estas fracciones para recuperar metales ferrosos remanentes para su reciclado, antes de disponer de los residuos.

II.3.2. Estimación del volumen de generación de residuos

Para dar una idea del importante volumen de residuos de origen vehicular que se generan anualmente, el autor del trabajo del cual se extrajeron estos datos indica que, en el Reino Unido, este equivale a alrededor de 1.4 millones de vehículos descartados, con un peso promedio de 900 kg, lo cual representa cerca de 1.26 millones de toneladas por año. Los residuos finales que se generan como materiales no ferrosos, tras el procesamiento de estos vehículos es equivalente al 25 por ciento de la cantidad total de material que los compone o sea aproximadamente 315,000 toneladas por año. Los residuos del triturado pueden representar una cantidad mayor si se mezclan con residuos del procesamiento de equipos de línea blanca (por ejemplo, refrigeradores, estufas y lavadoras).

Para poner en perspectiva estos residuos remanentes del reciclado de vehículos descartados, el autor del trabajo indica que en el Reino Unido se generan cerca de 35 millones de residuos sólidos de tipo domiciliario por año y unos 140 millones de toneladas por año de residuos de la construcción, demolición y de la industria. Los residuos de origen

vehicular representarían el 0.2 por ciento del total de residuos de origen industrial o el 0.95 por ciento de los de origen domiciliario, en tanto que los residuos hospitalarios equivalen a 350,000 toneladas anuales.

II. 3.3. Características y clasificación de los tipos de residuos generados

La composición de los residuos remanentes del reciclado de vehículos es variada y algunos de ellos son considerados como peligrosos por su potencial de ocasionar daños al ambiente, mientras que otros aún pueden contener materiales susceptibles de reciclado; por ello es importante conocer dicha composición antes de decidir enviarlos a tratamiento (usualmente incineración)¹² o disposición final. En el cuadro siguiente se muestra la composición típica de los residuos provenientes de la trituración de automóviles en Europa.

Composición típica de los residuos de la trituración de automóviles en Europa

Categoría	Rango (porcentaje/peso)
Metal	2-17
Alambre	1-11
Hule	7-29
Espuma	1-10
Madera	2-14
Plástico	7-13
Textil	10-28
Papel/cartón	3-6
Combustibles misceláneos	9-16
No-combustibles misceláneos	3-19

Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

¹² Los plásticos y otros materiales combustibles tienen un poder calorífico estimado en el rango de 11-18 MJ/kg (el carbón en el Reino Unido tiene un poder calorífico de 26 MJ/kg), por lo que pueden ser enviados a incineradores de alta tecnología, a hornos cementeros o estar sujetos a procesos de gasificación, con o sin recuperación de energía, aunque el costo de estos tratamientos es más alto que su confinamiento por lo que ésta es la forma más frecuente de disposición de éstos y otros residuos vehiculares.

II.3.4. Alternativas de minimización de residuos

En el cuadro siguiente se muestran las opciones para reducir la cantidad de residuos generados durante los procesos de reciclaje de vehículos que terminan su vida útil, para evitar tener que sujetarlos a tratamiento o a disposición final. La consideración de estos aspectos debe hacerse como parte de las políticas y de los planes de manejo destinados a lograr la prevención de la generación, la valorización y el manejo integral de los residuos asociados al procesamiento de los vehículos descartados.

Métodos y elementos de la estrategia de minimización de residuos del proceso de reciclaje de vehículos que terminan su vida útil

Métodos de minimización	Elementos de la estrategia de minimización
Prevención de la generación de residuos	Reducción de los componentes peligrosos
Reúso	Reducción de los componentes no reciclables (principalmente no metálicos)
Recuperación de materiales	Reducción del peso total (de cada vehículo)
Reciclaje de materiales	Incremento de la vida útil de los vehículos

Modificado de: Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

La eliminación del empleo, en la fabricación de vehículos, de materiales peligrosos (por ejemplo, metales tóxicos como el cadmio o compuestos orgánicos persistentes como bifenilos policlorados) ha disminuido la cantidad de residuos peligrosos remanentes del proceso de reciclaje de los componentes de vehículos descartados.

La reducción en el uso de componentes no reciclables (principalmente no metálicos), también está contribuyendo a disminuir la cantidad final de residuos remanentes y a incrementar la recuperación de materiales reciclables. Cabe señalar que si se incrementa la cantidad de partes metálicas, aumenta la reciclabilidad pero también el peso vehicular,¹³ mientras que, si se aumenta la cantidad de plásticos, disminuye el peso, pero se incrementa la dificultad en separar los distintos tipos de plásticos reciclables.

El continuo aumento en el empleo de plásticos en la construcción de vehículos plantea problemas para su reciclaje por la gama de tipos de polímeros empleados que no son

¹³ Si se utiliza aluminio se puede reducir el peso vehicular y extender la vida útil de los vehículos, pero se incrementan los costos en energía en los procesos de producción.

fácilmente distinguibles entre sí, lo cual es necesario para su reciclaje efectivo; este problema puede minimizarse disminuyendo el tipo de polímeros utilizados, marcándolos para distinguirlos (lo que ocurre cuando los componentes pesan más de 100 gramos) o mejorando las técnicas de separación.

Cantidad promedio estimada de los principales polímeros por peso del vehículo (kg)

Tipo de polímero	1980	1985	1990
Poli vinil cloruro	12.5	11.0	8.0
Poliuretano	11.2	15.0	20.0
Polipropileno	8.0	11.0	15.4
Polietileno	2,5	4.0	11.6
Compuestos de poliéster	1.5	5.5	11.0
Otros	18.8	26.1	37.6
Total	54.5	74.6	103.6

Modificado de: Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

Los residuos de vidrio usualmente son mezclas compuestas y contaminadas con alambres, por lo que no es muy ventajosa su recuperación, en tanto que, los fluidos como aceites, gasolina y anticongelantes, usualmente son empleados como combustible alterno, dependiendo de sus características. Otros componentes vehiculares como los convertidores catalíticos y las bolsas de aire, son manejados por separado.

III. Enfoques de política

III.1. Disparadores del reciclaje de vehículos descartados

La evolución tecnológica en la industria de los automóviles está modificando continuamente el panorama, con lo cual los cambios en los materiales que componen los vehículos irán incidiendo en su reciclabilidad y en la cantidad de residuos remanentes, lo que debe ser tomado en consideración en la planificación de los sistemas de gestión correspondientes.

En estas circunstancias, las compañías fabricantes de vehículos juegan un papel muy importante en la formulación de políticas y planes de manejo destinados a maximizar el aprovechamiento de los materiales valorizables contenidos en los automóviles que agotan su vida útil y la reducción de los residuos remanentes de los procesos de reciclaje correspondientes.

Las regulaciones y políticas gubernamentales son otros de los disparadores de los cambios tecnológicos destinados a incrementar la reciclabilidad de los vehículos y a facilitar la gestión de los vehículos descartados. Generalmente, estas acciones gubernamentales están precedidas de estudios que permiten caracterizar los diferentes elementos que intervienen en dicha gestión, como los realizados en países de la Unión europea sobre:

- Reducción del potencial contaminante de las corrientes de residuos remanentes del reciclaje vehicular.
- Disponibilidad de tecnologías ambientalmente adecuadas para el procesamiento vehicular.
- Disponibilidad de tecnologías ambientalmente adecuadas para el manejo de los residuos remanentes.
- Opciones preferibles para el tratamiento y disposición final de los residuos.
- Costos relativos de las opciones de manejo de los residuos remanentes.
- Diseño vehicular, tomando en cuenta su destino final.
- Maximización del potencial de reciclaje y recuperación.

Este tipo de estudios, entre otros, han tenido como objeto minimizar los impactos ambientales de los vehículos que terminan su vida útil y facilitar el establecimiento de estrategias y planes para su manejo. En el desarrollo de los estudios han intervenido grupos de trabajo conformados por actores claves, como la industria fabricante de automóviles, organizaciones civiles interesadas y autoridades gubernamentales.

Los grupos de trabajo a los que se hace referencia orientaron sus esfuerzos teniendo en mente algunas metas de reducción de la cantidad de residuos vehiculares remanentes destinados a disposición final, como las siguientes:

Metas de reducción de residuos vehiculares*

Tipo de vehículos	Metas
Para todos los automóviles	Un máximo de 15 por ciento de disposición (confinamiento e incineración sin recuperación de energía) en promedio por automóvil, para los que se manufacturen a partir del año 2002 a más tardar.
Para los modelos nuevos introducidos al comercio después del año 2002	Un máximo de 10 por ciento de disposición final por modelo nuevo.
Para todos los automóviles	Un máximo de 5 por ciento de disposición por automóvil en promedio, para los que se manufacturen a partir del año 2015 a más tardar.

* A partir de 1995 introducción de procedimientos para retirar dispositivos y líquidos de los vehículos antes de la etapa de trituración para asegurar que los residuos no sean clasificados como peligrosos.

Modificado de: Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

Los medios para alcanzar las metas previamente enunciadas, así como las acciones que los grupos de trabajo recomendaron realizar para ello, se resumen en el cuadro siguiente.

Medios y acciones para alcanzar las metas de minimización de la cantidad de residuos remanentes del reciclaje de vehículos que agotan su vida útil

Medios	Acciones
<ul style="list-style-type: none"> Recuperación de materiales como una prioridad. Incineración de residuos con recuperación de energía 	<ul style="list-style-type: none"> Establecimiento de estándares mínimos para las actividades de desmantelamiento. Utilización de un certificado de disposición. Estandarización de la información proporcionada por los fabricantes a los desmanteladores de vehículos. Estandarización de mediciones y muestreos. Establecimiento de grupos nacionales de monitoreo. Utilización de la infraestructura disponible. Los vehículos descartados deben ir a cadenas de procesamiento y disposición final autorizadas. Las acciones deben ser económicamente autosustentables.

Modificado de: Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

III.2. Ejemplos de enfoques de política

Los distintos países que conforman la Unión europea han adoptado políticas y estrategias particulares para la gestión de los vehículos que terminan su vida útil, cuyos elementos más destacados aparecen resumidos en el cuadro siguiente.

Ejemplos de enfoques seguidos en países europeos respecto a la gestión de vehículos que terminan su vida útil

País	Enfoques
Francia	<p>Convenios voluntarios entre la industria y el gobierno. Metas similares a las propuestas por la Unión europea. Existe un impuesto para el confinamiento de residuos. Otorgamiento de un subsidio por tiempo limitado para quienes descartan un auto usado al comprar uno nuevo. El último dueño recibe un certificado de disposición del auto descartado.</p>
Alemania	<p>Considera tanto la adopción de convenios voluntarios como de disposiciones legales que establezcan la responsabilidad de los productores de intervenir en los planes de manejo de vehículos descartados.</p>
Países Bajos	<p>En 1992 se adoptó el Plan de Implementación de Chatarra Vehicular, formulado por la industria, organizaciones civiles y gobierno (involucra un plan de implementación y un plan de acción). Se estableció un impuesto a los autos nuevos (uno por ciento de su costo), destinado al fondo para costear el manejo de los autos descartados. Se creó un organismo (Reciclado de Automóviles Holandés: ARN) que actúa como facilitador de las actividades, mediador, proveedor de información y que interviene en la asignación de fondos.</p>
Reino Unido	<p>El gobierno convino con la industria, la adopción de los siguientes principios en el manejo de los vehículos descartados: Debe ser económico y aprovechar las fuerzas del mercado. Debe apoyarse en la infraestructura disponible y evitar el desarrollo de nueva. Debe ser voluntario y evitar la necesidad de legislación al respecto. Se creó un consorcio (Consortio para el Reciclaje y Disposición de Automóviles: ACORD) con representantes de los fabricantes de automóviles, sus proveedores, los desmanteladores, trituradores, recicladores y del gobierno, responsables de la formulación e implementación del plan de manejo correspondiente. Los planes están sujetos a la normatividad ambiental aplicable. Se apoyan proyectos para desarrollar tecnologías y técnicas para hacer más económico el desmantelamiento y reciclaje vehicular. Se ha adoptado o se prevé el establecimiento de un impuesto a la disposición final de residuos en confinamiento y estímulos al reciclaje energético de residuos.</p>

Modificado de: Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

III.3. Ejemplos de instrumentos de política

Para la formulación e instrumentación de políticas y planes de manejo de los vehículos descartados y de los residuos remanentes de su reciclado, se requiere tener acceso a información clave y considerar diversos factores como los que se indican en el cuadro siguiente.

Información y factores claves para establecer políticas y planes de manejo de vehículos que terminan su vida útil

Información requerida	Factores claves
<p>Número de vehículos descartados y desmantelados cada año.</p> <p>Porcentaje del vehículo que es:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclado • Reusado • Utilizado como combustible alternativo • Confinado <p>Resultados de análisis del ciclo de vida de los materiales que componen los vehículos.</p>	<p>Acuerdos con industria/consorcios.</p> <p>Establecimiento de metas.</p> <p>Acciones voluntarias.</p> <p>Acciones obligatorias-sujetas a regulación.</p> <p>Instrumentos fiscales y subsidios o becas.</p> <p>Barreras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulatorias • Incremento del rigor de las normas ambientales • Económicas <p>Fallas de mercado con efectos en los precios/distorsiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de cooperación de la industria (necesidad de competir)

Modificado de: Douglas Robinson. End-of-Life-Vehicles. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp. 219-237.

III.4. Perspectivas en el desarrollo de políticas y estrategias

Las experiencias en este campo indican que, toda definición de políticas gubernamentales para alentar y facilitar la valorización de los materiales potencialmente reciclables contenidos en los vehículos que terminan su vida útil para limitar la cantidad de éstos que van a parar a sitios de disposición final, demanda una combinación de enfoques e instrumentos regulatorios, voluntarios y basados en la consideración de las fuerzas del mercado.

Como la base del éxito en la implantación de políticas y planes de manejo de los vehículos que terminan su vida útil es que las medidas que se adopten sean proporcionales a la escala del problema que representa el manejo de estos vehículos, se hace evidente la necesidad de contar con información diagnóstica que permita dimensionar dicho problema. Asimismo, es esencial tomar en cuenta los aspectos relacionados con el ciclo de vida de los materiales que componen los vehículos, al formular los planes para su valorización, tratamiento o disposición final, en el marco de programas para la prevención de la generación de residuos, el aprovechamiento de los residuos potencialmente reciclables y el manejo ambientalmente adecuado de los residuos remanentes.

No menos importante, es involucrar a las distintas partes interesadas (por ejemplo, fabricantes, proveedores de partes, empresas que intervienen en el desmantelamiento y reciclaje de los vehículos descartados, organizaciones civiles y representantes del gobierno), en la formulación de las políticas y planes de manejo de los vehículos que terminan su vida útil.

A manera de ejemplo, se enuncian a continuación algunos de los objetivos que deberían perseguir tales políticas y planes de manejo:

1. Todos los automóviles descartados deben ser considerados.
2. La máxima recuperación de materiales valorizables, con el menor requerimiento energético mediante el reuso de los componentes de los vehículos.
3. La recuperación de la cantidad mayor posible de metales y de plásticos.
4. La minimización de la contaminación ambiental en todas las etapas del proceso.
5. La recuperación de la energía contenida en los residuos.
6. La sustentabilidad del sistema en el mercado.

En la cadena de elementos que intervienen en la recuperación de materiales valorizables y la reducción de los residuos provenientes de los vehículos descartados, a considerar en el logro de los objetivos antes citados, destacan los siguientes:

- Los productores
- El sistema regulatorio ambiental
- Los incentivos para reciclar
- Los costos de la disposición final de los residuos

A su vez, entre las opciones a considerar para alcanzar los objetivos que se establezcan se encuentran:

- Los incentivos basados en un enfoque centrado en el mercado
- Estándares mínimos para llevar a cabo el reciclaje
- Impuestos
- Efectos en el comercio internacional
- Distorsiones del mercado-superabundancia de materiales secundarios en el mercado

El papel que se considera debe jugar la OCDE en el establecimiento de políticas para la minimización de los residuos remanentes del aprovechamiento de los componentes de los vehículos que terminan su vida útil, incluye las siguientes posibilidades:

- Facilitar la transferencia de información
- Hacer el seguimiento de las políticas de los distintos países en la materia y de sus efectos
- Fomentar la cooperación entre países para establecer y alcanzar estándares comunes a fin de evitar conflictos
- Incentivar la transferencia de tecnologías entre países.

CAPÍTULO 4

Manejo de productos eléctricos y electrónicos descartados

I. Antecedentes del desarrollo y divulgación de enfoques sobre el manejo de productos eléctricos y electrónicos desechados

El crecimiento de las ventas de productos eléctricos y electrónicos ha crecido de manera exponencial en los últimos treinta años y, consecuentemente, también ha aumentado el número de este tipo de productos que al desecharse van a engrosar el volumen y a diversificar los tipos de residuos que genera la sociedad moderna; sobre todo, porque cada vez se acorta más su vida ante la tentación de comprar nuevos modelos sin que los que se encuentran en uso hayan dejado de ser útiles.

El problema asociado a este último hecho es que, a pesar de que los residuos de productos eléctricos y electrónicos no constituyen una proporción importante del volumen total generado (en 1992, en la Unión europea sólo representaron alrededor del 2 por ciento del volumen total), la presencia en ellos de diversas sustancias peligrosas (por ejemplo, arsénico, bromo, cadmio, cromo, cobre, plomo, zinc, asbesto, níquel, clorofluorocarbonos y retardantes de inflamabilidad halogenados) conlleva riesgos para el ambiente y la salud cuando se disponen inadecuadamente.¹⁴

¹⁴ Brands H. y Finzi F. Electrical and Electronic Scrap. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.159-192.

Lo anterior se ha convertido en el motor del desarrollo en los países de la OCDE de políticas, regulaciones, instrumentos y estrategias para minimizar la generación de este tipo de residuos, valorizar los materiales contenidos en ellos y dar un manejo ambientalmente adecuado a los residuos remanentes, lo cual fue objeto de un trabajo de revisión sobre las experiencias derivadas de estas iniciativas del que se extrajeron los elementos para integrar este capítulo.

Entre las principales razones que tuvieron las autoras del trabajo citado, de estudiar esta corriente particular de residuos, se encuentran:

- El hecho de que la cantidad de residuos eléctricos y electrónicos generados no es despreciable ni por peso ni por volumen y la distribución de estos productos sigue creciendo sin cesar;
- Este tipo de residuos puede contener sustancias peligrosas;
- La gran variedad de productos eléctricos y electrónicos y de usos de éstos, aunado al hecho de que el tiempo requerido para su producción pueda variar considerablemente (dependiendo, por ejemplo, de los nuevos materiales y componentes empleados en su fabricación y del desempeño de éstos), hace difícil la implantación de acciones destinadas a minimizar la cantidad de residuos asociados a ellos.

A su vez, la integración del documento que se presentó en el Taller de Minimización de Residuos de la OCDE en 1995, tuvo como propósito intercambiar información sobre los avances logrados en sus países miembros respecto a la minimización de esta corriente particular de residuos, así como acerca de los principales problemas y obstáculos enfrentados para controlar y reducir sus impactos ambientales.

II. Características del universo de equipos eléctricos y electrónicos que se descartan

Uno de los principales desafíos para los responsables de los servicios de administración de los residuos municipales, que han orillado a establecer políticas y esquemas particulares para el manejo de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos, es no sólo la gama tan grande de éstos, sino su continua innovación y rápido recambio.

Así, por ejemplo, los tipos de equipos descartados pueden incluir las siguientes categorías: equipos de información y comunicación; equipos de oficina; equipos de video y sonido; equipos domésticos; equipos de hoteles, restaurantes y cafés; distribuidores automáticos de productos; equipos médicos; lámparas; instrumentos de monitoreo y control; y juguetes.

Sin embargo, para los fines que persiguió el trabajo al que se hace mención, sólo se seleccionaron dos tipos de residuos provenientes de las siguientes categorías:

Equipos informáticos: computadoras.

Equipos domésticos: refrigeradores.

El primer tipo de equipos representan aquellos en los cuales la innovación tecnológica y el recambio es más rápido y, el segundo, es un ejemplo de equipos de baja tecnología y lento recambio.

En el Anexo 1 de este capítulo, se describen los términos empleados por las autoras del trabajo en su análisis sobre los enfoques seguidos en la administración de este tipo de residuos. Ellas acuerdan una gran importancia al empleo de términos y conceptos con un mismo significado, para poder realizar estudios comparativos sobre la situación de este tipo de residuos en diferentes países.

Como hasta ahora no se ha empleado una terminología común para designar a las corrientes de residuos que involucran este tipo de productos, ni los elementos que comprenden los sistemas establecidos para su manejo en la Unión europea, esto ha dificultado la determinación de la magnitud de la tarea delante de los administradores a cargo de las políticas y programas de gestión de los residuos. Sin embargo, y para fines de ilustración se refieren a continuación algunos aspectos relevantes a este respecto.

Un hecho innegable es que los equipos eléctricos y electrónicos, por ejemplo, los radios, televisores, refrigeradores, equipos estereofónicos, computadoras y muchos otros artículos han ingresado en casi todos los hogares, oficinas y empresas diversas, lo cual hace prever que tarde o temprano se convertirán en residuos a los que habrá que darles una forma de manejo ambientalmente adecuado.

Como cada año ingresan más y más productos de este tipo al mercado y hasta ahora la mayoría han ido a parar a los sitios de disposición final de los residuos sólidos municipales mezclados con éstos, es difícil estimar el tamaño del universo de residuos potenciales de equipos eléctricos y electrónicos.

También es difícil hacer proyecciones de la evolución del mercado de estos productos; por un lado, porque éste se ve influido por la evolución social en cada país y, por otro, porque la vida útil de estos productos está cambiando constantemente. Ello ha llevado a considerar la necesidad de realizar estudios más a fondo sobre la evolución de los mercados de productos de segunda mano y de las actitudes de los consumidores al respecto. En particular, conviene conocer cómo afectarán la generación de los residuos de este tipo los cambios en los estándares de vida en cada país, así como la cultura y comportamientos de sus poblaciones. A manera de ejemplo, es útil saber que ciertos consumidores consideran vergonzoso tirar a la basura equipos eléctricos y electrónicos que descartan, por lo que terminan guardándolos, sustrayéndolos temporalmente del circuito de disposición de los residuos domésticos.

Se han observado, entre otros, dos tendencias que influyen de distinta manera la generación de este tipo de residuos:

- La primera es la relación positiva que existe entre la evolución de la tasa de crecimiento de un país y el aumento del número de ventas unitarias de productos eléctricos y electrónicos.
- La segunda, es la que muestra que el peso de este tipo de equipos tiende a disminuir, debido a la miniaturización de sus componentes y al empleo de materiales más ligeros como los plásticos.

Aunque no pueden hacerse generalizaciones, pues el crecimiento de las ventas de estos equipos varía de un país a otro dependiendo de la categoría particular de que se trate.

En lo que se refiere a los equipos de cómputo se ha observado lo siguiente:

- Las ventas de los sistemas grandes y medianos están disminuyendo rápidamente, debido a su alto costo unitario y a la extensa difusión de las computadoras portátiles.
- Los nuevos equipos son más ligeros y compactos.
- La velocidad con la que ocurren los desarrollos tecnológicos en este campo, vuelve obsoletos rápidamente los equipos nuevos que ingresan al mercado constantemente, disminuyendo con ello el tiempo que los conserva el consumidor, antes de cambiarlos por otro modelo.

Estas circunstancias hacen que, a pesar de que crezca el consumo y el recambio de los equipos electrónicos, no necesariamente aumenta de manera significativa el volumen y peso de los residuos que generan, dada la tendencia a su miniaturización y construcción con materiales más ligeros.

En lo que respecta a los refrigeradores, los consumidores europeos, suelen contar todos con uno de estos equipos por lo que, asumiendo que su vida útil es de 10 a 15 años, es de esperar que el número de productos al final de su vida se incremente a medida que se lleve a cabo su recambio, pero con una tendencia que se verá influida por la disminución de su peso y de las ventas de equipos nuevos, al no haber muchos nuevos compradores.

Para quienes administran los residuos generados por estos residuos, es importante conocer su composición para prever el tipo de manejo que deberán dar a sus partes, anticipando su potencial de reciclaje y el tipo de tratamiento al que deberán someter a los materiales peligrosos presentes en ellos, una cuestión difícil de precisar. A manera de ejemplo, se describe en el Anexo 2 de este capítulo, la composición promedio de las computadoras y refrigeradores y en el Anexo 3 de este capítulo, se desglosan los tipos de plásticos que los componen.

Lo anterior es importante pues significa que una parte de los equipos eléctricos y electrónicos puede manejarse como residuos sólidos urbanos al descartarse, en tanto que algunos de sus componentes requieren ser manejados como residuos peligrosos, lo cual plantea problemas pues, en general, se encuentran en muy pequeñas cantidades y se requieren desarrollar estrategias particulares para su segregación, acopio, transporte, reciclaje o disposición.

Este último problema ha influido en la evolución constante de la composición de este tipo de equipos, pues la tendencia general es hacia la reducción del empleo en su fabricación de sustancias tóxicas o con otras características peligrosas como las citadas en el Anexo 4 de este capítulo.

III. Aspectos relacionados con la minimización de los residuos eléctricos y electrónicos

III.1. Disparadores de la minimización y aspectos a cuidar

Los avances logrados en la minimización de la generación de este tipo de residuos varían de un país a otro, tanto por cuestiones derivadas de las condiciones geográficas y económicas, como debido al comportamiento de los consumidores o del público en general y a las legislaciones locales en la materia.

En la medida que las políticas y regulaciones de un país restringen la disposición final de los residuos e incentivan la recuperación de los materiales valorizables y de la energía contenida en sus diversos componentes, la minimización de los residuos de la industria eléctrica y electrónica tiene mayor o menor éxito.

Sin embargo, puede ocurrir también que el reciclaje de los materiales valorizables presentes en los equipos eléctricos y electrónicos esté realizándose en ausencia de tales políticas y regulaciones y sin ningún control del manejo de los materiales peligrosos presentes en ellos, lo cual conlleva riesgos ambientales que es preciso prevenir y controlar.

Cabe señalar que el reciclaje de los materiales valorizables contenidos en los residuos de equipos eléctricos y electrónicos, se ve influido por la fluctuación de los precios de los materiales primarios correspondientes, por lo cual sólo se puede mantener una tasa constante o creciente de reciclaje si se establecen políticas, regulaciones e instrumentos económicos y de otra índole que lo incentiven.

A la vez, es importante mencionar que, en la clasificación de los residuos establecida en la OCDE, los residuos de equipos eléctricos y electrónicos están incluidos en la lista verde, por lo que no están considerados como peligrosos y pueden ser objeto de comercio entre países. Lo mismo puede estar ocurriendo en países en desarrollo, lo cual es preocupante porque puede dar lugar a un tráfico enmascarado de residuos peligrosos bajo el supuesto de que lo que se está comercializando (e incluso donando) son productos de segunda mano, cuando en realidad lo que se busca es deshacerse de ellos para no costear su manejo cuando se convierten en residuos.

Qué tan atractivo económicamente resulte el reciclaje de los componentes de los equipos eléctricos y electrónicos, depende de cada una de las categorías a las que pertenecen; por ejemplo, tratándose de algunos metales como el níquel, su valor en el mercado puede hacer muy atractivo su reciclaje, lo cual no necesariamente ocurre con otros metales o con otros componentes. De igual importancia es el acceso a las tecnologías que hagan posible el reciclaje de estos materiales y contar con una capacidad instalada suficiente para satisfacer la demanda, además de que éstas sean ambientalmente eficientes.

Lo antes expuesto hace ver la complejidad de las cuestiones involucradas en la minimización de los equipos eléctricos y electrónicos, lo cual demanda mayor conocimiento sobre los aspectos técnicos, organizacionales, de conducta de los consumidores, de percepción del público en general, de tipo económico y de otra índole, que inciden sobre dicha minimización.

Afortunadamente, en lo que respecta a los equipos de cómputo y a los refrigeradores, están disponibles en el mercado las tecnologías requeridas para su reciclaje, aunque no necesariamente son accesibles en todos los países o se cuenta con la capacidad requerida para respaldar los programas de minimización de los residuos que generan.

III.2. Herramientas de apoyo y combinación de opciones de manejo

Al establecer políticas y programas para la minimización de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos, debe tenerse presente que su objetivo central es prevenir o reducir al máximo posible los impactos negativos para el ambiente que pudieran derivar de su manejo y, particularmente, de su disposición final. Esto implica necesariamente incentivar que, en las fases de diseño y selección de insumos para la fabricación de estos equipos, se tome en cuenta que al convertirse éstos en residuos se pueda facilitar el reúso y reciclaje de sus componentes, se reduzca la cantidad de residuos remanentes y se puedan manejar éstos de manera ambientalmente adecuada.

Para el logro de este último objetivo, se ha recurrido al empleo de la metodología que permite analizar el ciclo de vida de los materiales que entran en la composición de los equipos, adecuándola a las necesidades de este sector industrial.

III.2.1. Alternativas para el análisis del ciclo de vida de los materiales

La definición establecida por la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC) respecto al análisis del ciclo de vida, aparece en el cuadro siguiente.

El análisis del ciclo de vida es un proceso que evalúa los impactos ambientales asociados a un producto, proceso o actividad, identificando la cantidad de material y energía consumidos y los residuos liberados al ambiente a lo largo de las distintas fases que involucran.

Este análisis también permite identificar y evaluar las oportunidades para lograr reducciones en el consumo de materiales y en la generación de residuos.

El análisis cubre el ciclo de vida completo de un producto, proceso o actividad, incluyendo la extracción y procesamiento de materias primas, la manufactura de sus componentes y productos finales, su transporte, distribución, uso, reúso, almacenamiento, recuperación y disposición final.

La complejidad, larga duración y elevado costo del análisis de ciclo de vida tradicional, ha hecho necesaria su adaptación a las necesidades y posibilidades del sector involucrado en la producción de equipos eléctricos y electrónicos e interesado en contribuir a minimizar los posibles impactos ambientales de éstos al convertirse en residuos. En particular, la Asociación Canadiense de Estándares, ha elaborado un manual que suele utilizarse en estudios para establecer el ecoetiquetado y que ofrece lineamientos para utilizar una versión simplificada del análisis del ciclo de vida y enfocada a un número limitado de los componentes de los equipos en estudio.

En esencia, lo que se busca con la aplicación de esta metodología enfocada a un componente específico de un equipo, es determinar, en diferentes condiciones o escenarios, cuáles pueden ser los posibles impactos ambientales que ocasionen, a fin de recurrir a procesos de ecodiseño que introduzcan las reformas necesarias en los productos para minimizar dichos impactos a lo largo de la cadena de eventos en la que se encuentran involucrados.

III.2.2. Enfoque por pasos sucesivos o alternados

Los enfoques aplicados al manejo de los productos eléctricos y electrónicos que se convierten en residuos, parten de los principios resumidos en el cuadro siguiente.

Principios en los que se basa la minimización de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos

Principios	Observaciones al respecto
Desarrollo sustentable	Reconoce la necesidad de que el desarrollo proporcione la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes sin poner en peligro la habilidad de las futuras generaciones de poder satisfacer sus propias necesidades. Esto significa que cada generación pueda resolver sus propios problemas relacionados con la generación de este tipo de residuos y no transferirlos a las futuras generaciones.
Jerarquización de opciones	Implica el establecimiento de una secuencia (o escalones) que oriente las preferencias respecto a las opciones para resolver los problemas asociados al manejo de los residuos y que incluye de arriba abajo lo siguiente: <ul style="list-style-type: none">• Prevención de la generación.• Reúso de productos.• Recuperación de materiales o componentes.• Recuperación de energía.• Incineración sin recuperación de energía.• Confinamiento. En el entendido de que se puede optar por una o más alternativas dependiendo del tipo de equipos o componentes de éstos.
Contaminador pagador	Conlleva la obligación por parte de quien contamine de pagar los costos de la prevención y los impactos de dicha contaminación. Este principio se extiende en el caso de la generación y manejo de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos a quien los fabrique y comercialice, además de al consumidor.

Puesto que la minimización y eficiencia ambiental en el manejo de los residuos de los equipos eléctricos y electrónicos se extiende desde la fase de su diseño hasta su disposición final, los programas tendientes a lograr dicha minimización demandan involucrar en su formulación e instrumentación a todos los actores que intervienen en las distintas fases, tales como:

- fabricantes,
- importadores,
- comercializadores,

- consumidores,
- empresas que brindan servicios relacionados con el procesamiento de los materiales o componentes de los equipos para su aprovechamiento o disposición,
- autoridades gubernamentales que pueden actuar como facilitadoras y guías para lograr altos estándares de desempeño ambiental en las actividades de minimización.

El desafío consiste en establecer mecanismos que hagan posible la vinculación y coordinación efectiva entre estos actores, en un tiempo razonable, y a manera de asegurar la formulación e implantación de planes de manejo de estos equipos cuando se descartan, que sean viables económicamente, factibles tecnológicamente, eficientes desde la perspectiva ambiental y socialmente aceptables.

Otro reto lo constituye la identificación de los instrumentos regulatorios, económicos o de otra índole, que faciliten y hagan posible el establecimiento de los planes antes señalados; lo cual implica estudiar o caracterizar los mercados nacionales de productos primarios y secundarios, la idiosincracia de los distintos actores que intervienen, las fuerzas que los mueven y los medios para superar los obstáculos que se prevean.

IV. Ejemplos de políticas e instrumentos de política

A continuación, y a manera de ilustración, se resumen algunas experiencias de otros países en materia de definición de políticas y selección de instrumentos para ponerlas en práctica, empleados en la gestión de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos, hasta el año 1995 en que tuvo lugar el Taller de Minimización de Residuos de la OCDE en donde se revisaron estas experiencias.

Ejemplos de enfoques e instrumentos de política empleados en la gestión de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos

País	Enfoques e instrumentos de política
Austria	Hasta 1995 sólo se contaba con un proyecto de legislación al respecto y con legislación vigente respecto a baterías y acumuladores, lámparas y refrigeradores. Tres plantas recicladoras de lámparas facilitan el retorno de éstas por los consumidores. Los fabricantes, distribuidores e importadores de refrigeradores están obligados a recibir de retorno los usados en la compra de uno nuevo; para ello se entrega al comprador un certificado de compra que asegura el retorno del equipo usado.

Manejo de productos eléctricos y electrónicos descartados

País	Enfoques e instrumentos de política
	<p>Los costos de la recepción, almacenamiento y traslado de los equipos usados para enviarlos a procesamiento, se cubren con un sobreprecio en los equipos nuevos.</p>
Francia	<p>En 1992 se inició la preparación de propuestas de manejo de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos con base en un estudio (Estudio Desgeorges) de la situación (aspectos cualitativos y cuantitativos) e implicaciones (por ejemplo, establecimiento de circuitos para su recolección, requerimientos para la valorización de los residuos y financiamiento) al respecto.</p> <p>El estudio indicó que el prorrateo de los costos de los planes de manejo de estos residuos entre los distintos actores podía disminuir la contribución financiera particular de los consumidores.</p>
Alemania	<p>Formulación de un Ordenamiento sobre la Prevención, Reducción y Salvamento de los Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos Usados.</p> <p>Involucra de la misma manera a fabricantes, importadores y distribuidores en la aceptación de los productos usados retornados por el consumidor.</p> <p>El fabricante sólo está obligado a recibir los equipos producidos por él.</p> <p>Los consumidores pagan por el manejo de los equipos comprados antes de la entrada en vigor de la ley.</p> <p>La ley establece gradualidad respecto a fechas y formas de cumplimiento y se basa en los siguientes principios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promoción del uso de materiales ambientalmente aceptables y el diseño de productos fáciles de reparar y dismantelar. • El establecimiento de los sistemas de recolección de equipos usados lo más eficientes posibles. • La promoción del salvamento y usos nuevos de los productos descartados y su disposición en instalaciones apropiadas. <p>La ley aplica a: equipos de oficina personales de procesamiento de datos y comunicación (grande y pequeño); televisores con pantallas de tamaño diagonal superior a 30 cm; grandes equipos electrodomésticos como refrigeradores, estufas y acondicionadores de temperatura; lámparas; equipos de entretenimiento (radios, amplificadores, tocadiscos, etcétera); pequeños equipos electrodomésticos (como cafeteras, procesadores y mezcladores de alimentos); relojes, equipo médico y de laboratorio; máquinas registradoras y proveedoras de dinero; equipo de medición, automatización y control; otros equipos electrodomésticos.</p>
Países Bajos	<p>En 1992 se inició el proyecto sobre Mercancías Blancas y Cafés para crear un sistema de manejo de los equipos eléctricos y electrónicos usados con base en los siguientes principios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maximizar la prevención de la generación y la recuperación del valor de los equipos descartados y la regulación de las corrientes de residuos con componentes peligrosos. • La responsabilidad compartida y diferenciada de fabricantes, importadores, distribuidores, autoridades locales, compañías procesadoras de residuos y otros. • La incorporación de los costos de disposición de los equipos usados al precio de los productos nuevos, tanto como sea posible, considerando el manejo del equipo existente y aún no vendido al momento de legislar la materia.

País	Enfoques e instrumentos de política
Reino Unido	Se formuló un nuevo sistema de licenciamiento para el manejo de residuos que considera el relativo a los equipos eléctricos y electrónicos descartados. En 1993 los Departamentos de Ambiente y de Comercio e Industria anunciaron una nueva iniciativa para alentar a la industria y al comercio a jugar un papel mayor en la reducción de los residuos de este tipo a ser dispuestos en los confinamientos. Junto con ellos se formuló la estrategia correspondiente.

V. Ejemplos de experiencias de manejo de equipos eléctricos y electrónicos

Puesto que el éxito de las políticas y regulaciones tendientes a minimizar la generación de residuos de equipos eléctricos y electrónicos depende en gran medida de las inversiones que se realicen y de la infraestructura y capacidad instalada para la valorización de sus componentes y manejo de sus residuos, es conveniente conocer las experiencias al respecto en los países pioneros en su desarrollo, para lo cual se aprovecha la revisión correspondiente dada a conocer en el trabajo que sirvió de base a este capítulo.

Ejemplos de iniciativas para sustentar la implantación de planes de manejo de equipos eléctricos y electrónicos usados

Iniciativa	Observaciones al respecto
Visión 2000	En septiembre 1996 se inició en la Unión europea el desarrollo de un proyecto que involucró a múltiples empresas (Care 1104) y tuvo una duración de 66 meses en el marco de EUREKAEUROENVIRON. Su propósito fue identificar e implantar un nuevo enfoque para el manejo de los residuos eléctricos y electrónicos, basado en la distribución y estandarización de información destinada a promover la recuperación de materiales valorizables. Su meta consistió en contar con un sistema de manejo de altos volúmenes de estos residuos, de manera costo-efectiva y desempeño ambiental superior.
Actividades de recuperación en España	Se organizó una iniciativa para Equipos de Telecomunicación (interruptores, transmisiones, terminales y sistemas) y Computadoras Industriales. En 1984 abrió la empresa Indumental Recycling S.A., especializada en el desmantelamiento y recuperación de residuos de equipos de telecomunicación en Bilbao, con un reciclaje del 85% de los materiales valorizables (por ejemplo, hierro, cobre, aluminio, zinc y metales preciosos). La planta cuenta con una autorización gubernamental que le permite manejar los componentes peligrosos de los equipos (tales como bifenilos policlorados, capacitores, dispositivos conteniendo mercurio y otros) y con la certificación ISO 9002 y del TUV. En 1994 se inició el desarrollo de una nueva compañía (que vincula a Geerman Hetzel Elektronik Recycling GmbH y a Indumental Recycling S.A.) para tratar residuos de

Manejo de productos eléctricos y electrónicos descartados

Iniciativa	Observaciones al respecto
	<p>equipos eléctricos y electrónicos como equipos de video y sonido y computadoras personales. Sus actividades incluyen el reciclaje del vidrio de las pantallas de equipos y tubos de rayos catódicos, con una revalorización de cerca del 75% y expectativas de alcanzar un 90%, incluyendo el reciclaje de plásticos.</p>
Reino Unido	<p>Una organización industrial denominada Industry Council for Electronic and Electric Equipment Recycling (ICER), se formó en 1992 con el objeto de proporcionar soluciones orientadas a la industria para el manejo ambientalmente adecuado de los residuos de estos equipos. Este grupo incluye empresas como: Digital Equipment, Hewlett Packard, IBM UK, ICL, Northern Telecom Europe, Dow Chemical y British Telecom.</p> <p>El Departamento de Industria y Comercio convino con esta organización el desarrollo de un proyecto piloto de 12 meses para evaluar la recuperación de equipos al final de su vida, basado en un esquema de recolección municipal, en el cual se recuperaron todo tipo de equipos electrodomésticos.</p> <p>Entre los propósitos del proyecto se incluyó la determinación de costos de la recuperación de los equipos y la identificación de los obstáculos que enfrenta dicha recuperación.</p>
Canadá	<p>La mayoría de los equipos electrónicos descartados intactos no son considerados como residuos peligrosos.</p> <p>Los residuos de la trituración de estos equipos que den resultados positivos en la prueba de lixiviación de sustancias tóxicas están sujetos al control establecido por las regulaciones del transporte de materiales peligrosos y de exportación e importación de residuos peligrosos.</p> <p>Hasta 1995, la recolección y disposición de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos estaba a cargo de los gobiernos regionales y municipales, bajo las legislaciones y políticas locales.</p> <p>En algunos casos, organizaciones civiles contribuyen a recolectar los equipos usados para su traslado a los centros de disposición y, en otros, existen iniciativas voluntarias de empresas de manejo de residuos que intervienen en la recolección, desmantelamiento y valorización de los componentes de estos equipos.</p> <p>En algunas provincias se inició el establecimiento de programas de minimización que involucran a este tipo de residuos, instituidos por los gobiernos locales y provinciales.</p>
Refrigeradores	<p>En los Países Bajos, los refrigeradores usados son recolectados por separado del resto de los residuos por contener clorofluorocarbonos (CFCs) como parte de los circuitos de enfriamiento y de las espumas usadas como aislantes.</p> <p>Se han drenado los CFCs de cerca de 200,000 refrigeradores en instalaciones de tratamiento especializadas, con técnicas variadas (se descartan anualmente alrededor de 450,000 y los no procesados en el país se sospecha pueden estar siendo comercializados como productos de segunda mano dentro y fuera del país).</p> <p>También se retiran las espumas aislantes en otras instalaciones y, entre otros, se les somete a procesos de desgasificación de los CFCs y/o se les incinera.</p> <p>El desarrollo de técnicas de reciclaje de los componentes de los refrigeradores permite segregar las sustancias peligrosas contenidas en ellos para su manejo ambientalmente adecuado, como es el caso de los dispositivos a base de mercurio. Las técnicas de reciclaje incluyen el desmantelamiento de los equipos, la separación</p>

Iniciativa	Observaciones al respecto
	<p>de sus componentes, el triturado y aplastado de los mismos y la recuperación de los metales por procedimientos electromagnéticos. Existe un mayor mercado para los metales secundarios, que para los plásticos, vidrio, cables, formica y otros componentes.</p> <p>Los plásticos incluyen una variedad de tipos y en un 50 por ciento pueden ser reusados.</p> <p>El confinamiento sigue siendo la opción más usual para la disposición de los componentes no valorizables.</p> <p>La introducción de nuevas regulaciones al respecto, se espera que incentive la optimización de la valorización de la mayor parte de los componentes de los refrigeradores.</p>
<p>Computadoras personales</p>	<p>Francia: Adicionalmente a su centro de mantenimiento y reparación, Hewlett Packard (HP) opera una instalación para el procesamiento de computadoras usadas en Grenoble (denominada Hardware Recycling Europe), en donde procesa alrededor de 120 toneladas por mes de equipos enviados de toda Europa, y recupera el 93% en forma de componentes, materiales o de energía.</p> <p>La mayoría de los componentes son paneles impresos. Los componentes recuperados son o se obtienen de ellos:</p> <p>Máquinas usadas que se distribuyen con garantía en el mercado de productos de segunda mano.</p> <p>Partes que se venden para reparación de otros equipos.</p> <p>Componentes no apropiados para su reuso para los fines originales pero que se venden para otros usos.</p> <p>Se recupera cobre y plata de los cables, oro de los conectores, mercurio, plata, plomo, níquel, cadmio y litio de las baterías. Los plásticos o metales de las cubiertas de las computadoras son triturados para recuperar metales (hierro, aluminio, cobre) o energía de los plásticos.</p> <p>Italia: En Milán, la empresa DST Logística Sri (una subsidiaria que distribuye productos IBM en Italia) instaló un centro para recuperación de materiales a partir de equipos de procesamiento de datos, que hasta 1995 había procesado 1,000 toneladas por año, incluyendo productos de otras marcas y enviado un 10 por ciento a confinamiento. Los equipos se desmantelan y separan en sus componentes manualmente, se les reacondiciona, utiliza y comercializa como partes separadas (para los mismos u otros usos) o se recupera energía de aquellos con poder calorífico, destinando una mínima parte a confinamiento.</p> <p>La empresa se asoció con otra que opera una planta trituradora (Falck SpA) para recuperar hierro, de equipos electrodomésticos y automóviles usados.</p> <p>Países Bajos: Para proteger la propiedad de la tecnología y asegurar el manejo ambientalmente adecuado de sus productos, la empresa DEC estableció dos centros en New Hampshire –Estados Unidos- y en Nijmegen –Holanda-, a los que pueden retornarse sus productos usados. El destino de éstos incluye su reventa, reuso, reacondicionamiento, remanufactura, y la recuperación de sus componentes valorizables.</p> <p>Su Centro Europeo de Disposición de Materiales (EMDC) en Nijmegen, en 1992 procesó 2,400 toneladas de materiales y 4,200 en 1994, siguiendo varios pasos:</p>

Manejo de productos eléctricos y electrónicos descartados

Iniciativa	Observaciones al respecto
	<ol style="list-style-type: none">1. Inspección del equipo recibido.2. Identificación de sistemas, partes y componentes reusables:<ul style="list-style-type: none">• Los sistemas son reintroducidos al mercado tras de su restauración y de extensas pruebas de calidad.• Las partes separadas se envían a los centros de reparación de equipos tras de su restauración y pruebas de calidad.• Los componentes genéricos se venden para reuso.3. El resto es desmantelado y segregado.4. Vendedores especializados son seleccionados para que se ocupen de los materiales recuperados de conformidad con la normatividad aplicable.5. Recuperación de materiales para su reciclado:<ul style="list-style-type: none">• Metales ferrosos• Metales no ferrosos• Plásticos• Las cintas o discos son reusados, reciclados o tratados térmicamente con recuperación de energía.• Tubos catódicos, el vidrio es reciclado o reusado.• Materiales consumibles de impresoras, regresados al fabricante y reacondicionados para su reuso o desmantelados para recuperación de materiales valorizables.• Empaques.6. Segregación y manejo conforme a la normatividad aplicable, de las sustancias peligrosas.

ANEXO 1

Definiciones y conceptos básicos relacionados con las fases del ciclo de vida de los equipos eléctricos y electrónicos

Términos	Conceptos/definiciones
Manufactura	Incluye la producción de materiales y componentes básicos, su ensamble e integración del producto final. Esta fase involucra una gran variedad de procesos con diferentes características.
Uso	<p>Corresponde a la fase en la cual los productos son empleados por consumidores domésticos y negocios.</p> <p>Un concepto importante a este respecto es la vida promedio del producto, considerada como el periodo en el cual se usa para los fines originales para los que fue producido (lo cual depende del comportamiento del consumidor), a fin de estimar las tendencias en la generación de los residuos correspondientes.</p> <p>Los productos de vida larga dificultan la elaboración de los inventarios de generación de los residuos respectivos a partir de la información sobre su producción que proporciona el fabricante y conocer la composición de los mismos con fines de manejo.</p> <p>En este estudio no se incluyó la consideración a un aspecto importante que es la cantidad de energía requerida durante el uso de estos productos que puede ser equivalente al 65 o 95 por ciento del consumo de energía total en la cadena completa.</p>
Manejo de residuos	<p>Se refiere a todas las operaciones o tratamientos realizados sobre los residuos de productos eléctricos y electrónicos, desde su recolección hasta su disposición final, incluyendo su segregación del resto de los residuos, su reúso y reciclado.</p> <p>En este estudio sólo se cubre el manejo de los residuos generados durante el uso de estos productos y no durante la fabricación de sus partes o su propia manufactura y comercialización.</p>
Actores	<p>Individuos que participan en cada una de las etapas de la cadena de manejo de este tipo de residuos distribuidos de la siguiente manera:</p> <p>Fase de manufactura: productores y proveedores de materiales y componentes; ensambladores e importadores.</p> <p>Fase de distribución: Mayoristas, distribuidores y comerciantes.</p> <p>Fase de uso: Usuarios domésticos y de negocios; compañías de mantenimiento y servicios.</p> <p>Fase de manejo de residuos: Recolectores, operadores involucrados en la segregación de materiales reciclables y disposición de residuos.</p> <p>Fase legislativa: gobiernos locales y nacionales.</p>
Materiales de base	Incluyen tanto materias primas como materiales manufacturados por fuentes primarias y secundarias.
Disposición	Comprende cualquier forma de tratamiento realizada a los residuos para su introducción en el ambiente.

Manejo de productos eléctricos y electrónicos descartados

Términos	Conceptos/definiciones
Productos eléctricos y electrónicos	Son aquéllos a través de los cuales fluye electricidad.
Productos al final de su vida	Son aquéllos que ya no se usan para los fines para los cuales fueron destinados y que no son necesariamente un residuo.
Residuo peligroso	Es aquél definido de esta manera con propósitos legales en las directivas de la Unión europea.
Productos de segunda mano	Son aquéllos que se encuentran en posesión de alguien distinto al comprador o consumidor inicial y que han sido introducidos al circuito de los residuos, pero que no son considerados como tales.
Minimización de residuos	Comprende las actividades destinadas a reducir el impacto ambiental de los residuos (en términos cuantitativos y cualitativos); el concepto incluye la prevención, uso, recolección, reúso, recuperación y reducción del impacto ambiental de las actividades de disposición.

ANEXO 2

Componentes y composición de los componentes de las computadoras

Componentes de una computadora	Composición promedio de una computadora (por ciento por peso)	Composición promedio de paneles con circuitos impresos (por ciento por peso)
Paneles con circuitos impresos Transformadores Baterías Tubos catódicos Cables Estructuras metálicas o de plástico (compuestos por ABS: acrilonitrilo-butadieno-estireno, poliestireno rígido: PE o policloruro de vinilo: PVC) Otros	Paneles de circuitos impresos (10) Tubos catódicos (29)* Cables (5) Plásticos (23) Otros (33)	Plásticos y vidrio (71.1) Elementos químicos (28.8) Cobre (12.53) Estaño (6.23) Hierro (3.90) Plomo (2.94) Níquel (1.31) Zinc (0.96) Aluminio (0.59) Manganeso (0.049) Cromo (0.046) Oro (0.023) Plata (0.021) Antimonio (0.02) Calcio (0.01) Platino (0.008) Cadmio (0.0055) Potasio (0.002)

* Los tubos catódicos están hechos principalmente de vidrio (más de 99% en peso). El vidrio contiene en promedio 60% en peso de silicón.

Fuente: Bundesamt fuer Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Berna 4/92. Citado en: Brands H. y Finzi F. Electrical and Electronic Scrap. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.159-192.

Composición promedio de los refrigeradores*

Manejo de productos eléctricos y electrónicos descartados

Componente	kg
Vidrio	1.00
Plásticos	4.15
Espuma	2.70
Cobre	0.90
Aluminio	1.30
Hierro	23.00
Aceite	0.25
Otros	0.70
Total (promedio por refrigerador)	34.00

*El circuito de enfriamiento contiene entre 80 y 150 gramos de R12 (diclorodifluorometano) más 300 g de aceite mineral o sintético contaminado con R12. El poliuretano empleado como aislante contiene 250 a 450 g de R11 (triclorofluorometano). Los plásticos contienen cerca de 80 % de HIPS (poliestireno de alto impacto); el 20 % restante está formado por ABS, SAN, PE/Polipropileno:PP; PVC y otras sustancias.

ANEXO 3

Plásticos

La mayor parte de los plásticos que componen los productos eléctricos y electrónicos (por peso), entran en la constitución de los estuches, cubiertas y estructuras, y su composición es importante para los tomadores de decisiones involucrados en la gestión de los residuos de estos productos, lo cual implica estar al tanto de cómo evolucionan estos materiales y su contenido en dichos equipos.

La producción de plásticos y su empleo en la fabricación de equipos eléctricos y electrónicos muestra un incremento en la mayoría de los países, por lo que es fácil predecir que la cantidad de estos materiales en los residuos municipales tiende a aumentar. Por ejemplo, las autoras del estudio al que se hace referencia en este capítulo señalan que los plásticos representaron el 15 por ciento de los materiales que entraron en la composición de estos productos en 1980, pero para el año 1995 dicha proporción se representó un 23 por ciento.

Los principales polímeros plásticos empleados por este sector de la industria comprenden: polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (PS), policloruro de vinilo (PVC), copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), polifenolepóxidos (PPO) y varias resinas (fenólicas, epoxídicas, melamínicas, etcétera).

Estos plásticos no se usan ni se distribuyen en la misma proporción en los diferentes productos eléctricos y electrónicos y la información al respecto puede ser considerada como confidencial y no estar accesible. Cuando se utilizan materiales secundarios, la naturaleza de los aditivos que entran en su composición es prácticamente desconocida. Entre los materiales críticos empleados se encuentran aleaciones organo-metálicas, metales pesados empleados en varios estabilizadores, pigmentos y colorantes diazoicos y plastificadores que contienen ésteres fosfóricos. También se usan ampliamente aditivos que retardan la inflamabilidad de los plásticos (FIR).

ANEXO 4

Sustancias peligrosas que pueden entrar en la composición de equipos eléctricos y electrónicos

Sustancias peligrosas	Observaciones al respecto
Mercurio	<p>Tanto puro como en forma de compuestos orgánicos e inorgánicos, puede ser tóxico para seres humanos y provocar transformaciones biológicas de otros organismos vivos, y alteraciones ambientales, que varían en su intensidad y gravedad.</p> <p>Es el único metal líquido a temperatura ambiente, ampliamente utilizado en la fabricación de lámparas, rectificadores, osciladores, interruptores, termostatos, tubos catódicos, baterías y otros.</p> <p>Su empleo es frecuente en sistemas de adquisición y control de datos y de monitoreo electrónico. En la actualidad se busca reemplazarlo con otros iones (arsénico, galio, litio, etcétera).</p> <p>Es fácilmente recuperable y reciclable.</p>
Cobre	<p>Es particularmente tóxico para organismos acuáticos como los peces, por lo que en algunos países se han establecido límites de concentración para protegerlos.</p> <p>Después del hierro y el aluminio, el cobre es uno de los más importantes metales desde la perspectiva tecnológica.</p> <p>La industria de cables es uno de los más grandes consumidores de cobre.</p> <p>En otros usos que conllevan su liberación al ambiente, se le está sustituyendo por otros materiales como zinc, titanio o plásticos. Por ejemplo, la fibra óptica está reemplazando al cobre en la industria de telecomunicaciones. El aluminio compite con el uso del cobre en muchas aplicaciones eléctricas e industriales.</p> <p>Es uno de los metales comunes más reciclados.</p>
Plomo	<p>Es un veneno que produce diversos efectos tóxicos en el organismo humano.</p> <p>Los usos que prevalecen de este metal derivan de sus amplias ventajas al ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistente a la corrosión. • Suave, maleable, pesado, denso y resistente al agua. • El metal que más resiste al paso de la radiación X y gama. <p>En la industria electrónica se le emplea de diversas formas, incluyendo como soldadora, en baterías, cables, superficies protectoras y pinturas (este último uso está disminuyendo).</p> <p>Se le usa frecuentemente como estabilizador del PVC, por prevenir su degradación a bajo costo.</p> <p>Su reciclado es fácil y el plomo secundario tiene amplia demanda.</p>
Clorofluorocarbonos	<p>Estas sustancias están sujetas a las disposiciones del Protocolo de Montreal que plantean su sustitución por otras que no afecten como ellas la capa de ozono que protege al planeta de la radiación ultravioleta del sol.</p> <p>En la Unión europea se impuso una prohibición para su uso que entró en vigencia</p>

Sustancias peligrosas	Observaciones al respecto
	<p>el 1 de enero de 1995, salvo para algunos usos médicos.</p> <p>Entre sus sustitutos para circuitos de enfriamiento se utilizan los HFC134 que, aunque no están considerados en el Protocolo de Montreal parecen contribuir al cambio climático mundial. El propano-isobutano parece ser un sustituto más amigable desde la perspectiva ambiental. Una alternativa a su efecto aislante es el empleo de copentano que no afecta la capa de ozono.</p>

CAPÍTULO 5

Manejo de envases y embalajes

I. Bases para sustentar el manejo

I.1. Consideraciones generales

En los cerca de treinta países que conforman la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), incluyendo México, los envases y embalajes constituyen alrededor de la tercera parte de los residuos domésticos y comerciales, estimándose una generación aproximada de 140 millones de toneladas anuales de este tipo de desechos; aun cuando varía de país a país la proporción generada por habitante.¹⁵ Estas cifras dan una idea de la dimensión del problema de manejo que este tipo de residuos significa para los servicios municipales de limpia, sobre todo tomando en consideración el gran volumen que ocupan (en Alemania se estimó que este tipo de residuos representaba el 50 % del volumen total de los residuos urbanos, al momento de establecer su legislación en la materia)¹⁶.

Sin lugar a duda, los envases y embalajes juegan un papel fundamental en la vida moderna en la medida que proporcionan protección a los bienes de consumo, particularmente a los alimentos a cuya preservación contribuyen. Sin embargo, en los últimos años se han producido embalajes en exceso respondiendo a cuestiones meramente de mercadotecnia y

¹⁵ OCDE. OECD Environment Monographs. Reduction and recycling of packaging waste. No. 62, pág. 16, 1992.

¹⁶ Goeke B. y Chalot F., Waste stream case study 1. Packaging. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. I. Five Waste Streams to Reduce. Marzo 29-31, 1995. pp 15-86.

atracción del cliente, por ejemplo, en Francia el volumen de embalajes en los residuos urbanos se incrementó de 36 kg per capita en 1960 a 120 kg en 1990, lo que significa un aumento de 440 por ciento en comparación con el incremento de 63 por ciento observado para el total de los residuos, lo cual busca ser evitado.

Otra característica particular de los envases y embalajes es su corta vida, lo que lleva habitualmente a desecharlos tan pronto como se extrae de ellos la mercancía que contienen. Es decir, el principal uso de los envases y embalajes es proteger los productos desde el lugar en los que éstos son fabricados, hasta el sitio donde se consumen; aun cuando algunos de ellos tienden a ser reutilizados. Por esta razón, la estimación del volumen de generación de residuos formados por envases y embalajes, se realiza tomando en cuenta directamente el volumen de producción, así como el volumen de importaciones. Asimismo, por esta causa, se puede determinar de inmediato con relativa facilidad la demanda de infraestructura para su manejo, a diferencia de lo que ocurre con productos de más larga vida como los automóviles o los equipos electrodomésticos que no se sabe con precisión cuánto tardarán en descartarse.

1.2. Caracterización de las fuentes generadoras de envases y embalajes

Uno de los aspectos que se requiere tener presente al diseñar un sistema de gestión que responda a las particularidades de este tipo de residuos, es el relativo a las diferencias que existen en cuanto a las fuentes que los generan, las más importantes de las cuales se resumen a continuación.

Características de los residuos de envases y embalajes según las fuentes que los generan

Fuente generadora	Características
Hogares, pequeños negocios y otros sitios comparables a "fuentes domiciliarias de residuos".	El número de sitios generadores de estos residuos es muy grande. La cantidad de envases y embalajes que generan por sitio es muy pequeña. Virtualmente generan envases y embalajes de todos los tipos distintos de materiales con que se producen. Los envases son usualmente de pequeñas dimensiones (por ejemplo, inferiores a 50 litros). Los envases que se desechan suelen estar sucios,

Manejo de envases y embalajes

Fuente generadora	Características
	<p>particularmente si contuvieron alimentos. Los envases y embalajes desechados se manejan junto con los residuos municipales o urbanos.</p>
Industrias y comercios	<p>El número de sitios generadores es relativamente pequeño en comparación con las fuentes domiciliarias. La cantidad de envases y embalajes que generan por sitio es muy grande. Los materiales de que están compuestos los envases y embalajes que desechan, son de muy pocos tipos. Los productos contenidos en los envases y embalajes suelen vaciarse por completo antes de desechar éstos (aunque puede tratarse de materiales peligrosos que los convierten en residuos peligrosos). Los residuos de envases y embalajes generados por estas fuentes suelen manejarse por separado de los residuos sólidos urbanos o municipales.</p>

Goeke B. y Chalot F., Waste stream case study 1. Packaging. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. I. Five Waste Streams to Reduce. Marzo 29-31, 1995. pp 15-86

1.3. Caracterización de los envases y embalajes de acuerdo con los materiales que los conforman

Aunque existen envases y embalajes que están conformados por mezclas de materiales y cuya forma varía considerablemente, en el cuadro se ejemplifican los principales tipos de acuerdo con su composición y características.

Características de los envases y embalajes en función de los materiales que los conforman

Material	Sitios de consumo	Usos	Composición	Opciones de reúso	Métodos de reciclaje	Estado de las metodologías de reciclaje
Vidrio	Hogares y pequeños negocios	Envases de bebidas y alimentos líquidos o semilíquidos	Vidrios de diferente color.	Existen envases de bebidas reusables	Se reciclan los materiales para producir vidrio nuevo	Amplia difusión
Papel y	Comercio	Empaques	Fibra de		Se reciclan	Reciclaje

Manual 3. Valorización de residuos, participación social e innovación en su gestión

Material	Sitios de consumo	Usos	Composición	Opciones de reúso	Métodos de reciclaje	Estado de las metodologías de reciclaje
cartón	s y usuarios finales privados	de cartón para transporte. Envases y embalajes para mercancías en venta.	papel.		los materiales para producir papel o cartón o para generar composta. Recuperación de energía.	ampliamente difundido. La incineración por separado o en conjunto con otros residuos es posible.
Plásticos	Comercios y usuarios finales privados	Empaques para transporte. Amplia variedad de empaques rígidos o flexibles para productos de consumo.	Gran variedad de plásticos: PE, PS, PP, PVC, PET.	Existen envases y contenedores rígidos reusables	Se pueden transformar en otros objetos. Se pueden reciclar para fabricar de nuevo el material plástico original. Se pueden mezclar para producir madera plástica. Recuperación de energía.	Existen métodos convencionales para reciclar en otros productos. Existe una nueva tecnología basada en un proceso de carbón-aceite. La incineración usual es mezclándolos con otros residuos.
Hojalata	Comercios y usuarios finales privados	Latas para bebidas, alimentos y otros productos.	Acero con recubrimiento de estaño.	Reacondionamiento de barriles y otros empaques.	Reciclaje de materiales en la producción de acero.	Amplia difusión
Aluminio	Comercios y usuarios finales privados	Latas para bebidas, alimentos y otros productos. Papel de aluminio para	Aluminio sólo o combinado con papel o plástico		Reciclaje del aluminio para volverlo a usar. Recuperación de energía.	Amplia difusión de métodos de reciclaje. Recuperación de energía posible.

Material	Sitios de consumo	Usos	Composición	Opciones de reúso	Métodos de reciclaje	Estado de las metodologías de reciclaje
		envoltura Recubrimiento de otros envases.				
Compuestos	Comercios y usuarios finales privados	Cartones de bebida. Empaques diversos de alimentos y algunos otros productos.	Pulpa de madera(papel), aluminio y varios plásticos.		Reciclaje total del papel y parcial de los otros materiales. Recuperación de energía.	Amplia difusión de reciclaje de papel. Los otros materiales se suelen reciclar con otros productos de composición similar. Incineración junto con otros residuos.

PE : Polietileno. PS : Poliestireno. PP: Polipropileno. PVC: Policloruro de vinilo. PET: Polietileno tereftalato.
Goeke B. y Chalot F., Waste stream case study 1. Packaging. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. I. Five Waste Streams to Reduce. Marzo 29-31, 1995. pp 15-86

1.4. Problemas asociados a la cantidad y potencial de contaminación de los envases y embalajes

El volumen considerable de residuos de envases y embalajes puede constituirse en sí mismo en un serio problema ambiental, sobre todo cuando son dispuestos inadecuadamente.

Aunado a lo anterior, algunos envases y embalajes pueden contener sustancias potencialmente tóxicas que al liberarse al ambiente contribuyen a la contaminación de éste, como cuando están marcados con pinturas que contienen metales pesados o como los envases fabricados con policloruro de vinilo que se constituye en un precursor de dioxinas al quemarse. Adicionalmente, los envases pueden quedar contaminados con los materiales peligrosos que contuvieron, constituyéndose ellos mismos en residuos peligrosos al

desecharse. Existe una tendencia a reducir o eliminar el contenido de materiales contaminantes en envases y embalajes, tanto por la presión de los consumidores, como por el establecimiento de legislaciones cada vez más rigurosas respecto a su manejo y disposición final. Por estas circunstancias, se tiende a regular por separado los envases y embalajes que por su contenido de materiales peligrosos requieren de un manejo especial.

Puesto que los envases y embalajes por el volumen y cantidad que se genera, plantean problemas para su recolección y transporte y reducen la vida media de los rellenos sanitarios compitiendo con la disposición de otros residuos sólidos urbanos, y por representar un problema ambiental al constituirse en contaminantes potenciales, en los países miembros de la OCDE se considera que debe de aplicarse a su manejo el principio del que contamina paga y crear sistemas para su gestión independientes de los servicios tradicionales de limpia.

1.5. Factores que pueden incidir en el volumen de envases y embalajes desechados

En el cuadro se mencionan, a manera de ejemplo, algunos de los factores que pueden contribuir a que se incremente la cantidad de residuos constituidos por envases y embalajes o que, por el contrario, pueden influir en que disminuya ésta.

Factores que inciden en el volumen de residuos constituidos por envases y embalajes

Factores que pueden incrementar la generación	Factores que pueden reducir la generación
a) Número creciente de consumidores.	a) Avances tecnológicos en la manufactura de envases y embalajes.
b) Incremento de la capacidad de gasto de los consumidores.	b) Carencia de infraestructura para disponer de estos residuos e incremento de sus costos.
c) Globalización del comercio.	c) Aumento en el largo plazo de los precios de los materiales primarios y secundarios con los que se fabrican.
d) Aumento en requerimientos de calidad de los productos envasados o empacados.	d) Mayor conciencia ambiental por parte de los consumidores.
e) Mayor empacamiento de productos caseros.	e) Temor de los industriales y comerciantes por la intervención en los mercados de autoridades ambientales.
f) Crecimiento de comida rápida empacada.	f) Nuevas tecnologías para su reciclaje.

Goeke B. y Chalot F., Waste stream case study 1. Packaging. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. I. Five Waste Streams to Reduce. Marzo 29-31, 1995. pp 15-86

1.6. Enfoques para evitar o reducir la cantidad de envases y embalajes

En el cuadro se muestran dos alternativas para evitar o reducir la cantidad de envases y embalajes, que finalmente terminan convirtiéndose en desechos. Cabe señalar, sin embargo, que cada una de las alternativas tiene ventajas y desventajas o implicaciones colaterales que hay que analizar antes de seleccionar la que mejor convenga en el caso particular.

Alternativas para prevenir o reducir la generación de envases y embalajes

Prevención de la generación	Reúso y reciclado
a) Abandono por completo del empaque.	a) Reutilización de los envases y embalajes en sus usos originales.
b) Reducción del material utilizado en empaque, por ejemplo, utilizando materiales más delgados o que se adapten al volumen del producto que contienen.	b) Utilización de los envases y embalajes para otros usos distintos a los originales.
c) Diseño del empaque para facilitar su reciclaje, por ejemplo, no empleando combinaciones de materiales.	c) Remanufactura para transformarlos en otros objetos.
d) Utilización de material reciclado en lugar de materia virgen en la producción de los envases y embalajes.	d) Reciclaje de los materiales que los componen para generar materiales secundarios que pueden servir para fabricar otros envases y embalajes u otros productos.
	e) Reciclaje para generar composta u otro tipo de nutrientes.
	f) Recuperación de energía.

Goeke B. y Chalot F., Waste stream case study 1. Packaging. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. I. Five Waste Streams to Reduce. Marzo 29-31, 1995. pp 15-86

1.7. Papel de los distintos sectores involucrados directa o indirectamente en la generación de residuos compuestos de envases y embalajes.

Para establecer sistemas de gestión apropiados para el manejo de los residuos generados por los envases y embalajes, es preciso caracterizar a los actores y sectores involucrados, a fin de que cada uno de ellos participe de manera corresponsable pero diferenciada, en la formulación e instrumentación de los planes de manejo correspondientes; por ello, se incluye en el cuadro una lista de posibles actores y el tipo de acciones en las que intervienen o pueden intervenir.

Actores y acciones a considerar al establecer planes para el manejo de los residuos de envases y embalajes

Actores	Acciones
Fabricantes y proveedores de envases y embalajes y de los materiales que los conforman.	Reducción del material empleado en la fabricación de envases y embalajes. Diseño apropiado para su reciclado. Utilización de materiales reciclados. Desarrollo de sistemas de empacado innovadores y generadores de menos residuos.
Industria fabricante de bienes de consumo.	Rechazo de sobreempacado o de componentes superfluos de embalaje. Utilización de contenedores reusables, cuando esto sea ambientalmente adecuado. Uso de empaques que ahorren materiales y sean fáciles de reciclar.
Comercio al por menor	Venta de mercancías sin empacar. Preferencia por empaques reusables. Preferencia por empaques que contengan poco material o que sean reciclables. Difusión de información alusiva al consumidor.
Consumidor	Preferencia por mercancías sin empaque. Uso de contenedores reusables. Uso de sistemas para la recolección por separado de los residuos de envases y embalajes.
Empresas a cargo de los servicios de limpia	Recolección por separado de residuos de envases y embalajes con propósito de reciclado. Incineración con recuperación de energía de los envases y embalajes que no se puedan reciclar. Difusión de información alusiva al consumidor.
Compañías recicladoras.	Desarrollo de métodos de reciclaje e incremento de la capacidad de reciclaje. Apertura de mercados para los productos reciclados.

Goeke B. y Chalot F., Waste stream case study 1. Packaging. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. I. Five Waste Streams to Reduce. Marzo 29-31, 1995. pp 15-86

II. Legislación europea de envases y residuos de envases

II.1. Directiva de la Unión europea

Dado que los países que conforman la Unión europea (UE) se rigen por la Directiva 94/62 sobre Envases y Residuos de Envases (que entró en vigor el 30 de junio de 1996), ésta se constituye en una legislación modelo y puede servir de ejemplo de la forma en que se ha regulado esta materia en algunas regiones del mundo; aunque, para los fines que persigue el presente documento, sólo se destacarán algunos de los aspectos más relevantes de esta Directiva, como son los que se describen a continuación.

Se trata de una legislación que cubre todos los envases comercializados en la UE y que busca armonizar las medidas nacionales sobre gestión de envases y residuos de envases, a fin de prevenir o reducir su impacto sobre el medio ambiente y de garantizar el funcionamiento del mercado interior, evitando obstáculos comerciales.

Respecto de las metas a alcanzar en materia de minimización de la generación de residuos, la Directiva establece los siguientes:

- **Recuperación:** 50% como mínimo y 65% como máximo.
- **Reciclaje:** 25% como mínimo y 45% como máximo.
- **Reciclaje por material:** 15% como mínimo.

II.2. Aplicación de la directiva de la Unión europea en España

A manera de ejemplo de cómo se traduce la legislación de la Unión europea a nivel nacional, se resumirán a continuación algunos de los elementos relevantes de la Ley 11/1997, del 25 de abril de 1997, que traspone la Directiva 94/62/EC a España.

La legislación española cubre todo tipo de envases (comerciales, industriales y de consumo, tanto primarios como secundarios y terciarios, ya sea para productos sólidos o líquidos, alimentarios o no alimentarios) y establece como metas intermedias de reciclado (además de las previstas en la Directiva): 15% mínimo en peso y 10% mínimo para cada material.

Esta Ley, se complementa con la Ley 10/1998 de Residuos, del 21 de abril de 1998 que, entre otros, establece el rango legal de los Planes Empresariales de Prevención, así como con su reglamento correspondiente (Reglamento de la Ley 11/97), y otra serie de ordenamientos a través de los cuales se regula el sistema de depósito, devolución y retorno y se determinan las medidas fiscales, administrativas y de orden local aplicables. El enfoque que se adopta en la Ley en relación con los distintos tipos de envases es el siguiente:

Envases industriales y comerciales: La Ley atribuye al proveedor la responsabilidad de dichos envases, a no ser que la transmita al poseedor final, el cual deberá entregar dichos residuos debidamente clasificados a un gestor autorizado.

Envases reutilizables: Los sistemas privados que se ocupan de su manejo requieren de aprobación por las autoridades.

Envases de consumo: A este respecto existen dos opciones:

- Sistema de Depósito, Devolución y Retorno (DDR).
- Sistemas Integrados de Gestión (SIG).

II.2.1. Sistemas integrados de gestión

Este tipo de sistemas tiene como finalidad la recolección periódica de envases usados y residuos de envases.

Estos sistemas se operacionalizan mediante convenios de colaboración con las “Entidades Locales”, las cuales se comprometen a realizar la recolección selectiva de los residuos de envases usados y residuos de envases, para trasladarlos a los centros de separación y clasificación o, en su caso, llevarlos directamente a las plantas de reciclaje o valorización correspondientes.

Los mecanismos financieros que aseguran el funcionamiento de estos sistemas, involucran la aportación por los envasadores de una cantidad por cada producto puesto por primera vez en el mercado nacional, con lo cual se financia a las entidades locales la diferencia de

costos entre el sistema ordinario de recolección y el sistema de gestión regulado en la Ley (recolección selectiva).

Las autoridades locales competentes son las que autorizan los SIG y se lo comunican al Ministerio de Medio Ambiente. A su vez, los envases sujetos a estos sistemas deben de llevar un símbolo que los acredite como tales.

El organismo empresarial creado para ocuparse de la tarea antes señalada y para firmar los convenios de cooperación con los municipios (responsables legales de la gestión de los residuos y de implementar sistemas de recolección selectiva de envases), se denomina ECOEMBES. Dicho organismo abona su contribución financiera al funcionamiento del sistema en función de las toneladas recolectadas y separadas, además de ofrecer asistencia técnica al respecto.

Los factores claves en el funcionamiento de este sistema a nivel municipal son:

- La conciencia ciudadana.
- La tarifa punto verde.
- El marcado de los envases para su distinción.
- Los contenedores para el acopio de los envases usados y los residuos de envases.
- El transporte correspondiente.
- Las plantas de selección.

Las responsabilidades dentro del sistema se distribuyen como sigue:

Entidades locales: Recolección, transporte, selección.

Industria: Financiación de los costos extras que introduce el sistema.

Las responsabilidades dentro de la industria se distribuyen como sigue:

- **Envasadores/importadores:** Aportan el ingreso por la aplicación del punto verde.
- **Distribuidores:** Controlan la adhesión al sistema.
- **Fabricantes de envases:** Garantizan el reciclado.

Las actividades de ECOEMBES se financian con las cuotas de las empresas adheridas, a la vez que se fija una tarifa por cada material de envase puesto en el mercado, la cual se calcula de acuerdo al tipo de material y del peso del envase particular (en el caso de

envases de vidrio se calcula por volumen). Por tratarse de un organismo sin ánimo de lucro, los ingresos que lleguen a exceder los gastos, se trasladan al ejercicio siguiente.

En lo que respecta al cálculo de la tarifa del punto verde, éste incluye la consideración al costo directo más el costo indirecto y el costo directo se estima para cada tipo de material de envase, en el seno de cada "Comisión de Materiales" (papel/cartón, Tetra Brik, plásticos, PET, acero, aluminio y madera). Por su parte, el costo directo incluye el costo de la recolección más el costo de selección, tomando en cuenta el precio de recompra del material secundario (el envase recolectado y separado). Los costos indirectos en 90% son función del costo directo y 10% son función de las toneladas recolectadas.

En el cuadro se describen las tarifas del punto verde fijadas por ECOEMBES en 2002 para los distintos materiales de los envases, expresadas en EUROS por kilogramo.

Ejemplos de tarifas del punto verde en 2002 en función de los materiales de los envases

Material	EUROS/kg
Papel y cartón	0.034
Acero	0.031
Aluminio	0.051
Plásticos	0.118
PET	0.118
Tetra Brik	0.083
Madera	0.018
Vidrio (según volumen)	0.0024 (<125 ml)

J. Santafé. Ecoembalajes España S.A., Seminario Internacional. Residuos Urbanos: Un Problema Común. "Compartiendo Experiencias y Encontrando Propuestas". México, 13 de marzo de 2003.

CAPÍTULO 6

El reciclaje de plásticos

1. El origen e importancia de los plásticos

Los plásticos se encuentran entre los materiales cuya introducción al comercio en el siglo XX ha encontrado una multiplicidad de aplicaciones que los han hecho penetrar en todas las esferas de la vida en la sociedad moderna y, con ello, también se les encuentra formando parte de una multitud de productos que se descartan y van a parar a la basura, cuando no al “paisaje” por la práctica común y desafortunada de tirar los residuos por doquier.

Sin embargo, se trata de materiales diversos con un potencial variado de reciclabilidad que conviene conocer, por lo cual es preciso repasar algunas de sus características más sobresalientes que constituyen su denominador común, así como las que les hacen distinguirse unos de otros. Es importante hacer notar que sin los plásticos se requeriría 400 por ciento más material –por peso- y 200 por ciento más –por volumen- para fabricar embalajes y su uso en la fabricación de automóviles ha contribuido a reducir considerablemente el peso de éstos y, con ello, el consumo de combustibles.

En primer lugar, destaca el hecho de que se trata de materiales sintéticos derivados del petróleo, el gas y el carbón, constituidos por el enlace entre una serie de unidades moleculares consideradas como “monómeros” que forman cadenas lineales o cruzadas –que determinan sus propiedades físico-químicas y su viscosidad-, a las cuales se denomina “polímeros”. Cabe señalar que también se fabrican polímeros a base de almidón o celulosa con propiedades y usos variados (biopolímeros).

La reciclabilidad, así como la degradabilidad bioquímica o física de los plásticos, depende de sus propiedades, en tanto que la cantidad de plásticos en el mercado depende de los

costos y la disponibilidad de los combustibles fósiles. Un hecho relevante, es que los plásticos son sustancias químicas dotadas de energía química en sus enlaces, por lo que puede aprovecharse su poder calorífico para generar energía.¹⁷

II. Características de los plásticos que ingresan al comercio e influyen en su reciclabilidad

Puesto que la reciclabilidad de los distintos materiales plásticos depende de su composición y estructura de sus cadenas que les confieren propiedades diferentes, se han establecido en México¹⁸ y otros países normas voluntarias que asignan un número distinto a cada uno de ellos para distinguir los plásticos que entran en la composición de los productos y facilitar su segregación, acopio y reciclaje, como se indica en el cuadro siguiente.

Distinción numérica de los distintos materiales plásticos que entran en la composición de productos de consumo

Número	Abreviatura	Nombre completo
1	PET	Polietilén tereftalato
2	PEAD	Polietileno de alta densidad
3	PVC	Policloruro de vinilo
4	PEBD	Polietileno de baja densidad
5	PP	Polipropileno
6	PS	Poliestireno
7	Otro	Por ejemplo, poliuretano (PU), acrilonitrilo-butadienoestireno (ABS), policarbonato (PC) o biopolímeros.

Algunas de las características, usos, potencial de reciclabilidad y materiales peligrosos empleados en la fabricación o que entran en la composición de los plásticos referidos previamente aparecen resumidos en el siguiente cuadro. Es importante hacer notar que la tendencia en la actualidad, por la presión que ejercen las regulaciones ambientales, es a sustituir los materiales peligrosos señalados, a fin de evitar que se liberen al ambiente

¹⁷ Catalá Rodas R.M., Los Plásticos en Tu Vida. Manual del Maestro. Secretaría de Educación Pública, Coordinación General de Actualización y Capacitación para Maestros en Servicio, Comisión de la Industria del Plástico Responsabilidad y Desarrollo Sustentable, Asociación Nacional de la Industria Química. 2000.

¹⁸ Norma Mexicana: NMX...

durante los procesos de reciclaje o de generación de energía a partir de los productos plásticos.

Ejemplos de características, uso, ingredientes usados en su fabricación y reciclabilidad de algunos plásticos y biopolímeros

Tipos de plástico	Reciclabilidad potencial	Otra información relevante
PET	Es el plástico más comúnmente reciclado	Se emplea en envases y botellas de bebidas y alimentos y otros muchos usos. En su fabricación pueden intervenir estabilizantes, retardantes de flama, pigmentos y aditivos e incluso metales pesados como catalizadores.
PEAD, PEBD, PP	Tienen alto potencial de reciclaje	Tienen una multiplicidad de usos, en muchos de los cuales pueden reemplazar al PVC. En su fabricación pueden intervenir aditivos y antioxidantes. El etileno y propileno empleados en su fabricación son altamente inflamables y explosivos. En el caso del PP frecuentemente se emplea cloro.
PVC	Su reciclaje es difícil	Se emplea, entre otros, en la fabricación de tuberías rígidas y perfiles, juguetes, pisos, loseta, tapicería, envases, calzado, cables y película. En su fabricación se utilizan cloro y aditivos.
PU	La espuma de PU flexible es reciclable en otros productos de alta calidad	Se emplea principalmente como aislante. En su fabricación se utiliza cloro y otros productos intermedios peligrosos. Su degradación en el suelo genera lixiviados tóxicos.
PS, ABS, PC	El PS puede ser técnicamente reciclado pero con tasas de recuperación bajas que tienden a incrementarse. El ABS es difícil de reciclar. Se han diseñado procesos para recuperar el PC para la producción de productos de menor calidad.	En la producción de PS se utilizan sustancias cancerígenas como el benceno y otras como el estireno y el 1-3 butadieno. El ABS es un plástico duro empleado en tuberías, defensas de automóviles y juguetes. En su fabricación se emplea butadieno, estireno y acrilonitrilo. El PC entra en la composición de discos compactos y garrafones de agua. En su fabricación se emplean materiales peligrosos como el fosgeno, cloroetano, clorobenceno y el bisfenol-A. Se estudia la posibilidad de reemplazar estos materiales.
Biopolímeros	Alta reciclabilidad	Estos plásticos son biodegradables y se utilizan frecuentemente en la envoltura de alimentos.

Fuente: Los plásticos y su reciclaje. En: El Mercado del Reciclaje. Sept-octubre 2001. Páginas 2 y 3.

III. La experiencia de Estados Unidos sobre reciclaje y manejo de plásticos

La página Web de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos es una fuente valiosa de información para ilustrar el comportamiento de los mercados del reciclaje de plásticos, conocer las mejoras que se están introduciendo en los procesos de fabricación, valorización y disposición final, tanto por fines ambientales, como para incrementar la competitividad de los productos plásticos y de las empresas involucradas en su procesamiento.¹⁹

Por lo anterior, se utilizó dicha fuente de información para establecer un marco de referencia que permita poner en perspectiva la experiencia mexicana en este campo.

III.1. Tendencias recientes en Estados Unidos

III.1.1. Tendencias de la industria del reciclaje de plásticos

La industria del reciclaje de plásticos es relativamente nueva en Estados Unidos y tuvo un despegue rápido y activo a inicios de la década de 1990; esto se ha visto reflejado en un incremento de cerca del triple en el número de negocios que manejan y recuperan los plásticos postconsumo, de los cuales existen más de 1,700 (en 1986 existían alrededor de 310).

Para mejorar la eficiencia y reducir los costos, la industria se ha enfocado a mejorar sus tecnologías de proceso con objeto de reducir la liberación de contaminantes al ambiente e incrementar la calidad de los productos, así como para ajustar sus productos a las especificaciones de los mercados.

¹⁹ Ver sección "Waste" en la página Web (epa.gov.mx) Search JTRnet Archives. Organizations. Resources and Reports JTR Grants y ligas con el American Plastics Council Inc.

III.1.2. Tendencias del reciclaje de plásticos

Los precios de los plásticos reciclados mostraron una disminución a mediados de la década de 1990 por la alta disponibilidad y bajos precios de los materiales vírgenes; como resultado, los precios de los plásticos recuperados y reutilizados se han mantenido históricamente bajos a fin de sostener su competitividad.

En el cuadro siguiente se resumen los datos que reportan el Consejo de la Asociación del Plástico y la Agencia de Protección Ambiental (EPA), respecto al comportamiento del reciclaje de distintos materiales fabricados con plásticos.

Tendencias del reciclaje de plásticos en Estados Unidos

Tipo de plástico	Porcentaje de reciclaje
PET y PEAD	Constituyen más del 67 por ciento de los plásticos postconsumo reciclados. En 2000, las botellas de refrescos fabricadas con PET tuvieron una tasa de reciclado de 34.9 por ciento, mientras que los contenedores de PEAD se reciclaron en un 30.4 por ciento.
PS, PE, PEBD	El reciclamiento de embalajes fabricados con estos materiales, aunque menor que el de PET y PEAD, continúa aumentando.

Aunado a lo anterior, la EPA informa que más de un billón de libras de plásticos postconsumo -que no constituyen botellas- fueron reciclados en 1998, incluyendo cajas de acumuladores, bolsas de película plástica, cajas de madera plástica y películas de rayos X.

III.2. Principales consumidores y usos más importantes de los plásticos reciclados

Alrededor del 60 por ciento de los productos y envases plásticos son consumidos en la agricultura, comercio, industria y sectores institucionales de los negocios. Por lo tanto, el sector comercial, que incluye entre otros a establecimientos distribuidores y mayoristas, hoteles, edificios de oficinas, aeropuertos y estaciones de trenes, así como otro tipo de tiendas o servicios, representan una fuente potencial significativa de plásticos para reciclar.

Entre los principales tipos de materiales plásticos recuperados de fuentes comerciales durante años incluyen: macetas y charolas, recipientes de refrescos y leche, contenedores de alimentos, tambores industriales y película elástica.

Recientemente, grandes cantidades de embalaje flexible de plástico, como envolturas de tintorerías, se han estado recuperando para reusarlas. Aunado a ello, las industrias de electrónica e información, han implantado programas para recuperar los plásticos de sus mercancías durables, como computadoras y máquinas de oficina.

Los principales usos del PET y del PEAD reciclados en Estados Unidos, se describen en el siguiente cuadro.

Principales usos del PET y PEAD reciclados en Estados Unidos

Material plástico	Principales usos
PET	Fabricación de fibra poliéster para alfombras y ropa
PEAD	Fabricación de botellas para detergentes, aceite de automóviles, y cosméticos (por ejemplo, champús), películas, tuberías de drenaje y maderas plásticas.

La industria de la madera plástica, en particular, continúa creciendo, produciendo materiales durables y eficientes. En un esfuerzo por aumentar la confianza del consumidor y las ventas, la industria de la madera plástica continúa trabajando para desarrollar estándares y especificaciones para sus productos. Asimismo, el PET está siendo usado para fabricar fibras para ropa de exteriores, correas y envolturas transparentes y un reciclador está usando plásticos de computadoras de desecho para fabricar un nuevo tipo de relleno para autopistas.

III.3. Principales barreras al reciclaje de plásticos

De acuerdo con la EPA, las más importantes barreras al crecimiento del reciclado de los plásticos incluyen:

- La falta de mercados de valor agregado.
- La consistencia en la calidad y cantidad.

- Los altos costos del transporte de los plásticos recolectados.

III.4. Oportunidades de reciclaje a través de iniciativas de “Diseño para el Ambiente”

El Consejo de la Asociación del Plástico de Estados Unidos trabaja con los consumidores de plásticos que fabrican productos y embalajes con éstos, para desarrollar técnicas y procedimientos más costo-efectivos y eficientes para mejorar su reciclabilidad.

Durante el periodo 1990-1998, la industria del plástico invirtió más de un billón de dólares para lograr mayores tasas de reciclaje de estos materiales y el Consejo de la Asociación del Plástico se vincula con comunidades y negocios para promover esta actividad. Es importante hacer notar que entre 1990 y 1996 la cantidad de residuos que fueron a parar a los rellenos sanitarios disminuyó en más de un 17 por ciento (en peso).

A continuación se muestran algunos ejemplos de los proyectos apoyados por esta Asociación.

III.4.1. Reciclaje colectivo de plásticos del sector manufacturero

Se trata de un proyecto en el cual la Asociación estableció en 1996 una alianza con WasteCap de New Hampshire –una asociación de negocios e industrias de cobertura estatal- para desarrollar un proyecto con un grupo de fabricantes de paneles de circuitos electrónicos de la entidad que constituyó un consorcio para “recuperar de manera costo-efectiva sus embalajes especializados de plástico”.

Este consorcio exitoso ha logrado recolectar y comercializar cerca de 350,000 libras de plásticos por año en New Hampshire y se encuentran en proceso de expandir el proyecto e involucrar a otros fabricantes de Massachusetts. Tratándose de compañías involucradas en el mismo negocio, cualquier grupo de fabricantes pueden ser atraídos si producen el mismo tipo de materiales reciclables y son vecinos de la misma área geográfica; para ello, han elaborado y puesto a disposición por medios electrónicos un documento sobre “Cómo Hacerlo”.

Esta alianza ha resultado en beneficios ambientales y ahorros en los costos básicos de las compañías individuales involucradas en el esfuerzo colectivo por reciclar partes de equipos electrónicos fabricadas con plásticos.

La asociación de plásticos, a su vez, tiene a la disposición de los interesados en saber qué hacer con los plásticos de las computadoras descartadas, un informe al que pueden acceder a través de su página Web ligada a la página de la EPA. Asimismo, ha elaborado y difunde una “Guía de Diseño para Equipo para Información y Tecnología”, que aborda criterios ambientales de diseño para ingenieros y otras personas interesadas.

III.4.2. Reciclaje innovador de alfombras

Millones de libras de alfombras usadas descartadas han sido desviadas de ir a parar a los rellenos sanitarios por una compañía innovadora –Collins & Aikman Floorcoverings, que desarrolló un programa al que denominó “Iniciativa Infinita” destinado a triturar, granular y reciclar los pelets de las alfombras recuperadas, con los cuales fabrica topes para estacionamientos exteriores y pisos industriales. Estos nuevos productos han resultado ser más resistentes, irrompibles y de difícil deterioro que los originales.

La industria Dupont –inventora del nylon en 1938- también cuenta con un programa denominado “Programa Dupont de Recuperación de Alfombras”, establecido a nivel nacional y basado en un sistema integral que retira y reemplaza alfombras comerciales (independientemente del fabricante original, del tipo de fibra o método de fabricación) para evitar que se lleven a sitios de disposición final, reciclándolas para su uso como autopartes, pisos industriales, materiales para prueba de sonido y relleno de cojines.

Por su parte, la compañía BASF tiene su propio programa de reciclaje de sus propias alfombras denominado “6 de Nuevo: Programa de Reciclado con Todas las Opciones”, a partir de 1994. Se trata de un programa integral que proporciona opciones de reciclaje de alfombras -alternativas a su disposición final- a través de Estados Unidos y Canadá, basado en un proceso patentado de reciclado de las fibras “Nylon 6” en 180 tipos de nuevas fibras de nylon 6 disponibles en el comercio (consultar la página: www.BASF.com).

III.4.3. Reciclaje de partes de automóviles fabricadas con plásticos

La asociación de plásticos ha dedicado parte de su Programa de Materiales Duraderos al área de los automóviles junto con los mayores fabricantes y el organismo denominado “Alianza para el Reciclaje de Vehículos”, a fin de desarrollar, promover y apoyar prácticas responsables de manejo de plásticos contenidos en los vehículos descartados con un enfoque de ciclo de vida, resaltando su racionalidad ambiental y económica.

Ejemplo de esta iniciativa es la recuperación y reciclaje de las espumas de relleno de los asientos de vehículos, dado el potencial de aprovechar sus propiedades acústicas y construir barreras a la propagación del sonido, principalmente mediante la fabricación de alfombras de automóviles.²⁰

La asociación de plásticos proporciona información adicional sobre reciclaje de plásticos de automóviles en su sitio (www.plastics-car.com).

²⁰ Consultar página Web (www.polyurethane.org/about_api/api_issue_groups/poly_recycle/reports/report1.html).

CAPÍTULO 7

Cómo mejorar los negocios de galvanoplastia minimizando y aprovechando sus residuos

I. Ahorros y ganancias con la prevención de la generación y la valorización de residuos

Los programas tendientes a lograr la prevención de la generación, la valorización y el manejo integral de residuos, se enfocan prioritariamente tanto a los residuos que resultan de la eliminación de productos de amplio consumo que han agotado su vida o perdido su valor a los ojos de quiénes los poseen, como a aquellos generados en el curso de actividades productivas, particularmente cuando el manejo inadecuado de éstos conlleva riesgos significativos para el ambiente y la salud de la población.

Ejemplos del primer caso, son las actividades que buscan valorizar los residuos de llantas usadas, automóviles al final de su vida útil, acumuladores eléctricos, equipos eléctricos y electrónicos y envases, a las que se hace referencia en otros capítulos de este manual.

En tanto que el segundo tipo de actividades se ilustrará con la descripción de las oportunidades para evitar la generación de residuos en los procesos de galvanoplastia, de aprovechar aquellos que sean susceptibles de reúso y reciclado, completando el análisis con el planteamiento de vías para dar un manejo ambientalmente adecuado a aquellos residuos que no puedan aprovecharse. Con ello, se pretende destacar el hecho de que los

negocios de galvanoplastia pueden mejorar e incrementar su competitividad, al mismo tiempo que optimizan su desempeño ambiental.

La información que sirve de base para la descripción de los procesos de galvanoplastia y las experiencias de minimización y manejo integral de sus residuos, ha sido tomada del trabajo sobre los residuos de la galvanoplastia presentado en el Taller de Minimización de Residuos organizado por la OCDE en 1995.²¹

II. Importancia y características de las actividades de galvanoplastia

La importancia que se acuerda a los procesos de galvanoplastia en el marco de los programas de minimización y valorización de residuos deriva, entre otros, de que gran parte de los productos metálicos o de sus partes, que se encuentran en el comercio, requieren de una manera o de otra estar sujetos a este tipo de procesos (ver cuadro 7.1) y en ellos se generan emisiones al aire, descargas de aguas residuales y residuos sólidos, que pueden tener amplios impactos ambientales (ver cuadro 7.2).

Cuadro 7.1. Productos manufacturados que requieren de procesos de galvanoplastia y acabado de metales

Productos sometidos a galvanoplastia y acabado de metales	Ejemplos
Productos metálicos	Latas, herramientas, muebles y cierres.
Maquinaria común	Motores, equipo agrícola, equipo de construcción y maquinaria industrial.
Equipos electrodomésticos	Lavadoras, refrigeradores, aparatos pequeños de cocina
Equipos electrónicos	Computadoras, equipo de oficina y de audio.
Equipo para transportes	Automóviles, camiones pesados, ferrocarriles, barcos, aviones y naves espaciales.
Otros bienes de consumo	Joyería, instrumentos musicales y juguetes.

²¹ Haile B. M., Metal Plating Waste. En: OECD Washington Waste Minimization Workshop. Vol. 1. Five Waste Streams to Reduce. OCDE 1996, pp.273-300.

Cuadro 7.2. Principales constituyentes y contaminantes liberados en los procesos de galvanoplastia y acabado de metales

Constituyentes principales	Emisiones, descargas y residuos sólidos generados
Solventes: 1,1,1-Tricloroetano Tricloroetileno Percloroetileno Clorofluorocarbonos Cloruro de metileno Acetona Tolueno Metil etil cetona Metil isobutil cetona	Emisiones al aire: Liberación de solventes del desengrasado. Cromo.
Metales: Cianuro Cromo Cadmio Níquel Aluminio Cobre Hierro Plomo Estaño Zinc	Aguas residuales: Agua de enjuagado. Baños gastados. Materiales retirados de los scrubber Fondos de la recuperación de solventes
	Residuos sólidos y peligrosos: Residuos de solventes: <ul style="list-style-type: none"> • Solventes gastados y contaminados • Fondos de la recuperación de solventes Soluciones de proceso gastadas: <ul style="list-style-type: none"> • Limpiadores alcalinos. • Soluciones ácidas. • Soluciones del cromado Lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales

Para dar una idea de la importancia de este sector industrial, es útil saber que en Estados Unidos, en 1995, existían alrededor de 10,000 procesos de galvanoplastia “cautivos” dentro

de plantas manufactureras de productos metálicos y unos 3,500 “talleres” que se ocupan de someter a galvanoplastia y dar el acabado a productos metálicos de otras empresas. La mayoría de ellos corresponden a empresas pequeñas, les siguen las empresas medianas (con alrededor de 35 empleados) y unas cuantas compañías grandes con unos 65 operarios.

Las plantas promedio descargan aproximadamente 37,000 galones por día de aguas residuales y las medianas unos 14,500. La mayor parte son relativamente nuevas de acuerdo con los estándares industriales y tienen en promedio 28 años de antigüedad.

Una peculiaridad de estas actividades es que involucran procesos que son muy similares de una industria a otra. Por lo general, el acabado de metales se realiza una vez que los productos metálicos o sus partes han cobrado forma, han sido forjados, taladrados, volteados, martillados, fundidos, etcétera.

Al proceso de acabado se le define como: “cualquier operación final aplicada a la superficie de un producto metálico, para alterar las propiedades de su superficie con varios propósitos”, tales como:

- Incrementar la resistencia a la corrosión o abrasión.
- Modificar su apariencia.
- Facilitar la adhesión de otros materiales (por ejemplo, otros metales, pinturas, lacas, aceites).
- Incrementar las características de fricción.
- Agregar dureza.
- Mejorar su soldadura.
- Dotar de propiedades eléctricas específicas.
- Mejorar la utilidad del producto.

El acabado común de los metales involucra pintura, laca, recubrimiento con cerámicas y su chapeado. Los procesos de tratamiento y chapeado de las superficies metálicas consisten en la inmersión de las piezas metálicas en distintos baños que contienen varios tipos de reactivos que les dan el acabado deseado y su enjuague al salir de dichos baños. Esto puede realizarse manual o automáticamente, dependiendo del nivel de sofisticación y modernización de las plantas. Los tratamientos de las superficies metálicas incluyen procesos de conversión química o electroquímica, endurecimiento, recubrimiento metálico y químico, mediante tres pasos básicos:

1. **Limpieza o preparación de las superficies**, involucrando solventes, limpiadores alcalinos, materiales abrasivos y/o agua.
2. **Modificación de las superficies**, lo que implica algún tipo de cambio en sus propiedades, mediante la aplicación de una capa de metal o de endurecedor.
3. **Enjuagado** u otro tipo de operaciones, para dar el acabado final.

Entre estos tratamientos destaca el recubrimiento metálico de las superficies, a través de procedimientos variados tales como difusión del recubrimiento, técnicas de rociado, deposición de vapores y recubrimiento al vacío. El hecho de que estos procesos no involucren soluciones acuosas –como los otros- ofrece un potencial de prevención de la contaminación mayor.

III. Tipos de residuos liberados en actividades de galvanoplastia

Uno de los rasgos distintivos de los procesos de galvanoplastia es que la gran mayoría de las sustancias empleadas terminan formando parte de los residuos que se generan en estas actividades, por la alta ineficiencia en el uso de los materiales en sus procesos.

Por lo general, las aguas residuales que resultan del enjuague de las piezas metálicas al salir de los baños de reactivos en los que se sumergen, se tratan dentro de las instalaciones en las que se realizan los procesos de galvanoplastia. Los propios tratamientos a los que se las somete generan a su vez residuos peligrosos al descartarse las soluciones acuosas gastadas que pueden ser sujetas a procesos de reciclaje para recuperar los metales y demás reactivos contenidos en ellas o ser enviadas a confinamientos (ocasionalmente estas soluciones concentradas se derraman y contaminan los suelos o se van al drenaje). Cuando las aguas residuales se vierten al drenaje que comunica con las plantas de procesamiento municipales, se les somete a tratamientos biológicos que generan lodos a los que van a parar los metales y demás contaminantes.

En estos procesos también se generan emisiones al aire entre las que destacan las de solventes orgánicos usados y contaminados en el desengrasado o recuperados por destilación (cuando no se envían a incinerar) y de partículas de cromo liberadas durante el anodizado o cromado de las piezas metálicas. Por lo general, las pequeñas plantas no cuentan con controles de emisiones y las medianas y grandes utilizan unidades de carbón activado para retener las emisiones de hidrocarburos, así como scrubbers húmedos para

retener las partículas metálicas y evitar su liberación al ambiente; pero sus aguas son descargadas junto con las del enjuagado hacia las plantas de tratamiento o al drenaje.

Adicionalmente a los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales que tienen un alto contenido de metales, en las actividades de galvanoplastia se generan otros residuos sólidos contaminados con metales y demás reactivos empleados, como los que resultan del aseo de sus instalaciones o los contenedores usados en los que reciben esos materiales y reactivos.

IV. Oportunidades de minimización y valorización de los residuos de la galvanoplastia

Como se resumirá a continuación, existen diversas opciones para evitar la generación de residuos peligrosos en las actividades de galvanoplastia, a través de la sustitución de insumos y cambios en los procesos, o para el reúso y recuperación de las sustancias peligrosas que actualmente se desperdician al perderse como parte de las emisiones al aire, las descargas de aguas residuales o de los residuos sólidos.

Esta gama de opciones tiene a su vez distintas aplicaciones y algunas limitaciones para su adopción, las cuales aparecen resumidas en el cuadro siguiente, cuya información proviene del trabajo presentado en el Taller de Minimización de Residuos de la OCDE al que se ha hecho referencia.

Ejemplos de oportunidades de minimización y valorización de los residuos liberados al ambiente en las actividades de galvanoplastia

Opciones	Ejemplos	Aplicaciones/limitaciones
Prácticas generales de minimización	Mejora de procedimientos de operación. Reducción del dragado. Reducción del uso de agua de enjuague. Reducción de emisiones al aire.	Aplicable a todas las operaciones convencionales. Deben considerarse como procedimientos de operación estándar y/o parte de un buen diseño. Los beneficios de los costos sobrepasan cualquier gasto necesario. En instalaciones existentes se requiere acomodar los cambios que resulten de modificaciones de la configuración de los procesos ante limitaciones de espacio y otras.
Procesos	Recubrimiento térmico	Aplicable inicialmente en operaciones de reparación

Como mejorar los negocios de galvanoplastia minimizando y aprovechando sus residuos

Opciones	Ejemplos	Aplicaciones/limitaciones
alternativos	<p>con aerosoles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antorcha para combustión. • Arco eléctrico. • Aerosoles de plasma. <p>Depósito por vapor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capas de iones. • Implantación de iones. • Depósito por chisporroteo. • Aleaciones superficiales mediante laser. <p>Déposito químico por vapor.</p>	<p>primaria y ahora en procesos de manufactura originales.</p> <p>Principalmente aplicaciones de alta tecnología que pueden implicar costos adicionales.</p> <p>Se espera que mejoren la calidad y vida del producto.</p> <p>Su grado de desarrollo y accesibilidad comercial puede ser limitado.</p> <p>Los costos limitan su aplicación a ciertas partes metálicas costosas (usadas en el ejército, de equipos electrónicos o de naves espaciales).</p> <p>Pueden requerir procesos de control mejores, capacitación de operarios y automatización.</p>
Sustitución de procesos	<p>Cambio de productos</p> <p>Sustitución de insumos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solventes clorados. • Cianuro. • Cadmio. • Cromo. 	<p>Aplicable a la mayoría de operaciones convencionales.</p> <p>Sobre todo a las plantas incorporadas a procesos de fabricación en los cuales se puedan explorar cambios en los productos metálicos.</p> <p>Los pequeños talleres pueden encontrar dificultades en la aceptación de estos cambios por sus clientes.</p> <p>Los cambios tienen que estudiarse en función de las preferencias de los consumidores.</p> <p>Las especificaciones de ciertos productos pueden limitar la consideración de ciertos substitutos.</p>
Mantenimiento de las soluciones de procesos	<p>Métodos convencionales</p> <p>Métodos avanzados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microfiltración. • Intercambio iónico. • Sorción ácida. • Transferencia de iones. • Electrólisis de 	<p>Los métodos convencionales de mantenimiento de soluciones son aplicables en todos los casos.</p> <p>Los métodos avanzados pueden requerir cambios significativos en el diseño de procesos, en su operación y reactivos.</p> <p>Su aplicación está limitada a ciertos procesos/combinaciones de tecnologías (por ejemplo, la microfiltración no es aplicable si se usa cobre o aluminio).</p>

Opciones	Ejemplos	Aplicaciones/limitaciones
	membrana. • Monitoreo y control de procesos.	
Tecnologías de recuperación de sustancias	Evaporación. Intercambio iónico. Electrorecuperación. Electrodialisis. Ósmosis inversa.	Requieren de ingeniería, planeación y caracterización de los procesos químicos. Los costos son altamente variables en el caso de métodos avanzados. Su aplicación debe ajustarse cuidadosamente al proceso químico empleado.
Recuperación de metales fuera de la planta	Filtración. Intercambio iónico. Electrorecuperación. Recuperación electrolítica.	Aplicable a lodos contaminados con metales y a solventes gastados. Debe haber disponibilidad de recicladores autorizados a manejar estos residuos.

V. Políticas e instrumentos de políticas que favorecen la minimización y valorización de residuos de la galvanoplastia

V.1. Motores del cambio

La experiencia internacional ha mostrado que uno de los disparadores claves del aprovechamiento de las oportunidades de minimización y valorización de residuos de la galvanoplastia (así como en otras actividades industriales), ha sido el establecimiento de políticas y la identificación y aplicación de instrumentos de política que muestran el rumbo a seguir e incentivan los cambios de conductas y de procesos.

En el presente nuevos alicientes están incitando a la industria de la galvanoplastia a adoptar los cambios que le permitan reducir el volumen de residuos que genera y aprovechar el valor de los materiales que estaba desperdiciando y liberando al ambiente a través de sus emisiones al aire, descargas de aguas residuales y residuos sólidos.

Entre estos alicientes se encuentran el incremento de la eficiencia de sus procesos junto con los ahorros que le significa recuperar los materiales reusables y reciclables y no tener que pagar por controlar la contaminación o por el manejo de sus residuos sólidos.

Adicionalmente, hoy en día está adquiriendo un valor cada vez mayor en la bolsa y en la opinión de los clientes, el desempeño ambiental de las empresas, lo cual ha dado lugar a una nueva actitud de éstas a la que se ha dado en llamar “responsabilidad social de las empresas”.

V.2. Enfoques y experiencias de Estados Unidos

A continuación se resumirán los aspectos más relevantes de los enfoques seguidos en Estados Unidos en esta materia, y descritos en el trabajo que se utilizó de marco de referencia para integrar este capítulo, por tratarse de un país con el que México ha suscrito tratados bilaterales y trilaterales de cooperación ambiental, que le pueden permitir beneficiarse de la experiencia adquirida en este campo por este socio comercial.

En Estados Unidos, al igual que en los otros países de la OCDE, se ha producido una expansión del número y tipos de legislaciones y normas que buscan la prevención de la contaminación y la adopción de procesos limpios de producción; las cuales descansan en la planeación; la creación de incentivos; la imposición de requerimientos de reporte; y otros medios para lograr el fin de prevenir la generación y reducir la cantidad de residuos que se destina a disposición final. Por lo general, en estos países se combinan los instrumentos regulatorios tradicionales con nuevos e innovadores enfoques de gestión que crean incentivos financieros y basados en la generación de confianza acerca del desempeño ambiental de las empresas, como se indica en el cuadro siguiente.

Ejemplos de enfoques de política para inducir la minimización de residuos en Estados Unidos y otros países

- Regulación directa de los materiales usados o de los contaminantes liberados al ambiente en las actividades de galvanoplastia
- Eliminación del uso de materiales peligrosos no esenciales empleados en estas actividades
- Programas de incentivos económicos
- Centros de información y transferencia de tecnología
- Requerimientos de reporte
- Programas de certificación
- Programas creativos de verificación del cumplimiento
- Programas voluntarios orientados a la sustitución o manejo ambiental de ciertas sustancias peligrosas

- Asistencia para la investigación y desarrollo
- Programas federales para facilitar los cambios
- Incentivos fiscales/económicos
- Intercambio de residuos

Dado el amplio desarrollo de los instrumentos que norman el desempeño ambiental de la industria de la galvanoplastia en Estados Unidos, los esfuerzos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de ese país por alcanzar las metas ambientales que se persiguen a este respecto, se han centrado en los años recientes a crear, tanto incentivos negativos y positivos, como a desarrollar nuevos instrumentos para acelerar el logro de los objetivos de minimización de residuos en este sector.

En esencia, los incentivos positivos adoptan la forma de ahorros de costos a través de mejorar la eficiencia de los procesos de galvanoplastia, lo cual contribuye a mejorar su competitividad e imagen ante sus clientes y el público en general; esto se está logrando principalmente a través de acuerdos voluntarios.

Entre los instrumentos empleados por las autoridades ambientales federales para lograr las metas de minimización de residuos, destacan la promoción de nuevas tecnologías, la sustitución de materiales y la adopción de buenas prácticas, con el apoyo de becas, transferencia de tecnología e intercambio de información. El establecimiento del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) –que también ha tenido lugar en México–, ha jugado un papel catalítico al permitir a las empresas descubrir el desperdicio de materiales que estaba teniendo lugar en sus procesos y que se manifestaba por la liberación de contaminantes al ambiente a través de sus emisiones al aire, descargas al agua y residuos sólidos. Este instrumento, en particular, forma parte de las normas que proporcionan el derecho de los ciudadanos a conocer qué está ocurriendo respecto a la gestión del ambiente y la protección de la salud y los ecosistemas.

La autoridad ambiental federal, también ha instituido un Programa denominado 33/50, de carácter voluntario, a través del cual se buscó inicialmente reducir, en plazos previstos, la liberación al ambiente de 17 sustancias tóxicas, incluyendo varias de las empleadas y liberadas en los procesos de galvanoplastia, con resultados por demás exitosos.

Entre los incentivos negativos aplicados para lograr la prevención de la contaminación, se encuentran los tradicionales actos de verificación del cumplimiento de la ley acompañados,

en su caso, de las sanciones correspondientes en caso de faltas al respecto, así como los costos excesivos del manejo de los residuos peligrosos generados innecesariamente por este sector o la responsabilidad ante los posibles daños ambientales que éstos pudieran ocasionar.

En Estados Unidos los estados tienen ingerencia directa en la regulación y control de los residuos peligrosos y de este tipo de actividades industriales, por lo que los cambios están ocurriendo a nivel local con casos de innovación en los enfoques, entre los que destacan sistemas creativos de permisos, el desarrollo de talleres y la divulgación de publicaciones que se orientan hacia la prevención de la contaminación, entre otros.

Para apreciar la complejidad y diversidad de los instrumentos regulatorios y de los enfoques seguidos en Estados Unidos para lograr la prevención de la generación de residuos y su valorización en el sector de la galvanoplastia, así como en otros sectores industriales, se resumen en los cuadros siguientes algunos ejemplos de ellos.

Ejemplos de políticas y programas relevantes a la industria de la galvanoplastia adoptados en Estados Unidos

1. De carácter regulatorio

Ordenamientos jurídicos aplicables	Disposiciones que aplican a la galvanoplastia	Implicaciones de política
Ley de Prevención de la Contaminación	Establece la facultad de la EPA para: Desarrollar múltiples actividades de prevención de la contaminación. Crear un programa de becas al respecto. Desarrollar un centro de información de apoyo en la materia. Requerir reportes anuales sobre la reducción de contaminantes y el reciclaje de residuos. Elaborar un informe cada dos años al Congreso.	Desarrollo institucional al respecto en la EPA. Creación de incentivos para que los estados apoyen esta política y programas. Promoción de transferencia de información. Establecimiento de indicadores de desempeño e identificación de temas emergentes. Promoción de un rango amplio de acciones para lograr la prevención de la contaminación en éste y otros sectores industriales.
Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA)	Directamente regula varios de los residuos de este sector como peligrosos. Requiere a todos los generadores de residuos peligrosos, certificar que tienen	Esquema regulatorio riguroso aplicable a los residuos de la galvanoplastia que son peligrosos, el cual crea incentivos poderosos financieros y de

Ordenamientos jurídicos aplicables	Disposiciones que aplican a la galvanoplastia	Implicaciones de política
	un programa establecido para reducir el volumen o cantidad y la toxicidad de los residuos que generan.	responsabilidad ante el daño ambiental, para inducir la reducción de la generación en la fuente.
Ley del agua limpia	Impone límites de descarga de contaminantes en efluentes que se descargan en aguas nacionales, basados en tecnologías e industrias específicas; las normas pueden recomendar controles dentro de las plantas.	Los límites en efluentes elevan los costos de tratamiento y disposición por lo que se convierten en incentivos para minimizar los residuos y contaminantes. Los controles internos conducen a modificaciones de procesos y procedimientos para lograr las metas de reducción.
Ley del aire limpio	Regula 189 tóxicos emitidos al aire y requiere la adopción de medidas de prevención de la contaminación (como equipos de control, cambios de procesos, sustitución de materiales, cambios en prácticas de operación; capacitación y certificación de la capacidad de los operarios). Aplica a éste y otros sectores industriales. Requiere la eliminación de la producción y venta de clorofluorocarbonos (CFCs) y otras sustancias que deterioran la capa de ozono e impone controles al respecto. Aplica controles más rigurosos a nuevas fuentes y compensación de emisiones para emisiones residuales.	Las regulaciones de sustancias tóxicas emitidas al aire eleva los costos a las plantas de galvanoplastia que las generan e incentivan su reducción. Las restricciones a los CFCs limitan el uso de estas sustancias en estas actividades y promueven el uso de sustitutos más amigables al ambiente. Las compensaciones pueden alcanzarse a través de medidas de prevención de la contaminación.
Planeación de emergencias y derecho de la comunidad a saber	Requiere a ciertas industrias reportar su liberación de contaminantes al RETC. Aplica a los fabricantes de metales y otras industrias que recurren a los procesos de galvanoplastia y acabado de metales.	Los requerimientos de reporte de liberación de contaminantes son un fuerte incentivo para reducir las emisiones de solventes orgánicos y metales en este sector. Estos reportes han elevado el escrutinio público y motivado mejoras en el desempeño ambiental de las industrias.
Orden ejecutiva 12843	Requiere a las agencias federales aplicar las disposiciones del Protocolo	Requiere la eliminación de los CFCs y sustitución de sustancias

Como mejorar los negocios de galvanoplastia minimizando y aprovechando sus residuos

Ordenamientos jurídicos aplicables	Disposiciones que aplican a la galvanoplastia	Implicaciones de política
	de Montreal sobre las sustancias que deterioran la capa de ozono, incluyendo las usadas en la galvanoplastia.	como el 1,1,1 tricloroetano, empleado en la galvanoplastia.
Proyecto suplementario ambiental	Faculta a la EPA a desarrollar acciones para mitigar las sanciones a que haya lugar, a cambio de la adopción de proyectos de prevención de la contaminación. Reorienta los recursos recabados por sanciones hacia su aplicación, para lograr la reducción de la generación de residuos en las fuentes como la galvanoplastia.	Prové de incentivos para que las industrias adopten medidas de prevención de la contaminación. Potencialmente aplicable al sector de la galvanoplastia bajo varias leyes antes citadas.

Ejemplos de políticas y programas relevantes a la industria de la galvanoplastia adoptados en Estados Unidos

2. De carácter voluntario

Programas	Aplicables a la galvanoplastia	Implicaciones de política
33/50	Promueve reducciones ambiciosas de la liberación de 17 sustancias tóxicas Los participantes incluyen al sector de la fabricación de metales y de la galvanoplastia	Promueve actividades y compromisos a niveles cercanos a los procesos de manufactura. Los resultados preliminares indican el logro de los objetivos en estos sectores.
Evaluaciones de la reducción de residuos en sitios federales	Iniciativa de la EPA y del Departamento de defensa para evaluar la prevención de la contaminación en instalaciones federales y promover proyectos de transferencia de tecnologías. Los proyectos incluyen a talleres de galvanoplastia.	Crea una cultura de minimización de residuos en instalaciones federales. Prevé acceso a información clave sobre prevención de la contaminación.
Iniciativa del sentido común	Diseñada para crear estrategias de prevención y control de la contaminación con una base industria por industria. Previene la transferencia de contaminantes de un medio a otro.	La meta es alcanzar un nivel de protección ambiental mayor a menor costo fomentando la cooperación entre el gobierno y la industria en la revisión de la regulación ambiental. La industria de la galvanoplastia es parte de los seis proyectos iniciales.
Diseño ambiental	Promueve consideraciones de	Crea el interés en la reducción de

Manual 3. Valorización de residuos, participación social e innovación en su gestión

Programas	Aplicables a la galvanoplastia	Implicaciones de política
	<p>reducción de residuos y riesgos en los procesos desde la fase de su diseño. Utiliza evaluaciones en bloque (cluster) enfocadas a sustitución de tecnologías.</p>	<p>residuos y riesgos y el reconocimiento de pasos concretos que pueden darse en diferentes industrias. La EPA inició un proyecto al respecto con la industria de la galvanoplastia, enfocado al desarrollo de una metodología para evaluar el gasto de energía, el desempeño ambiental y de los procesos.</p>
<p>Proyecto de revisión de reducción en la fuente</p>	<p>Integra más consideraciones a la reducción en la fuente. Desarrollo de reglas específicas encaminadas a fomentar reducciones en la fuente.</p>	<p>Aumenta los programas regulatorios multi-medios para promover la reducción en la fuente tanto como sea posible. Limita emisiones en el uso de solventes y establece estándares para el desengrasado de partes que aplican a la galvanoplastia.</p>
<p>Becas para prevención de la contaminación</p>	<p>La EPA proporciona recursos para proyectos conjuntos.</p>	<p>Promueve la prevención de la contaminación a nivel federal y estatal, con énfasis en la minimización de residuos en las industrias de acabado de metales.</p>
<p>Transferencia de tecnologías/políticas</p>	<p>Acoge actividades de la EPA y de los estados, enfocadas a promover el desarrollo y divulgación de información técnica y no-técnica sobre prevención de la contaminación.</p>	<p>Promueve la educación sobre la accesibilidad y beneficios de la reducción de los residuos, así como el establecimiento de redes de recursos que pueden ser aplicados a proyectos específicos, incluyendo los que se realizan con la industria de la galvanoplastia.</p>

CAPÍTULO 8

Valorización energética de residuos industriales

El uso de energéticos se encuentra en el centro de las discusiones del presente siglo por muchas razones, entre las que se pueden citar las de carácter ambiental y económico; lo que no está en discusión es la necesidad de ahorrar energía y recursos no renovables, así como de buscar fuentes alternativas a los combustibles fósiles; por esta razón se decidió incluir en el presente manual, mención a uno de los enfoques seguidos a este respecto en Europa, el cual se describe a continuación.

I. Antecedentes de las estrategias de la Unión europea

En el caso particular de la Unión europea, la Comisión europea promueve distintas actividades tendientes a investigar y difundir información acerca del ...“potencial de que tecnologías energéticas no nucleares e innovadoras lleguen a aplicarse ampliamente y contribuyan a prestar un servicio superior al ciudadano”.²²

Por lo anterior, se están desarrollando estrategias que buscan influir en la comunidad científica, los ingenieros, los legisladores y demás actores claves del mercado, a fin

²² Instituto para la diversificación y ahorro de energía (comunicacion@idea.es). Nuevas soluciones para la utilización de energía. Empleo de residuos industriales como combustibles alternos en la industria del cemento. DIS-1289-97-ES. En: ENERGIE. Febrero de 2000. Informe elaborado con el apoyo de la Comisión europea. Dirección general de energía y transporte.

de ...”estimular, adquirir y aplicar soluciones energéticas más limpias, más eficientes y más sostenibles en su propio beneficio y en el del conjunto de nuestra sociedad”.

Para lograr ese propósito, y a través del V Programa Marco de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Demostración (IDT), se han brindado apoyos financieros²³ a proyectos de investigación, desarrollo, demostración, difusión, replicabilidad y actividades para facilitar la comprensión por el mercado, ...”buscando convertir ideas nuevas en soluciones prácticas a necesidades reales”.

El desarrollo de las actividades a las que se hace referencia, gira en torno de dos “Acciones Claves”:

1. Sistemas más limpios de energía, que incluyen energías renovables y energía económica y eficiente para una Europa competitiva, dentro del tema “Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible”.
2. Actividades de coordinación y cooperación de carácter sectorial e intersectorial.

Los objetivos que se persiguen con estas acciones trata de dar cumplimiento al Protocolo de Kyoto, sobre cambio climático, y políticas asociadas. En tanto que las actividades están enfocadas a encontrar nuevas soluciones que permitan al usuario de la energía, obtener beneficios económicos directos y de tipo medioambiental, al mismo tiempo que se fortalece la ventaja competitiva de Europa ...”ayudando a lograr una posición de liderazgo en las tecnologías energéticas del mañana”.

Con este tipo de proyectos se esperan alcanzar...” mejoras equilibradas en el rendimiento energético, medioambiental y económico” que ayudarán a garantizar un futuro sostenible para los ciudadanos de Europa.

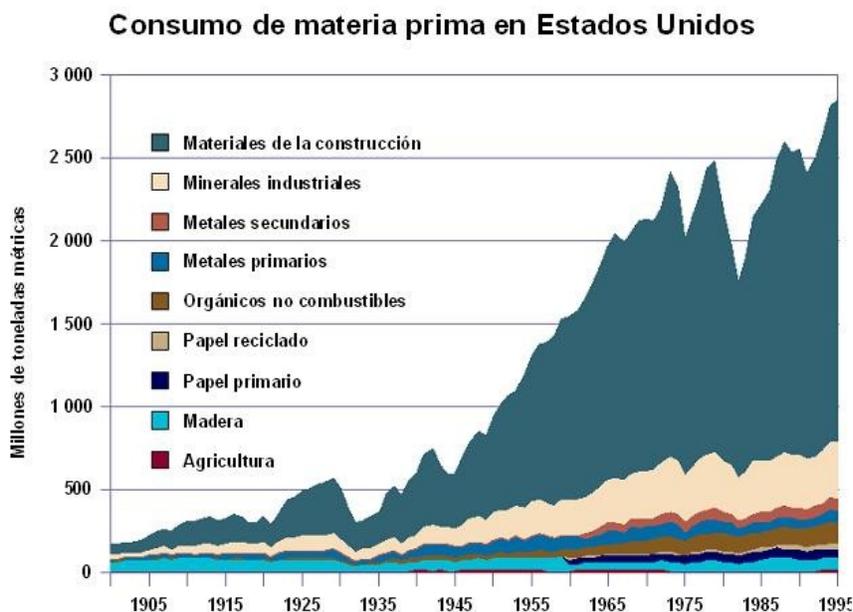
II. Incentivos al uso de combustibles alternativos en la producción de cemento

En la sociedad moderna el consumo de cemento se ha convertido en un sinónimo de actividad económica y crecimiento, lo cual conlleva presiones significativas sobre el medio

²³ Entre 1998 y 2000 ENERGIE contó con un presupuesto total de 1,042 millones de euros.

ambiente desde la perspectiva de explotación de recursos naturales y de consumo energético.

Como puede apreciarse en la figura siguiente, que muestra las tendencias en el consumo de diversos materiales primarios y secundarios en Estados Unidos, el que corresponde a los materiales de construcción es el que ha tenido un crecimiento más vertiginoso y voluminoso.



Fuente: U.S. Geological Survey

En el caso particular de la producción de cemento, ésta ha traído aparejado un consumo significativo de combustibles, con la consecuente liberación de emisiones contaminantes al ambiente, que han provocado que se orienten hacia este sector los reflectores de las instancias preocupadas de la protección al ambiente, lo cual se ha visto reflejado en cambios considerables en sus procesos (en la mayoría de los países industrializados y en algunos con economías en transición o en vías de desarrollo).

Para poner en contexto el empleo de residuos como combustibles alternativos en la industria cementera de la Unión europea, es útil tener presente que la fabricación de cemento es una actividad que demanda un elevado consumo de energía, si se toma en cuenta que para producir una tonelada de cemento se consumen cerca de 90 kg de combustible para procesos de cocción y alrededor de 100 kW/h de energía eléctrica en los procesos de molienda y transporte de materiales. En estas circunstancias, el costo de la energía requerida en la fabricación del cemento termina representando entre el 30 y el 40 por ciento de los costos de fabricación; de ahí el interés en diversificar las fuentes de abastecimiento de combustibles en este sector industrial.²⁴

El co-procesamiento de residuos en la fabricación de cemento se inició en Europa a principios de los años ochentas, momento en el que coinciden dos factores importantes:

- La segunda crisis del petróleo, la cual dispara los precios de los combustibles, forzando a las empresas con intenso consumo de energía a buscar fuentes energéticas alternativas.
- Las políticas ambientales de gestión de residuos en la década de los setenta.

Lo anterior ha contribuido a que en la actualidad el co-procesamiento de residuos sea una práctica comúnmente utilizada en la mayoría de los países europeos, entre los que destacan: Suiza, Bélgica, Alemania y Francia.

III. Importancia del co-procesamiento de residuos en la fabricación de cemento en la Unión europea

En el caso de la Unión europea, el cemento se fabrica en más de 250 plantas distribuidas en los 15 países miembros, en las cuales se producen alrededor de 170 millones de toneladas al año, siendo Italia, Alemania y España los mayores productores en esta región. Se estima que, en 108 plantas cementeras, se incorporan cada año cerca de 2.8 millones de toneladas de residuos como combustible alterno, lo que representa el 13% del total de combustibles utilizados. En estos países el nivel de sustitución mantiene una tendencia creciente, y en algunos ha alcanzado la cifra del 32% como puede observarse en el siguiente cuadro.²⁵

²⁴ Ver cita en nota 22.

Co-procesamiento de residuos en Europa

País	Valor medio de sustitución de combustible tradicional a través del co-procesamiento
Alemania	23% (1999)
Austria	30% (1999)
Bélgica	32% (2000)
España	1.2 % (2000)
Francia	26% (2000)
Italia	2.2% (2000)
Portugal	1% (1998)
Reino Unido	6% (1998)
Suecia	21% (2000)

Fuente: CER (2001). "Contribución de la industria del cemento a la gestión de residuos en Europa", Cuadernos CER N° 3. CER, España.

Sin embargo, se estima que el potencial de sustitución mediante el uso de combustibles alternativos podría alcanzar la totalidad de la energía utilizada, o sea alrededor de 30 millones de toneladas de combustible al año y, aun cuando no se espera lograr esa cifra en el futuro reciente, si se considera que en la Unión europea pueden llegar a usarse en los próximos años, cerca de 6 millones de toneladas de residuos orgánicos al año.

El tipo de residuos utilizados como combustible alterno en la Unión europea ha sido diverso, como lo indican los datos que se presentan en el siguiente cuadro.

Ejemplos de residuos utilizados en la Unión europea en 1997

Residuo	Países con mayor utilización	Total (tons)
Combustibles líquidos (aceites, solventes, pinturas)	Austria, Bélgica, Francia, Alemania, Italia, Reino Unido	600,000
Llantas usadas	Austria, Francia, Alemania, Italia, Suecia, Reino Unido	450,000
Residuos de papel	Austria, Bélgica, Francia,	200,000
Residuos de plástico	Austria, Bélgica, Francia, Alemania, Italia, Suecia	250,000

²⁵ Club Español del Residuos (CER), (2001). "Contribución de la industria del cemento a la gestión de residuos en Europa", Cuadernos CER N° 3. CER, España.

Fuente: CER (2001). "Contribución de la industria del cemento a la gestión de residuos en Europa", Cuadernos CER N° 3. CER, España.

Aunados a los residuos referidos en el cuadro anterior, también se emplean en la industria cementera de la Unión europea residuos agrícolas, de la industria del caucho, lodos industriales, residuos de madera y otros combustibles alternativos.

IV. Bases e importancia de la gestión ambiental de los residuos en la industria cementera europea

La industria cementera europea ha llevado a cabo cambios sustantivos en sus procesos, incluyendo los que involucran el co-procesamiento de residuos en la fabricación del cemento, a fin de contrarrestar la imagen histórica de actividad contaminante y de dar cumplimiento a la legislación ambiental cada vez más rigurosa de la Unión europea.

A este último respecto, conviene destacar que la aplicación de las nuevas generaciones de legislaciones en materia de residuos, tanto de carácter general como específico para ciertos tipos de residuos –como los aceites, llantas neumáticas y plásticos–, así como la implantación de planes de residuos y de políticas y programas para la prevención de la generación y la gestión integral de residuos, han hecho que los tratamientos que se dan a los mismos (incluyendo en la industria cementera) sean cada vez más respetuosos del ambiente y enfocados a su valorización.

De acuerdo con la publicación ENERGIE, las empresas cementeras de la Unión europea trabajan con base en dos políticas medioambientales básicas y tomando en consideración los criterios referidos en los cuadros 8.1 y 8.2, respectivamente.

Cuadro 8.1. Políticas medioambientales básicas de la industria cementera de la Unión europea

- Mejorar el comportamiento ambiental de las instalaciones, mediante la aplicación progresiva de tecnologías limpias como medio de reducción de la contaminación, y la realización de actuaciones de corrección y restauración.
- Potenciar y divulgar los efectos positivos que la actividad de fabricación de cemento tiene sobre el medio ambiente, en relación con la sustitución de recursos naturales por residuos y subproductos industriales.

Fuente: Instituto para la diversificación y ahorro de energía (comunicacion@idea.es). Nuevas soluciones para la utilización de energía. Empleo de residuos industriales como combustibles alternos en la industria del cemento. DIS-1289-97-ES. En: ENERGIE. Febrero de 2000. Informe elaborado con el apoyo de la Comisión europea. Dirección general de energía y transporte.

Cuadro 8.2. Criterios que debe reunir la utilización de residuos en la industria cementera de la Unión europea

- Aportar un beneficio medioambiental, a la vez que se contribuye a solucionar la gestión de algunos tipos de residuos, reduciendo las emisiones de contaminantes.
- Garantizar la seguridad de los trabajadores y de las personas en torno de las fábricas.
- Ser totalmente compatible con la calidad del cemento y la operación de las instalaciones.
- Garantizar que el cemento no verá mermada su competitividad ambiental.

Fuente: Instituto para la diversificación y ahorro de energía (comunicacion@idea.es). Nuevas soluciones para la utilización de energía. Empleo de residuos industriales como combustibles alternos en la industria del cemento. DIS-1289-97-ES. En: ENERGIE. Febrero de 2000. Informe elaborado con el apoyo de la Comisión europea. Dirección general de energía y transporte.

A su vez, en la Unión europea se considera que la utilización de residuos y subproductos como materia prima aporta las siguientes ventajas desde la perspectiva ambiental:

- “Reducción de la explotación de canteras, substituyendo recursos naturales por materiales derivados de otras actividades humanas.
- Disminución del consumo energético, en particular, cuando se utilizan adiciones en el cemento.
- Reducción de las emisiones a la atmósfera, al disminuirse el consumo de combustibles”.

V. Residuos y subproductos que se aprovechan en la industria cementera

La incorporación de algunos tipos de residuos y subproductos inorgánicos en el proceso de fabricación de cemento se realiza en las etapas de:

- Preparación de materias primas para la obtención del crudo.
- Como componentes en la molienda del cemento.

Un requisito para que estos materiales puedan utilizarse en la preparación de la materia prima, es que estén compuestos básicamente por los óxidos metálicos que componen el clinker y que aparecen referidos en el siguiente cuadro. Asimismo, se debe evitar incorporar sustancias que perjudiquen el proceso, modifiquen las características del cemento o afecten el desempeño ambiental de las plantas cementeras.

Composición química de los óxidos en el clinker

Óxidos	% en Masa
CaO	60-69
SiO ₂	18-24
AlO ₂	4-8
FeO ₂	1-8

Fuente: Instituto para la diversificación y ahorro de energía (comunicacion@idea.es). Nuevas soluciones para la utilización de energía. Empleo de residuos industriales como combustibles alternos en la industria del cemento. DIS-1289-97-ES. En: ENERGIE. Febrero de 2000. Informe elaborado con el apoyo de la Comisión europea. Dirección general de energía y transporte.

Por lo antes expuesto, se ha establecido una norma europea (ENV 197-1:1992), en la cual se especifican los componentes del cemento portland ordinario. De acuerdo con esta norma, la selección de los materiales que pueden ser empleados en la molienda de cemento deben reunir características que mejoren sus propiedades (por ejemplo, trabajabilidad, retención de agua, resistencia a sulfatos, resistencia al hielo, etcétera); entre dichos materiales se encuentran los siguientes:

- Escoria de altos hornos
- Puzolana natural o industrial
- Cenizas volantes de centrales térmicas

- Humo de sílice
- Esquistos calcinados
- Caliza
- Sulfato de calcio (regulador de fraguado)

De los materiales enunciados previamente, son las escorias de altos hornos y las cenizas volantes las más empleadas en Europa, en tanto que el sulfato de calcio proveniente de la desulfuración de los gases en centrales termoeléctricas se utiliza como sustituto del yeso natural.

Se considera que en la Unión europea un 20 por ciento en peso del cemento corresponde a componentes distintos del clínker. Por ejemplo, la industria del cemento europea emplea cerca de un millón de toneladas al año de cenizas de pirita, subproducto de la tostación de la pirita en el proceso de obtención de hierro. Asimismo, se consumen aproximadamente 200,000 ton/año de arenas de fundición con alto contenido de óxido de silicio, además de lodos de papeleras que contienen niveles elevados de carbonato cálcico, provenientes del tratamiento de la pasta de papel.

VI. Importancia de las emisiones de hornos de clínker y de su prevención y control

El origen de las emisiones a la atmósfera en los hornos de clínker son las reacciones químicas y físicas que tienen lugar durante la cocción de las materias primas o las correspondientes a los procesos de combustión. Entre los componentes principales de los gases generados y emitidos en los hornos de cemento se encuentran los referidos en el cuadro siguiente. Cabe señalar que los rangos que se observan en la emisión de dichos contaminantes obedece a aspectos tales como: a) las características mineralógicas y composición química de las materias primas empleadas como insumos, y b) los tipos de procesos (vías) utilizados para la fabricación del clínker.

Contaminantes que pueden liberarse en los gases de hornos cementeros

Contaminantes	Concentraciones mg/Nm ³
Polvo	20-200
NO _x	500-2000
SO ₂	10-2500
TOC	10-100
CO	500-2000
Fluoruro	< 5
Cloruro	< 25
Dioxinas y furanos	< 0.1
Metales Pesados:	
Grupo I: Hg, Cd, Ti	< 0.1
Grupo II: As, Co, Ni, Se, Te	< 0.1
Grupo III: Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn, Zn	< 0.1

Fuente: CEMBUREAU 1997. Citado en Instituto para la diversificación y ahorro de energía (comunicacion@idea.es). Nuevas soluciones para la utilización de energía. Empleo de residuos industriales como combustibles alternos en la industria del cemento. DIS-1289-97-ES. En: ENERGIE. Febrero de 2000. Informe elaborado con el apoyo de la Comisión europea. Dirección general de energía y transporte.

Los gases generados en los hornos de clínker suelen desempolvarse en filtros antes de ser liberados a la atmósfera y los polvos de los filtros se recogen y sirven para alimentar de nuevo el proceso de fabricación del clínker. Salvo en contadas ocasiones, se generan residuos o descargas de aguas residuales en los hornos de clínker.

La forma en que se realiza la combustión en los hornos de clínker juega un papel fundamental en la prevención o reducción de la generación de contaminantes y, dependiendo de la tecnología empleada, ocurre en las siguientes condiciones en:

- El mechero principal, existente en todos los hornos y situado en la parte más baja del horno rotatorio. En este lugar, la llama alcanza una temperatura cercana a los 2000 °C y los gases de combustión se mantienen a más de 1200 °C, durante un tiempo superior a 5 segundos en una atmósfera oxidante.
- La zona del horno en que se produce la descarbonatación de la caliza (calcinación), en donde la combustión se realiza a temperatura de alrededor de 1200 °C, con tiempos de retención de cerca de 3 segundos a una temperatura superior a 850 °C.

Existen tres tipos de hornos: de vía húmeda, de vía seca que no disponen de precalcinador, y, los más modernos, dotados de cámaras de combustión en la parte baja de la torre de ciclones (precalcinador), en dónde tiene lugar la combustión con aporte de aire caliente proveniente del enfriador del clínker

En lo que respecta a la combustión de los residuos, cuando ésta ocurre en las condiciones descritas previamente, los compuestos orgánicos presentes en los residuos son destruidos formándose CO_2 y H_2O , mientras que la energía se aprovecha en el proceso de fabricación del clínker.

Cuando los residuos contienen cloro o azufre, se pueden generar gases ácidos como el cloruro de hidrógeno y el óxido de azufre durante el proceso de combustión; los cuales son neutralizados y absorbidos por la materia prima de naturaleza alcalina y las sales inorgánicas resultantes, son incorporadas en el clínker.

Es importante mencionar que los metales presentes en los materiales empleados como insumos, no se destruyen en los hornos industriales, pero en el caso de los hornos cementeros son incorporados en su mayoría al clínker (llegando a alcanzar niveles cercanos al 100 por ciento en el caso de algunos metales, salvo en el caso del mercurio y talio que son relativamente volátiles); los restantes se emiten a la atmósfera en concentraciones por debajo de las fijadas en las normas. En el caso de las llantas usadas como combustible alterno, el hierro presente en ellas también se incorpora al clínker.

CAPÍTULO 9

Proyecto XL de protección ambiental con una base comunitaria

I. Antecedentes

Este Proyecto, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)²⁶, ha sido citado en el Manual 1. Introducción y Técnica Regulatoria, de esta “Serie de Manuales para Regular los Residuos con Sentido Común”, en el cual se señala que:

“...debe alentarse el desarrollo de formas innovadoras para prevenir la generación, aprovechar el valor y dar un manejo ambientalmente adecuado a los residuos y fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en este campo. Ello puede lograrse, entre otros, aprovechando las experiencias exitosas de otros países en los cuales se ha abierto la posibilidad de que los particulares sujetos al cumplimiento de las legislaciones ambientales en ésta y otras materias, puedan aplicar medidas distintas a las regulatorias para lograr los fines que se persiguen, a condición de que cumplan los siguientes criterios:

1. Obtención de mejores resultados ambientales.
2. Ahorro de costos y de papeleo.
3. Apoyo a las partes interesadas.
4. Demostración de que se trata de una estrategia innovadora.
5. Transferibilidad.

²⁶ Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Proyecto XL. (<http://www.epa.gov/ProjectXL>).

6. Factibilidad.
7. Incorporación de métodos de control.
8. Presentación de informes y evaluación.
9. Prevención de la transferencia a terceros de la culpabilidad por los riesgos que deriven de fallas en el desempeño ambiental de los proyectos”.

A su vez, en el Manual 4 de esta serie de manuales, relativo a las “Guías para Facilitar la Interpretación e Instrumentación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, se menciona que:

“La idea detrás de este proyecto es emplear nuevos enfoques fuera del sistema regulatorio tradicional, sin por ello descuidar las cuestiones de seguridad, y mediante salvaguardas sólidas y confiables.

Lo anterior se estableció en respuesta a la expresión del interés de la industria y de la comunidad en adquirir una mayor responsabilidad, y en tomar una parte más activa en la gestión de los residuos, con un enfoque basado en resultados ambientales, a través de procesos flexibles para lograr las metas.

La experiencia en la implantación y operación de este proyecto está mostrando que se obtienen mejores resultados cuando se permite a los particulares, que parten de un diagnóstico básico de sus residuos y de los problemas que se enfrentan en su manejo, centrar la atención en ellos intercambiando información con sus pares (por ejemplo, entre instituciones educativas, entre empresas de un mismo giro, entre empresas de un mismo sector, entre comunidades de un mismo estado) y entre sectores, a fin de formular e instrumentar estrategias de gestión costo-efectivas.

Un hecho notable es que el público juega cada vez un papel más importante en la definición de prioridades locales y, al mismo tiempo que demanda acceso a la información, induce la generación y utiliza mejores datos para establecer sus juicios y participar en la toma de decisiones en materia de gestión de residuos.

Este nuevo enfoque centrado en la atención de aspectos de interés colectivo y en un área geográfica definida, ayuda a que las comunidades integren sus objetivos ambientales, económicos y sociales. Mediante esta estrategia, un conjunto amplio de individuos o partes interesadas (stakeholders), así como de redes o alianzas de individuos, grupos, empresas o autoridades gubernamentales, ayudan a identificar instrumentos, enfoques y soluciones en materia de gestión de residuos.

Además de lo antes expuesto, estas iniciativas promueven la vigilancia local de los recursos naturales y ecosistemas de las comunidades (consultar página: www.epa.gov/ecocommunity)."

II. Ejemplos de Proyectos XL

A manera de ejemplo, se resumen a continuación los datos que aparecen en el sitio destinado a los Proyectos XL en la página Web de la EPA, que cubren iniciativas de sectores diversos, con múltiples propósitos entre los que se encuentra la prevención de la contaminación y la minimización de residuos mediante su valorización, para mostrar la gama de aplicaciones de este enfoque.

II.1. Uso de lodos de actividades de galvanoplastia en la producción de cemento²⁷

La planta de la compañía International Business Machines Corporation (IBM) ubicada en Hopewell Junction, Nueva York, propuso el uso específico de los lodos de plantas de tratamiento de las aguas residuales provenientes de sus procesos de galvanoplastia (designados como residuos peligrosos F006), como un ingrediente en la producción de cemento. Estos residuos contienen altas concentraciones de calcio (un ingrediente necesario en la producción de cemento) y concentraciones muy bajas de componentes peligrosos, comparables a los que se encuentran en las materias primas empleadas en la producción de cemento. La Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA) regula el uso de materiales secundarios peligrosos (por ejemplo, residuos), cuando son empleados en la producción de un producto que –a su vez- es utilizado en forma que constituye una modalidad de disposición (por ejemplo, colocación sobre el suelo). Los fabricantes de cemento interesados en estos materiales, originalmente declinaron utilizarlos porque ello les requeriría obtener un permiso, y porque el cemento producido podría considerarse un producto derivado de un residuo peligroso de conformidad con las disposiciones de la Ley RCRA.

²⁷ Consultar página (www.epa.gov/ProjectXL/fishkill/index.htm)

Por estas circunstancias, la única opción que tenía IBM era manejar estos lodos como residuos peligrosos y disponerlos como tales, sin aprovechar su reciclabilidad potencial. Por ello solicitó y obtuvo de la EPA la aprobación para disponer de la flexibilidad regulatoria necesaria para que su planta de Nueva York desarrollara este proyecto.

Dado lo anterior, en vez de utilizar un espacio valioso en un confinamiento para disponer de estos lodos, éstos serán utilizados como sustitutos a las materias primas que emplea la industria cementera con lo cual se disminuyen también las presiones que se ocasionan al ambiente durante su extracción de las minas. Aunque los beneficios ambientales de este proyecto en el corto plazo no parecen significativos, sí lo serán en el largo plazo. Durante la primera fase, la conservación de los recursos naturales normalmente utilizados por la industria cementera será menor al 1% (aproximadamente 300 toneladas /año). Sin embargo, la corriente de residuos F006 es muy grande (se estima que entre 360,000 a 500,000 toneladas de equivalente en peso seco se producen anualmente a nivel nacional), por lo cual, aun cuando sólo se recicle una parte, los beneficios ambientales resultantes serán importantes.

IBM propuso también a la EPA que proporcione una exclusión de la definición como residuo sólido a este material secundario utilizado como ingrediente para producir un producto (cemento), que será usado directamente para colocarlo sobre el suelo. Se espera que ocurra una negociación al respecto, en la cual la EPA establecerá un conjunto de parámetros que deberán cumplirse respecto a la composición de los lodos, las condiciones de manejo que eviten la dispersión de contaminantes en el ambiente, y los medios para verificar la efectividad y seguridad en el uso de los lodos como ingredientes del cemento. La información resultante contribuirá a contar con un enfoque integral aplicable al manejo ambientalmente adecuado de los lodos reciclables actualmente clasificados como residuos peligrosos F006.

IBM ha solicitado la participación activa de muchas partes interesadas en este proyecto. Por ejemplo, los grupos involucrados en la "Iniciativa de Sentido Común", en el Subcomité de acabados de metales y la Fundación legal de estados del Atlántico, con los cuales mantiene un intercambio activo de correos electrónicos sobre este proyecto. Aunado a ello, ha contactado a grupos comunitarios locales y grupos ambientales nacionales para que hagan aportaciones al respecto.

II.2. Manejo de residuos peligrosos de una industria eléctrica y de gas²⁸

La Compañía Public Service Electric and Gas (PSE&G) propuso a la EPA un programa de manejo de materiales con un enfoque de ciclo de vida que ha iniciado en sus instalaciones. El proyecto es un plan integral de reducción de residuos, desde su generación hasta su disposición, lograda a través tanto de cambios organizacionales como operacionales dentro de la empresa. En los últimos dos años PSE&G ha centralizado su sistema de manejo de materiales, consolidando la planeación y control de todos los materiales en varias unidades de sus negocios. Para continuar estos esfuerzos, la compañía busca que la liberen de las regulaciones de la Ley RCRA para la generación, transporte y consolidación de los residuos peligrosos (Código Federal de Regulaciones: CFR 40 Parte 273). Lo que propone es manejar sus residuos que forman parte de los residuos generados en pequeños volúmenes por muchos generadores considerados en la "Regulación Universal de los Residuos" de RCRA, que plantean manejar de una manera que reducirá costos en su manejo a través de la consolidación de embarques de residuos que hasta ahora se han embarcado por separado a instalaciones que se ocupan de su manejo, con lo cual lograrían economías de escala en su reciclado y/o disposición. Asimismo, la compañía busca obtener flexibilidad regulatoria bajo la Regulación de las corrientes de residuos sólidos del Departamento de protección ambiental de Nueva Jersey, para el manejo de desechos de madera tratados químicamente.

II.3. Tecnología de tratamiento de residuos peligrosos mediante vitrificación²⁹

La compañía Pacific Marine and Supply de Honolulu, Hawai, propone utilizar el tratamiento de residuos peligrosos Terra-Vit para transformar una amplia gama de tipos de residuos peligrosos en productos químicamente durables de silicato inorgánico vitrificado. El proyecto requiere que se le libere de las disposiciones del Subtítulo C de la Ley RCRA. El proyecto de demostración propone un procedimiento sin: 1) la obtención del permiso completo bajo la Parte B de RCRA; 2) estar sujeto a los requisitos de pruebas para determinar si procede la prohibición de su aplicación en suelos, a satisfacer para cada muestra individual; y 3) someter una petición para desenlistar como peligroso el producto vitrificado final. La compañía propone que el producto final vitrificado resultante del proceso de reciclaje sea considerado no peligroso y se le exente de las pruebas antes señaladas,

²⁸ Consultar página Web: (www.epa.gov/ProjectXL/pseg/index.htm)

²⁹ Consultar página Web: (www.epa.gov/ProjectXL/pacific/index.htm)

para que pueda ser vendido libremente y utilizado en productos comercialmente viables. Una carta del Director del departamento de salud del estado de Hawai indica el apoyo de esta Agencia al proyecto XL referido.

II.4. Residuos de materiales pirotécnicos³⁰

La compañía Autoliv ASP, Inc., es fabricante de productos de seguridad para los automóviles. Los materiales pirotécnicos (explosivos) que emplean para disparar los infladores de las bolsas de aire son fabricados en la planta procesadora de materiales pirotécnicos localizada en Promontory, Utah. Durante el procesamiento de estos materiales, se generan residuos peligrosos reactivos. Estos residuos actualmente se tratan fuera del sitio, quemándolos al aire libre en una empresa autorizada. La compañía que propone el proyecto opera una instalación de recuperación de metales altamente avanzada, diseñada para procesar y recuperar aluminio y acero de unidades infladoras de bolsas de aire usadas, por lo que somete a consideración la posibilidad de procesar sus residuos de materiales pirotécnicos en dicha instalación, adaptando la tecnología y equipos de control de emisiones contaminantes que utilizan para este propósito, con lo cual se evitará trasladar estos residuos a otro sitio y quemarlos al aire libre.

II.5. Sistemas de manejo ambiental en comunidades agrícolas³¹

Este proyecto involucra el desarrollo de un Sistema de Manejo Ambiental (SMA), con un enfoque compatible con el sistema de Normas ISO 14001, ligado al licenciamiento, construcción y operación de plantas que procesan productos obtenidos del ganado. Una empresa (HMH & Associates) ha diseñado este tipo de plantas con esta orientación y las comercializa entre las asociaciones del ramo. Como parte del paquete, esta empresa ofrece servicios de administración en forma de una franquicia. Las plantas proyectadas tienen una dimensión que equivale a la décima parte de las tradicionales, reduciendo y haciendo más manejables sus impactos ambientales. Se espera que estas plantas sean propiedad de cooperativas agrícolas y que el ganado se les entregue en el momento oportuno para ser procesado, con lo cual se eliminarían los impactos ambientales asociados con el transporte

³⁰ Consultar página Web: (www.epa.gov/ProjectXL/autoliv/index.htm)

³¹ Consultar página Web: (www.epa.gov/ProjectXL/acems/index.htm)

y almacenamiento de alimento. El diseño de la planta busca que las operaciones que se realicen en ella sean más amigables con el ambiente que en las plantas tradicionales.

Entre las ventajas de estas plantas se cita el hecho de que la excreta animal se empleará para hacer composta en vez de ser eliminada en los sitios de disposición final. Se estima que el consumo de agua por animal será también menor que en las plantas tradicionales, que los calentadores empleen gas natural o propano, en vez de carbón o petróleo, reduciendo el potencial de emisiones.

La empresa que desarrolla estos proyectos recurrió a las autoridades ambientales para obtener flexibilidad en la emisión de los permisos que requieren estas plantas, de manera que éstos puedan ser otorgados en forma “modular” a lo largo de la Región VII de la EPA.

II.6. Manejo de residuos en instituciones educativas y de investigación³²

Este proyecto forma parte de los Programas sobre residuos destinados a “Generadores de pequeñas cantidades”, concretamente a “Residuos de laboratorios de instituciones educativas”.

La EPA apoya el desarrollo de alternativas efectivas para el manejo seguro de los residuos peligrosos en las instituciones académicas de investigación, de forma que cumplan con las disposiciones normativas para la protección de la salud y el ambiente. Para ello, se formuló e instrumentó un proyecto de colaboración, basado en consensos, iniciado por el Instituto Médico Howard Hughes (HHMI), a fin de establecer y evaluar un enfoque de manejo de residuos peligrosos mediante las mejores prácticas ambientales (consultar página Web: www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/state/policy/rule799.pdf).

Lo anterior tuvo lugar por el hecho de que las disposiciones legales en materia de manejo de residuos peligrosos han sido formuladas con una orientación hacia la industria y por ello son difíciles de aplicar a los laboratorios de enseñanza e investigación de las instituciones educativas. El desafío para estas instituciones es que usualmente generan muy pequeñas cantidades de una gran diversidad de residuos peligrosos y de manera esporádica. Por ello, la EPA apoya y facilita la iniciativa de estas instituciones de establecer procedimientos para el reúso, reciclaje y manejo ambientalmente adecuado de sus residuos peligrosos.

³² Consultar página Web: (www.epa.gov/osw/specials/labwaste/r02008.pdf)

En el proyecto han intervenido 10 instituciones académicas de investigación afiliadas al Instituto Médico Howard Hughes, así como las agencias ambientales de los estados correspondientes donde se encuentran ubicadas, y se han desarrollado “Mejores prácticas” aplicables a sus residuos, dando lugar a un Reporte al Congreso (Registro Federal. Mayo 30, 2002).

En este mismo contexto, se está desarrollando, en los laboratorios de las universidades de Nueva Inglaterra, Estados Unidos, el Proyecto XL de “Excelencia y liderazgo”, como una iniciativa para probar formas innovadoras de lograr la protección de la salud y el ambiente respecto de los riesgos de los residuos peligrosos de manera mejor y más costo-efectiva, que las formas tradicionales de manejo.

A través de estos proyectos, las agencias gubernamentales ambientales tienen acceso a datos que les permitirán, posteriormente, desarrollar regulaciones para el manejo de residuos peligrosos en los laboratorios, basadas en los resultados que se obtengan y en los procedimientos de mejores prácticas ambientales que se establezcan para incrementar la seguridad en los laboratorios y mejores formas de manejo de los impactos ambientales de los laboratorios (consultar página Web: www.epa.gov/osw/specials/labwaste/index.html).

II.7. Manejo de residuos peligrosos en la comunidades³³

La EPA ha publicado un documento intitulado “Manejo de residuos peligrosos en tu comunidad”, para proporcionar educación y acercar a las comunidades su Programa de manejo de residuos, basado en la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), a través de la cual se regulan los residuos. Asimismo, ha elaborado y difunde en su página Web una serie de “Hojas sobre Hechos” (fact sheets) sobre los siguientes temas:

1. Contactos estatales sobre residuos peligrosos
2. ¿Cómo opera la Ley RCRA?
3. Reciclaje seguro de residuos peligrosos.
4. ¿Qué hace a un residuo peligroso?
5. ¿Cómo puedes hacer la diferencia en el manejo de residuos peligrosos?

³³ Consultar página: (www.epa.gov/epaoswer/general/mnag-hw/manag-hw.htm)

En este contexto, la EPA ha promulgado, en junio 1996, una regulación que establece Exenciones Condicionadas para Generadores de Pequeñas Cantidades de Residuos (CESQG por sus siglas en inglés).

Para dar cumplimiento a este mandato regulatorio, la EPA desarrolla regulaciones para unidades de disposición de residuos no peligrosos no-municipales, que pueden recibir residuos peligrosos de los Generadores de pequeñas cantidades de residuos que están exentos, de manera condicionada, de cumplir con la Ley RCRA, con base en la consideración de que estas unidades plantean riesgos no significativos para la salud y el ambiente, que pueden ser minimizados con las medidas regulatorias a las que se hace referencia y que son menos costosas que las comprendidas en la Ley.

Lo anterior tiene como antecedente el hecho de que la Sección 4010 © de la Ley RCRA requiere a la EPA que revise las normas de la Parte 257 para las instalaciones de disposición de residuos no peligrosos que pueden recibir residuos de los CESQG y residuos peligrosos domiciliarios. Para ello, la EPA ha publicado Criterios (Parte 258) que aplican a los rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales (MSWLF por sus siglas en inglés) que reciben residuos peligrosos domésticos y de CESQG. Estos últimos criterios no aplican a las unidades de disposición de residuos no peligrosos no-municipales que no reciben residuos peligrosos domésticos.

La EPA optó por regular primero los rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales porque presentan un riesgo ambiental mayor que las unidades no municipales de residuos no peligrosos, que reciben los residuos peligrosos de los CESQG, que ahora quedan cubiertos con la promulgación de la regulación a la que se hace referencia al inicio de este apartado, sobre los generadores de pequeñas cantidades de residuos peligrosos

Entre las noticias y los documentos de apoyo que sustentan estas regulaciones, contenidos en el Código Federal de Regulaciones (CFR), se encuentran las siguientes (consultar página Web: www.epa.gov/eoaiswer/hazwaste/sqg/cesqg.htm):

- Federal Register Notice-40 CFR Part 257-July 1, 1996 (Volume 61, Number 127).
- Conditionally Exempt Small Quantity Generators Rule Fact Sheet
- Conditionally Exempt Small Quantity Generators Rule
- Supporting Documents
- Report on Conditionally Exempt Small Quantity Generator Waste
- Generation and Management of CESQG Waste
- Report on Construction & Demolition Waste Landfills

- List of Industrial and & Construction and & Demolition Waste Landfills
- Environmental Damages Cases from Construction and Demolition Waste Landfills
- Background Document for the Conditionally Exempt Small Quantity Generator (CESQG) Rule
- Cost and Economic Impact Analysis of the CESQG Rulemaking
- Response to Public Comments on CESQG Proposal. Introduction.

SECCIÓN II.
ENFOQUES Y EXPERIENCIAS
NACIONALES SOBRE VALORIZACIÓN
Y PARTICIPACIÓN SOCIAL EN LA
GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

CAPÍTULO 10

La valorización de residuos como fuente de negocios y empleos en un marco de desarrollo sustentable

I. Evolución e influencia de la conceptualización de los residuos sobre su gestión

La historia de la gestión de los residuos en México, no muy distinta de la de otros países, ha transcurrido como un proceso en etapas:

1. La primera, parte de una concepción de éstos como un mal inevitable de cuya administración se responsabilizó a los municipios (artículo 115 constitucional).
2. En la segunda se reconoció la peligrosidad de algunos de ellos por lo que se responsabilizó a los generadores de su administración –siguiendo el principio del que contamina paga- y se facultó a las autoridades ambientales federales para llevar a cabo su regulación y control (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente).
3. En la tercera, y actual, se les ha concebido al mismo tiempo como un riesgo potencial para el ambiente y la salud –si son manejados inadecuadamente- o como un bien susceptible de valorizar mediante la creación o fortalecimiento de cadenas productivas en las cuales se aprovechen los materiales reusables o reciclables contenidos en los mismos -o su poder calorífico- mediante procesos ambientalmente adecuados (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos).

Las lecciones de las dos primeras etapas han sido objeto de numerosos análisis que, en resumen, plantean lo siguiente:

- Ninguno de los enfoques de la gestión de los residuos adoptados en estas dos etapas ha atacado de manera efectiva la raíz del problema, que es la falta de sustentabilidad de los modelos de producción y consumo que fomentan el desperdicio de recursos que terminan convirtiéndose en residuos, de la mayoría de los cuales no se saca provecho y, por el contrario, sólo se derivan riesgos al ambiente y la salud.
- Salvo contadas excepciones, ni uno ni otro enfoque han logrado la sustentabilidad, tanto en lo que respecta al manejo de los residuos sólidos municipales como a los peligrosos; es decir, no se ha cumplido la meta de que dicho manejo sea ambientalmente efectivo, económicamente viable y socialmente aceptable.
- No se ha conseguido crear la mínima infraestructura necesaria a lo largo del territorio nacional, para el manejo integral, ambientalmente adecuado, económicamente accesible y rentable, de los distintos residuos generados por microgeneradores, pequeños y grandes generadores.
- Prácticamente no se han obtenido los cambios de conducta esperados en los generadores y gestores de los residuos que hagan posible, en un tiempo razonable -y con el siguiente orden de prioridades-, la reducción de su generación, el aprovechamiento de su valor, su tratamiento y su disposición final segura y ambientalmente efectiva.
- El reciclaje de los residuos sólidos municipales se realiza ineficientemente, por lo general con fines económicos más que ambientales, en beneficio de unos cuantos y en detrimento en muchos casos de los trabajadores informales que intervienen -en condiciones indignas, insalubres e inseguras- en las cadenas de acopio y segregación de materiales valorizables presentes en la basura.
- Lejos de contribuir a la protección al ambiente, las prácticas habituales de manejo, y sobre todo de disposición final de los residuos sólidos municipales, e incluso de numerosos residuos peligrosos, están dando lugar a la creación de numerosos sitios contaminados que ponen en riesgo la calidad de las fuentes de abastecimiento de agua, a los ecosistemas y a la salud de la población.
- Los vacíos legislativos, las debilidades o carencias reglamentarias, la pobreza de la normatividad que establece las especificaciones que deben guiar las conductas de los generadores y gestores de los residuos, junto con la insuficiente supervisión de su cumplimiento (o inexistente tratándose de residuos sólidos municipales), se

han constituido en desincentivos para que la sociedad contribuya a lograr la prevención de la generación y el manejo integral y sustentable de los residuos.

Por estas circunstancias se inició la tercera etapa, con la integración, revisión y aprobación consensada de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, que busca construir -con base en las experiencias descritas y en los casos exitosos de minimización y manejo adecuado de los que se tiene información- una nueva forma de administrar los residuos en la cual se pone énfasis en las oportunidades de negocios y de creación de empleos, al aprovechar de manera eficiente (desde la perspectiva ambiental, económica y social) el valor de los materiales contenidos en los residuos.

La forma como se avizora en esta nueva etapa superar los problemas que enfrentaron las dos etapas iniciales antes enunciadas, es el tema del presente capítulo de la serie de Manuales para Regular los Residuos con Sentido Común, dedicado a la valorización de residuos, participación social e innovación en su gestión.

II. Antecedentes del enfoque de la administración de los residuos basada en las oportunidades que brinda su valorización

II.1. Antecedentes nacionales

La experiencia nacional del reciclaje de residuos muestra que, cuando un material contenido en ellos tiene valor en el mercado, se convierte en detonador de una cadena de actividades en las que intervienen diferentes actores y sectores y que culmina con la generación de materiales secundarios a partir de estos residuos y su empleo como insumos en procesos productivos que cierran el ciclo de su aprovechamiento.

Sin embargo, algunos indicadores alertan sobre el hecho de que este aprovechamiento de los materiales, obviamente reciclables, no es del todo sustentable, y señalan que una gran proporción de los materiales que se encuentran constituyendo los productos de amplio consumo, no están siendo reciclados y terminan como residuos cuyo manejo deja mucho que desear.

Ejemplos de lo anterior, para el caso de los residuos sólidos municipales e industriales no peligrosos, son los siguientes:

- La forma en que son eliminados los materiales o productos potencialmente reciclables por los consumidores, frecuentemente los deteriora al ser mezclados con otros residuos que los contaminan y les hacen perder su valor (por ejemplo, cuando se mezclan residuos inorgánicos con residuos orgánicos).
- Ligado a lo antes citado está el hecho de que algunos recicladores de dichos materiales o productos prefieren importarlos para contar con la calidad requerida para su valorización, con lo cual no recurren a los generados a nivel nacional (por ejemplo, esto es lo que ocurre -en cierta medida- con el papel y cartón),
- El acopio, almacenamiento, transporte, segregación y procesamiento de los residuos que contienen materiales valorizables, frecuentemente se realiza mediante prácticas contaminantes.
- Gran número de los trabajadores que intervienen en las distintas etapas de estos procesos no cuentan con condiciones laborales estables, higiénicas, con prestaciones médicas o de otra índole, ni con las remuneraciones que les permitan una subsistencia digna, a pesar de los valiosos servicios que prestan en las cadenas de reciclaje.
- El volumen de residuos de toda índole crece año con año en cantidad y diversidad, en tanto que la proporción que se recicla es sumamente pequeña y muy por debajo de la capacidad actual de aprovechamiento.
- A pesar del valor de muchos de los materiales contenidos en los residuos que manejan los servicios municipales y de que cierto número de éstos durante su transporte son desviados de su destino final en un relleno sanitario o en un tiradero de basura controlado, para ser enviados a reciclaje, los ingresos resultantes no fortalecen la capacidad de gestión ni mejoran la operación de dichos servicios (que generalmente operan en números rojos).

En el caso de los residuos peligrosos, la rigidez del sistema regulatorio vigente y la falta de opciones y facilidades para lograr la valorización de los residuos, sobre todo tratándose de los generados a nivel domiciliario o por los establecimientos industriales, comerciales y de servicios que son microgeneradores, no permite que se aproveche en toda su extensión el valor de muchos de ellos, ya sea porque eleva los costos de transacción para lograrlo, lo impide y fuerza a que se destinen a confinamiento o, lo que es peor, conduce a que se deshagan de ellos irresponsablemente.

Un problema particular lo constituye la falta de un sistema de información apropiado y accesible a todo tipo de público, que permita conocer qué está pasando en todo el territorio nacional en materia de valorización de los residuos de distinta índole, quién la está llevando a cabo, cómo se está realizando, qué obstáculos se oponen a ella, y qué oportunidades existen para hacerla más eficiente y rentable, lo cual en sí mismo se constituye en una falta de incentivo; aunque no se puede negar que existen organismos y revistas que se esfuerzan por lograr este objetivo y que han habido esfuerzos loables por crear bolsas de residuos industriales para incentivar el intercambio de materiales valorizables.

En este manual se busca poner en perspectiva algunas de las actividades más exitosas de valorización de residuos en México, respecto a lo que está ocurriendo en otros países y alentar a que se sistematice la información correspondiente y se divulgue ampliamente.

II.2. Antecedentes internacionales

Aun cuando los países más industrializados, particularmente los que forman parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), también vivieron situaciones similares a las referidas previamente, hoy en día han hecho del reciclaje sustentable de los materiales contenidos en los residuos, uno de los objetivos centrales de sus políticas, regulaciones y programas relacionados con la gestión de éstos.

A lo largo del presente manual se hace referencia a los diferentes enfoques y experiencias que derivan de esta nueva forma de abordar la gestión de los residuos, al describirse cómo se lleva a cabo en algunos de esos países la valorización de un conjunto de productos de amplio consumo (por ejemplo, llantas, acumuladores, vehículos al final de su vida útil, equipos eléctricos y electrónicos, envases, plásticos, aceites lubricantes y residuos de algunos sectores industriales como el de la galvanoplastia).

También se han resumido algunos enfoques innovadores con una base comunitaria, a través de los cuales, en ciertos países, se está incentivando la participación organizada e informada de diferentes actores y sectores que conviven en una misma ubicación geográfica, en la solución de los problemas individuales o colectivos que les aquejan en relación con la generación y el manejo de los distintos tipos de residuos, a través de proyectos que reciben un trato particular por las autoridades regulatorias, tanto ambientales como comerciales y que se dan a conocer por distintos medios.

Algo notorio cuando se consultan las páginas Web en las que las autoridades ambientales difunden tales proyectos, es la forma en la que se les enmarca en un contexto de creación de “Empleos Mediante el Reciclaje”, es decir, resaltando el hecho de que la valorización de los residuos es una fuente de empleo y, por lo tanto, de ingresos; este concepto es distinto al tradicionalmente usado por este tipo de autoridades, en el cual se solía regular y controlar a los residuos solamente como contaminantes potenciales y con un enfoque centrado en el castigo a la violación de los preceptos legales en la materia.

Esta nueva visión ha dado un giro completamente distinto a los procesos normativos del desempeño ambiental que debe tenerse al manejar los residuos, por un lado, al crear mecanismos para aplicar los ordenamientos jurídicos con cierta flexibilidad y bajo criterios claros para salvaguardar la seguridad en dicho manejo y, por otro, al impulsar a los generadores y gestores (sean estas instituciones, empresas, organismos municipales u otros) a proponer ellos mismos formas de manejo más fáciles, más baratas, más rápidas y ambientalmente adecuadas, que a la larga se conviertan en normas.

Con este nuevo enfoque se multiplican de manera considerable las acciones en todo el territorio de un país tendientes a lograr el manejo sustentable de los residuos, y se incrementa la eficiencia y eficacia normativa con la participación responsable de los diversos sectores sociales.

Lo sorprendente es que, mediante estas nuevas formas participativas de gestión de los residuos, se está fomentando la innovación y se están logrando ahorros y beneficios económicos, a la par que se protege al ambiente y la salud, propiciando la prevención de la generación y el manejo integral y ambientalmente adecuado de los residuos; todo ello a la vez que se estimulan las inversiones y la creación de empleos.

Cabe resaltar que lo anterior se apoya en la existencia de: a) reglas precisas sobre las medidas de seguridad y los niveles de protección ambiental que se deben establecer para prevenir riesgos al ambiente y la salud en el manejo de los residuos, b) ordenamientos legales que determinan la responsabilidad civil ante el daño (liability), y c) el derecho de la población a estar informada sobre lo que sucede respecto de la gestión ambiental de los residuos, aspectos sobre los que ya se han logrado algunos avances en México, pero que se deben consolidar, adecuarse a las circunstancias del país o desarrollarse, con la participación informada y activa de los distintos sectores sociales, para que reflejen de manera balanceada sus intereses y preocupaciones.

III. Contexto en el cual se desarrolla el proceso de mejora regulatoria en México

México está viviendo una etapa crucial en el crecimiento y fortalecimiento de sus instituciones para lograr un desarrollo sustentable, en la cual está sujeto a numerosas presiones internas y externas para que mejore su desempeño ambiental y económico –sobre todo para combatir la pobreza y las desigualdades sociales que derivan de la distribución inequitativa de los ingresos–, así como a un riguroso escrutinio, acompañado de procesos de rendición de cuentas.

En ello influyen, entre otros: la evolución del sistema político; una incipiente pero cada vez mayor ingerencia ciudadana en las cuestiones que atañen a la gestión pública de los destinos del país; la creación de mecanismos para difundir y abrir los espacios para la participación de los sectores interesados en el quehacer legislativo; la multiplicación de organismos no gubernamentales involucrados en actividades que buscan insertar a México en la ruta del desarrollo sustentable; así como la firma de numerosos tratados comerciales y acuerdos internacionales de cooperación ambiental.

En materia de instrumentos para mejorar el desempeño ambiental de los sectores sociales, se cuenta ya con una experiencia alentadora derivada de la adopción de códigos de conducta voluntarios, como los relativos a la promoción del manejo ambientalmente adecuado de los plaguicidas de la FAO; el de responsabilidad integral de la industria química; de la puesta en práctica de auditorías ambientales; de la certificación ISO 14 000, tratándose de la industria, así como de la implantación de sistemas de manejo ambiental por dicho sector y por el sector gubernamental.

También son notorios los esfuerzos de las instituciones educativas y de investigación por acercar a los estudiantes, profesores e investigadores a los problemas que aquejan a México y a las fronteras en el conocimiento mundial en los distintos campos, incluyendo el relativo a la protección ambiental, a la prevención de la contaminación y a la gestión de los residuos. No menos importantes son los avances que estas instituciones están logrando en materia de vinculación de la academia con la industria, el gobierno y la sociedad.

Los avances en las tecnologías de la información, aun cuando no accesibles a toda la población, si están al alcance de muchos individuos, grupos e instituciones claves para

lograr la mejora regulatoria en los distintos campos de la vida pública, a fin de eliminar las barreras que se oponen al desarrollo sustentable, en particular, en lo que respecta a la gestión de los residuos.

Estos avances, sin duda significativos, son paradójicos si se comparan con los rezagos ancestrales que el país enfrenta en distintas esferas del quehacer público, como la relativa precisamente a la gestión de los residuos, sobre todo sólidos municipales, que aún se encuentra en el medioevo.

Por lo anterior, el desafío en esta nueva etapa de la gestión de los residuos en México, es desarrollar esquemas que, al mismo tiempo que resuelven los graves problemas que conlleva su generación creciente y su manejo inadecuado, atiendan a la necesidad que tiene el país de un desarrollo incluyente y equitativo, que reduzca los niveles de pobreza, que fomente la creación de fuentes de ingresos y de empleos, que eleve la competitividad de las empresas y que mejore el desempeño ambiental de todos los actores y sectores sociales que generan y manejan los residuos.

En estas circunstancias, es indispensable desarrollar un enfoque holístico que cubra las distintas aristas de la gestión de los residuos y que tenga un carácter multidisciplinario y multisectorial, ya que lo que debe buscar dicha gestión es que sea ambientalmente efectiva, económicamente viable, tecnológicamente factible y socialmente aceptable; lo cual constituye indudablemente un reto.

Aunque en este manual sólo se describen las experiencias en la gestión de unas cuantas corrientes de residuos, las aportaciones que se incluyen en él permiten mostrar la estrecha interrelación que existe en las distintas actividades de valorización de residuos citadas, que incitan a su consideración con un enfoque globalizador.

Así, por ejemplo, en el caso de los automóviles, en este manual se mencionan las experiencias de valorización de diversos residuos que están relacionados con ellos como son: las llantas neumáticas, los acumuladores y los equipos electrónicos; los componentes plásticos, los aceites lubricantes y el acero; aunque también se describe la forma de minimizar y valorizar algunos de los residuos que se generan en las actividades de galvanoplastia que involucran el acabado de las superficies metálicas de partes de automóviles. Esto lleva a destacar la importancia, al establecer un plan de manejo de los vehículos que terminan su vida útil, de considerar la forma en que deberán manejarse sus distintos componentes antes señalados.

Al mismo tiempo, la consideración de la forma en que se manejan los residuos provenientes de vehículos que terminan su vida útil, brinda la oportunidad de destacar las diferencias entre lo que ocurre en los países desarrollados, con lo que sucede en México; puesto que en los primeros el vehículo completo se retorna al proveedor y éste lo canaliza a procesos integrados en los cuales se le desmantela, se separan sus piezas o componentes y se les envía a los distintos recicladores, en México lo más frecuente es que cadenas de individuos (por ejemplo, pepenadores) y de pequeños negocios, se encargan de desmantelarlos y de vender sus partes a los distintos recicladores.

Derivado de lo anterior, se considera pertinente la evaluación de las implicaciones socio-económicas de modernizar la gestión de los residuos de ésta y otra índole, con un enfoque de país industrializado o con base en la realidad nacional y el interés en aliviar la pobreza de muchos sectores sociales, al crear o fortalecer fuentes de empleo como las que derivan de las iniciativas de fomento al reciclaje de los materiales valorizables contenidos en los residuos.

Lo antes expuesto lleva a enfatizar la necesidad de que en cada localidad del país se realice el diagnóstico básico de la gestión de los residuos, considerando no tan sólo cuántos, de qué tipo y en qué cantidades se generan los residuos, sino también quiénes están interviniendo en la actualidad en su manejo, incluyendo los trabajadores informales y las cadenas de negocios involucradas en el reciclaje.

Asimismo, y con el propósito de lograr el desarrollo sustentable de cada municipalidad, se identifica la importancia de adoptar un enfoque geográfico y comunitario al diseñar los sistemas de gestión integral de los residuos con la participación de todos los actores y sectores sociales interesados, para que éstos respondan a sus necesidades y prioridades, e incluyan la consideración a los aspectos socio-económicos antes mencionados.

Por lo anterior, se optó en este manual por iniciar la segunda sección del mismo con este tipo de consideraciones y con una descripción de lo que se entiende como manejo integral de los residuos, antes de presentar las experiencias nacionales en materia de valorización de algunos de los residuos más sobresalientes.

CAPÍTULO 11

Manejo integral de los residuos sólidos

I. Definición de manejo integral de residuos

El manejo integral de los residuos (MIREs) es una herramienta de planeación y diseño que combina flujos de residuos, métodos de recolección y sistemas de tratamiento y disposición final, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región.

Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzos de minimización, reúso y reciclaje, tratamientos que involucran compostaje, biogasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios.

El punto clave no es cuántas opciones de tratamiento se utilicen, o si se aplican todas al mismo tiempo, sino que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales establecidos a nivel nacional.

Así, por ejemplo, un sistema en una municipalidad que incorpore reciclado y relleno sanitario, puede ser muy diferente al sistema prevaleciente en otra municipalidad que incluya reciclado, composta y relleno sanitario. Lo anterior no es un problema, en tanto se

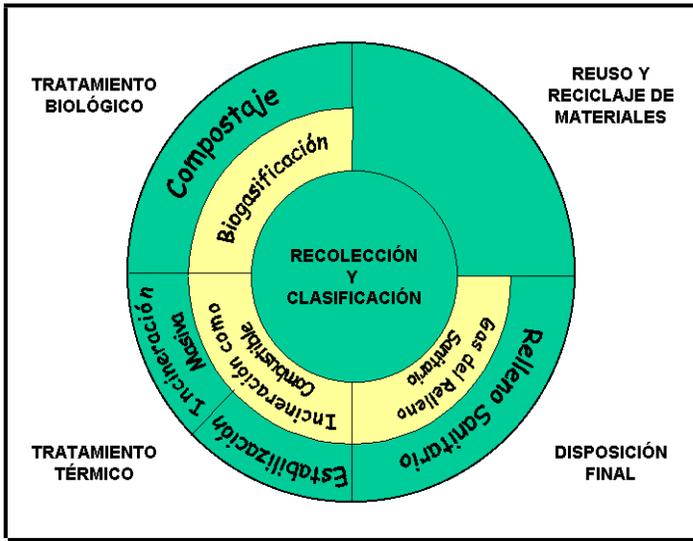
alcance el objetivo principal del MIRES, que es encontrar los medios técnicos, económicos, ambientales y sociales más apropiados para desviar una cantidad óptima de residuos del relleno sanitario. El MIRES es un modelo que hace hincapié en la interrelación de las partes del sistema y no intenta predecir cual es el mejor sistema. No existe el mejor sistema universal para cualquier municipalidad, todas las soluciones son únicas para aquella región o municipalidad en estudio.

II. La jerarquía de las acciones de manejo

El MIRES le da una nueva dimensión al enfoque comúnmente conocido como la jerarquía del manejo de residuos sólidos (o del triángulo invertido), el cual prioriza las opciones de manejo de residuos en un orden de preferencia que parte de la prevención de la generación, del reúso, reciclaje o compostaje, de la incineración con recuperación de energía, de la incineración sin recuperación de energía, y la disposición final en rellenos sanitarios como última opción. Este enfoque ha influido significativamente en las decisiones y estrategias de manejo de residuos a nivel local, nacional e internacional durante los últimos 25 años.

El MIRES ha superado a la comúnmente conocida “jerarquía de manejo” que tiene ciertas variaciones pero normalmente prioriza las opciones del manejo de residuos en un orden de preferencia: minimización, reúso, reciclaje, compostaje, incineración con recuperación de energía, incineración sin recuperación de energía, relleno sanitario. Con la diferencia que en el MIRES, si bien considera lo establecido en la jerarquización, no es estrictamente en el orden, ya que selecciona las opciones que sean viables para la localidad en estudio (figura 11.1).

Figura 11.1. Manejo integral y sustentable de los residuos sólidos municipales



Por lo tanto, el MIREs es la interpretación flexible del enfoque del triángulo invertido y se ajusta a las realidades locales, a la vez que toma en consideración diversos elementos como los que se citan a continuación:

- No siempre el reciclado de residuos es la mejor opción desde la perspectiva ambiental y económica, como lo muestra la aplicación del análisis de ciclo de vida comparativo, en el que se pone en perspectiva esta opción respecto de la generación de los materiales primarios correspondientes.
- La selección de las combinaciones de formas de manejo de los residuos y de las prioridades que deben asignárseles, requiere hacerse con base en diagnósticos que permitan conocer las situaciones que privan en cada localidad respecto del tipo y volúmenes de residuos que se generan, la infraestructura disponible o accesible para su manejo y los mercados de los materiales secundarios, entre otros.
- La viabilidad económica de las distintas modalidades de manejo de los residuos sólidos.

Por lo anterior, la jerarquía del triángulo invertido debe ser vista más como un menú de posibles opciones de manejo de residuos, que como un esquema rígido que, en sentido estricto, se debe seguir y cumplir al pie de la letra en el orden propuesto.

Como se mencionó anteriormente, la jerarquía para el manejo de residuos es muy conocida y es frecuentemente citada, sin embargo, su valor estratégico tiene las siguientes limitaciones.

1. Tiene pocas bases científicas y técnicas. No hay razón científica, por ejemplo, por la cual el reciclaje de materiales siempre deba ser preferido a la recuperación de energía.
2. Tiene un uso limitado cuando se utiliza una combinación de opciones como sucede en un sistema del MIRES. Lo que se necesita es una evaluación global de todo el sistema, situación que, mediante el uso de la jerarquía, no sucede.
3. No considera costos. Por lo tanto, no puede ayudar a evaluar la factibilidad económica de sistema de manejo de residuos sólidos municipales (RSM).

Este tipo de limitaciones llevó al desarrollo del concepto de manejo integral, el cual se adapta a las condiciones de cualquier localidad y es un modelo más flexible que permite mayores beneficios ambientales y la optimización de los escasos recursos económicos con que cuentan las arcas municipales.

Finalmente, un aspecto muy importante en el MIRES es el relativo a la participación de la sociedad civil, informada y razonada, como un elemento fundamental para el desarrollo de las acciones necesarias para el control de los residuos.

III. Principios de un sistema de MIRES

Un sistema de MIRES para una gestión óptima de RSM debe adherirse a los siguientes principios:

1. **Enfoque global:** Que aborda el manejo de todos los residuos y considera todas las opciones de recolección, reciclado, compostaje, biogasificación, incineración con recuperación de energía y relleno sanitario, en el marco de un sistema integral.

2. **Responsabilidad compartida.** Cada participante en la formulación y en la instrumentación del programa de gestión de RSM tiene un papel diferente que jugar y cumplir para apoyar sistemas exitosos de MIRES.
3. **Balance de criterios.** Un sistema óptimo tendrá que alcanzar un balance entre los siguientes criterios:
 - **Efectividad ambiental,** a fin de minimizar los efectos ambientales del sistema en su conjunto, de modo que sea ambientalmente sustentable.
 - **Eficiencia económica,** con objeto de minimizar los costos del sistema de modo que sea rentable y por tanto económicamente sustentable.
 - **Viabilidad técnica,** lo que implica que las opciones tecnológicas a seleccionar sean factibles de aplicar en las condiciones locales de una municipalidad.
 - **Aceptación social,** los criterios antes mencionados se deben de cumplir dentro de un marco de referencia que sea aceptable para los usuarios del sistema en su región.
4. **Aplicaciones flexibles en diferentes comunidades / regiones.** Cada comunidad debe aplicar los criterios que mejor responden a sus necesidades y circunstancias locales y/o regionales, para determinar las opciones óptimas de recolección, recuperación y procesado de los RSM.
5. **Transparencia de costos.** Los servicios y sus costos deben ser obvios y transparentes para aquellos que generan RSM en el sistema de manejo.
6. **Recuperación y reciclado con orientación de mercado.** Los materiales (por ejemplo vidrio, cartón, metal y composta) deben ser recuperados del sistema de RSM únicamente cuando exista una demanda en el mercado y, por lo tanto, el mercado les asigne un precio y su recuperación cumpla los criterios ambiental, económico y social dentro de un marco de referencia aceptable para los usuarios y la sociedad que vive en esa región.
7. **Economías de escala apropiadas.** Los sistemas se deben planear con dimensiones apropiadas, combinando jurisdicciones en caso de ser necesario, para lograr un rango de opciones de tratamiento que se beneficie de las economías de escala.
8. **Mejora continua.** El manejo efectivo de los RSM es un reto relativamente nuevo. La industria del manejo de residuos constantemente está evolucionando y, si bien los datos relativos a su operación están cada vez más disponibles, aún siguen siendo limitados. La evaluación es difícil y por tanto se requiere flexibilidad para fomentar mejoras continuas de los procesos mediante la adopción de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales. Todo esto es necesario para acomodar los cambios en cantidad y calidad de los RSM.

IV. Factores clave para desarrollar un sistema MIRES

Se han identificado una serie de factores que han propiciado el desarrollo y buen funcionamiento de sistemas de MIRES, entre los que se encuentran los siguientes:

- **Buena administración.** Una buena administración es necesaria en el manejo de RSM, como en cualquier otro negocio. La toma de decisiones a corto y largo plazo debe basarse en datos confiables.
- **Visión.** Es esencial que una persona o un equipo tenga una estrategia a largo plazo clara y bien definida de cómo llevar a cabo el sistema de MIRES.
- **Estabilidad.** Facilita el desarrollo de estrategias a largo plazo y se requiere, tanto en lo que respecta al responsable del aseo urbano, como al marco de referencia político de la autoridad local.
- **Economía de escala.** Es esencial para el desarrollo de infraestructura y para asegurarse que cantidades suficientes de materiales reciclados, de composta o de biogás, entre otros, estén disponibles para que los sistemas sean establecidos exitosamente.
- **Disponibilidad de recursos económicos,** a través de donaciones, subsidios, sociedades o acuerdos de cooperación son esenciales para desarrollar obras mayores de infraestructura y mejorar la disponible.
- **Legislación.** Sus efectos pueden ser positivos o negativos. Las legislaciones de fomento mejoran la flexibilidad y promueven estrategias integrales de manejo de RSM, en tanto que legislaciones prescriptivas tienen el efecto opuesto.
- **Participación pública.** El apoyo público es esencial para que funcionen los sistemas de recolección y para que el desarrollo de infraestructura se lleve a cabo. Se debe, por tanto, establecer una comunicación efectiva con los usuarios, a través de campañas educativas, consultas públicas y diálogos para incrementar la concientización y la comprensión sobre el manejo de los RSM.
- **Control de todos los RSM.** Es esencial que el sistema de manejo que se establezca incluya todos los residuos. De otra manera, puede hacer que un sistema de manejo económicamente viable, deje de serlo al forzar la operación de las instalaciones de tratamiento a una capacidad por debajo de su diseño. Esto incrementa el costo por tonelada del sistema en su totalidad.

V. Elementos que conforman el MIRES

En el contexto del desarrollo sustentable, el objetivo fundamental de cualquier estrategia de manejo de residuos sólidos debe ser la maximización del aprovechamiento de los recursos y la prevención o reducción de los impactos adversos al ambiente, que pudieran derivar de dicho manejo.

Es clara la dificultad de minimizar costos e impactos ambientales simultáneamente. Por lo anterior, siempre habrá que hacer juicios de valor para reducir los impactos ambientales globales del sistema de manejo de residuos, tanto como sea posible, a un costo aceptable; encontrar este punto de balance siempre generará debates. Por tal razón, se podrán tomar mejores decisiones en la medida que se cuente con datos para estimar los costos y determinar los impactos ambientales.

Es importante insistir en el hecho de que un sistema de manejo de residuos sólidos, económica y ambientalmente sustentable, debe ser integral, orientado al mercado, flexible y capaz de manejar todos los tipos de residuos sólidos. La alternativa de centrarse en materiales específicos, ya sea porque son fácilmente reciclables, o por la percepción pública, puede ser menos efectiva que una estrategia que simultáneamente considere el aprovechamiento de múltiples materiales presentes en los residuos.

Por lo antes expuesto, se considera que el sistema integral debe ser capaz de manejar residuos de múltiples orígenes (por ejemplo domésticos, comerciales, industriales, de la construcción y agrícolas), así como de diversas composiciones, aprovechando los materiales reciclables no importa cual sea su origen. Todo esto bajo un esquema de que las acciones a utilizar sean técnica y económicamente viables, ambientalmente sustentables y socialmente aceptables.

El MIRES comprende una serie de acciones que, en su conjunto, lo componen y le dan forma, con la finalidad de establecer un sistema *ad hoc* a cada localidad; estas acciones se detallan a continuación.

V.1. Reducción en la fuente

Las iniciativas para prevenir la generación de residuos son una contribución muy importante a la estrategia de gestión integral de residuos sólidos, esto se debe a que reducen la cantidad de materiales desechados que requieren alguna forma de manejo. Más aún, el concepto de reducción ayuda a elevar la conciencia del público en el manejo de los residuos sólidos, aunque dicha reducción debe ser evaluada cuidadosamente para asegurar que tenga bases científicas, ya que decisiones arbitrarias basadas en información sin fundamento pueden resultar en la disminución de una parte del flujo de residuos a costa de un mayor uso de recursos.

En los países en donde ya existe una conciencia ambiental, los fabricantes tienen incentivos económicos y ambientales para darle al consumidor productos de la manera más eficiente posible. La reducción debe hacerse caso por caso, tomando en cuenta el ciclo de vida del producto en cuestión. De esta manera se previene que los problemas sólo cambien de lugar, ya que una mejora aparente en una parte del ciclo de vida puede simplemente llevar a problemas en fases ulteriores o problemas colaterales.

Por ejemplo, la reducción en empaques de alimentos puede resultar en una mayor cantidad de comida desperdiciada o en que se requiera una mayor cantidad de empaque para su transportación. El concepto “más a cambio de menos” ha sido adoptado por la industria dando lugar a productos concentrados, empaques más ligeros y rellenables, reducción de empaques de transportación y otras innovaciones. Como parte de los esquemas de minimización de residuos sólidos, se han introducido cambios en los procesos de producción, en donde muchas compañías han adoptado esquemas internos de reciclado o de recuperación de energía.

La industria también ayuda a reducir los residuos extendiendo la vida de sus productos de manera tal, que se posterga el punto en el que los productos se convierten en residuos. Esto se lleva a cabo, por ejemplo, haciendo productos fáciles de reparar o de mejorar.

Un MIREs exitoso requiere que todos los miembros de la sociedad que contribuyen a integrar el flujo de residuos asuman sus responsabilidades. Una manera efectiva de promover la minimización de residuos experimentada en otros países, ha sido cobrar al generador conforme a la cantidad producida; ésta es una aplicación del principio “el que contamina paga” y forma parte de una estrategia de responsabilidad compartida.

La minimización o reducción en la fuente, en realidad precede al manejo efectivo de los residuos y no es parte de él, ya que afectará el volumen generado y, hasta cierto punto, la naturaleza de los residuos, pero aun así habrá residuos que serán generados y requerirán de sistemas MIRES. Por lo tanto, además de la minimización o reducción en la fuente, es necesario un sistema efectivo para manejar estos residuos.

V.2. Sistemas de reciclaje

No obstante que el reciclaje es muy favorecido por la sociedad, en ciertos casos puede llegar a tener algunos aspectos negativos. Como parte de una estrategia de un MIRES el reciclaje de materiales puede ayudar a conservar recursos, evitar que materiales valorizables contenidos en los residuos vayan a disposición final y hacer participar al público en general en el tema.

Sin embargo, en muchos casos se han creado expectativas irreales acerca de la contribución que el reciclaje puede hacer en un sistema MIRES. El reciclaje es un proceso complejo que en sí consume recursos durante el transporte, selección, limpieza y reprocesado de los materiales reciclables. Además, en este proceso también se producen residuos.

Por lo antes expuesto, el reciclaje debe ser considerado como parte de una estrategia integral para manejar los residuos, no como un fin en sí mismo, y promoverse únicamente cuando ofrece beneficios ambientales globales. Un manejo sustentable de residuos que proporcione mejoras ambientales reales de una manera técnica, económica y socialmente aceptable, sólo puede ser alcanzado a través de metas que sean parte de objetivos ambientales más amplios, tales como: reducción de gases invernadero, disminución de tasas de residuos que llegan a rellenos sanitarios y maximización del aprovechamiento de los recursos.

El beneficio ambiental de reciclar varía de acuerdo con los materiales y también conforme a las tasas de reciclaje, de manera que altas tasas de reciclaje no son necesariamente iguales a mejoras ambientales globales. Por ejemplo, se ha encontrado que envases de plástico no reciclables son mejores que botellas reciclables en términos de consumo de energía, emisiones al aire y al agua y generación de residuos sólidos, ya que desde un inicio usaron mucho menos material.

Los beneficios obtenidos del reciclaje son mayores cuando aplican a los residuos materiales valorizables limpios y disponibles en grandes cantidades; esto ocurre en fuentes comerciales e industriales, de manera que el mayor esfuerzo debe de ir dirigido hacia estas fuentes. También se considera que la separación obligatoria de materiales reciclables a nivel domiciliario e institucional, seleccionados de acuerdo al MIRES establecido, constituye una acción esencial para el éxito de cualquier programa de reciclaje.

Los residuos domiciliarios contienen pequeñas cantidades de muchos materiales mezclados y frecuentemente contaminados, no todos los cuales pueden ser reciclados. La segregación temprana de residuos domiciliarios para separar los potencialmente reciclables, tiene otros beneficios como que los consumidores estén conscientes de los residuos que generan.

Se necesita una estrategia regional para que los sistemas se beneficien de las economías de escala, mediante la colaboración entre autoridades de comunidades vecinas, en lugar de que cada población tenga instalaciones para recuperar materiales sin considerar su viabilidad económica.

El reciclaje dentro de un sistema MIRES puede ser promovido mediante el uso de indicadores de desempeño, en lugar de metas obligatorias. El progreso de un indicador de desempeño se calcula a partir de la suma de toneladas recuperadas en esquemas regionales. Esta estrategia refleja la realidad operacional en las diferentes localidades y no trata de forzar la recuperación fijando metas obligatorias nacionales que localmente pueden no ser benéficas desde los puntos de vista ambiental o económico. Esta estrategia permitiría al país en su conjunto aprender y construir a partir de los éxitos de esquemas locales.

En algunos países se ha promovido el reciclaje a través de la aplicación estricta de la ley, lo cual parece no ser consistente con los aspectos económicos de manejo sustentable de los residuos. En Alemania, por ejemplo, el reciclado forzoso de empaques de plástico ha resultado en costos aproximados de 500 dólares por tonelada de plástico reciclado. Esto representa 200 dólares más que el costo del material virgen, de manera que pudiera ser una asignación equivocada de recursos y de costos de oportunidad. Asimismo, no existe evidencia de que este costo de oportunidad sea compensado por beneficios ambientales, en tanto que, haciendo ese gasto directamente en proyectos ambientales como tratamiento de agua o de emisiones a la atmósfera, muy probablemente se tendrían beneficios ambientales significativos y tangibles.

Incrementar la demanda y, por lo tanto, el precio de materiales secundarios a través del desarrollo de nuevos usos de materiales reciclados, puede resultar en incrementos de tasas de reciclaje derivadas del mercado. Hasta que esto ocurra, la recuperación debe llevarse a cabo por otros medios que sean más viables económicamente. De esta manera, el mercado y una estrategia de MIRES trabajarán juntos para alcanzar tasas de reciclaje económica y ambientalmente sustentables.

Existen opiniones en el sentido de que, incrementar las tasas de reciclaje a través de instrumentos regulatorios como normas de contenido de material reciclado, esquemas de cargos y subsidios e impuestos a materias primas, puede crear contradicciones con las fuerzas del mercado. A la vez, se considera que es poco probable que esto lleve a beneficios ambientales tangibles (como ha sucedido en Alemania) y que, por el contrario, represente una asignación equivocada de recursos y costos de oportunidad, no consistente con la estrategia de MIRES.

V.3. Sistemas de tratamiento biológico

Dentro de un sistema MIRES, el tratamiento biológico se enfoca en los residuos orgánicos, como los alimentos y los residuos de jardín. La fracción orgánica varía significativamente entre lugares y estaciones. En la mayoría de los países industrializados la fracción orgánica representa 20% de los residuos sólidos municipales. En países en vías de desarrollo la materia orgánica llega a exceder 50% de éstos.

El seleccionar los residuos orgánicos dentro de una estrategia integral tiene varios beneficios: convertir los residuos orgánicos en un producto útil (composta) o recuperar energía. Separar la fracción húmeda de los residuos sólidos incrementa el valor de los otros residuos y reduce la cantidad de gas o lixiviado generado en los rellenos sanitarios.

Los dos métodos básicos para tratar los residuos orgánicos son: aerobio (en presencia de oxígeno) y anaerobio (en ausencia de oxígeno). El compostaje se lleva a cabo en condiciones aerobias, ya sea a nivel hogar, o en grandes plantas de composta. La digestión anaerobia es una tecnología relativamente compleja que se lleva a cabo en contenedores sellados que permiten la recuperación y uso de biogás que se genera al descomponerse los residuos.

El éxito del compostaje dentro de un sistema MIRES se determina en gran medida por la calidad de la composta producida y la disponibilidad subsecuente de mercados para el producto. Generalmente, compostas de alta calidad, hechas a partir de fracciones seleccionadas de los residuos, tienen asegurado un lugar en el mercado.

En ciertas circunstancias derivadas de un buen precio de la composta debido a su alta calidad, existen opciones que le dan valor agregado como pudiera ser la "pelletización" para mercados específicos, por ejemplo, la horticultura. La composta de baja calidad hecha a partir de residuos mezclados tiene aplicaciones muy limitadas. Aun así, puede usarse como material de cobertura de rellenos sanitarios para cubrir los costos del esquema de manejo de residuos.

Antes de introducir el compostaje aerobio dentro de un sistema MIRES, se debe garantizar que existan mercados para el producto, por ejemplo, contratos con municipalidades para usar la composta en áreas públicas. Los mercados para el biogás generado en instalaciones para digestión anaerobia también se pueden identificar, aunque la venta de la materia digerida puede tener los mismos problemas que la composta.

V.4. Sistemas de tratamiento térmico

La opción de tratamiento térmico en un sistema de MIRES es probable que genere más controversias que ningún otro de los métodos de tratamiento discutidos anteriormente. Existen tecnologías robustas que procesan grandes volúmenes de residuos mezclados a partir de los cuales se puede recuperar energía útil, extendiendo significativamente la vida útil de los rellenos sanitarios. A pesar de estos beneficios, el tratamiento térmico de los residuos frecuentemente genera resistencia pública.

Existe la percepción de que el tratamiento térmico impide que sean reciclados materiales y que las emisiones son peligrosas para la salud y el ambiente. La conversión térmica puede llevarse a cabo de varias maneras: incineración con o sin recuperación de energía, pirólisis y gasificación.

La energía recuperada de los procesos de tratamiento térmico puede ser convertida en vapor de proceso para la industria ó en electricidad. El tratamiento térmico puede reducir el

volumen de los residuos hasta en 90%, contribuyendo significativamente a disminuir el aporte a otras opciones de manejo dentro de un sistema integral, particularmente al relleno sanitario.

La crítica en el sentido de que el tratamiento térmico de los residuos desvía materiales que pudieran ser reciclados, se debe a que las primeras plantas no fueron diseñadas tomando en consideración su papel en un sistema de manejo integral de residuos sólidos. Sin embargo, nuevas plantas que han sido diseñadas y construidas como parte de un sistema de manejo integral de residuos sólidos, son en sí un complemento al reciclado de materiales. Los procesos de tratamiento térmico generan residuos que requieren disposición adecuada.

V.5. Sistema de disposición final

La cantidad y componentes de residuos que llegan a un relleno sanitario dependerá de las técnicas de manejo de residuos que han sido aplicadas como parte de un sistema de MIREs. El hecho de que el relleno sanitario pueda manejar una gran variedad de residuos da una gran flexibilidad al sistema en su totalidad. Si existen cambios en la cantidad de materiales específicos causados por factores de mercado o estacionales, éstos pueden ser absorbidos por el relleno sanitario si las otras opciones de manejo de residuos están temporalmente sobrecargadas.

Los rellenos sanitarios han avanzado considerablemente en años recientes y continúan su desarrollo, pero aun los más sofisticados, normalmente ofrecen los más bajos costos de tratamientos para residuos.

Se puede agregar valor a los residuos que entran a un relleno sanitario a través de la recolección y uso subsecuente del biogás del relleno sanitario. Este gas proviene de la descomposición anaerobia de materia orgánica. Se pueden instalar sistemas de extracción de gas para su recolección y posterior uso para producir electricidad o para ser usado junto con gas natural como combustible.

El aprovechamiento del biogás no sólo proporciona una fuente alternativa de energía, sino que también reduce los riesgos de explosiones sin control asociadas con concentraciones de metano. Reducir las emisiones de metano a la atmósfera es también benéfico al

ambiente ya que el efecto invernadero generado por este compuesto es de 25 a 30 veces mayor que el del dióxido de carbono.

Al igual que en muchos países, en México es difícil ubicar los rellenos sanitarios porque, debido a experiencias pasadas desafortunadas y al nombrar rellenos sanitarios a tiraderos a cielo abierto, el público se resiste a tener un relleno sanitario cerca de su propiedad. Existe también la percepción de que los rellenos sanitarios no permiten el reciclado ni fomentan prácticas de reducción. Dentro de un sistema MIREs bien diseñado y operado, éste no debería ser el caso ya que todas las opciones de manejo serían estudiadas y consideradas.

Los rellenos sanitarios han sido y continuarán siendo en el futuro previsible, elementos esenciales de los sistemas MIREs, siempre y cuando se ubiquen en lugares apropiados, se diseñen, construyan y operen de manera segura y ambientalmente adecuada.

En lo que se refiere a la reubicación de pepenadores fuera de los rellenos sanitarios, deben aprovecharse las experiencias exitosas al respecto. Dichas experiencias muestran que se puede promover la organización de estos grupos en empresas relacionadas con la operación de concesiones de selección, transporte, recuperación y procesamiento de residuos reciclables.

A la vez, al planear la ubicación de un relleno sanitario, debe tomarse en cuenta la vida media del mismo que se prevé en función de su capacidad proyectada (5 a 30 años), a manera de considerar los planes de desarrollo urbano y la posibilidad de convertirlos en zonas recreativas una vez que se agote su capacidad y se cierren. Es recomendable considerar su ubicación en zonas industriales o en lugares estratégicos para que brinden servicio a varios municipios.

VI. Inventario del ciclo de vida

Una herramienta que ha sido de suma utilidad para llevar a cabo un MIREs es el Inventario de Ciclo de Vida (ICV). Éste comienza en el momento que un material se convierte en residuo (pierde su valor comercial), y termina cuando deja de convertirse en residuo y se convierte en un producto útil en energía aprovechable o en material inerte en el relleno sanitario.

Las “entradas” en un sistema de MIRES son los RSM, la energía y otras materias primas. Las “salidas” del sistema son productos útiles “revalorizados” (reutilizados, reciclados, derivados a composta o incinerados con recuperación de energía), emisiones al aire o agua, y materiales inertes que se disponen en los rellenos sanitarios.

Una vez que se ha descrito el sistema de MIRES, deben calcularse en términos cuantitativos las “entradas” y “salidas” de cada opción de tratamiento, utilizando datos fijos para cada tipo de tratamiento. La falta de datos confiables es un problema que se presenta en el ICV.

Los resultados de los modelos de ICV en el caso de los residuos sólidos se expresan como: consumo neto de energía, emisiones al aire, emisiones al agua, volumen de rellenos sanitarios, materiales recuperados, cantidad de composta, tasa de recuperación de materiales y tasa de desviación de materiales que estaban destinados a rellenos sanitarios.

La utilidad del ICV en el MIRES se centra en la evaluación de la eficiencia ambiental. El ICV contribuirá a determinar la combinación óptima de manejo integrado de las opciones que minimicen tanto el consumo de energía y materias primas, como la generación de emisiones al agua y aire y la cantidad de materiales inertes que se disponen en los rellenos sanitarios.

También debe enfatizarse que un ICV no permite decidir automáticamente cual es la “mejor” estrategia de un MIRES. Un ICV enfocado al MIRES proporcionará una lista de consumo de energía, emisiones al aire, agua y suelo y también predecirá las cantidades de productos útiles que se generan de los residuos, tales como composta, materiales secundarios y energía útil.

El mejor sistema para cualquier región dependerá de las necesidades y prioridades locales, tales como la necesidad de reducir los requerimientos de los residuos, o la necesidad de reducir las emisiones al agua o aire. De este modo, el ICV es una herramienta que apoya la toma de decisiones, no una herramienta que automáticamente toma las decisiones.

La selección del mejor sistema de MIRES para cada región requerirá todavía que se tome una decisión, pero el ICV proporciona información ambiental adicional y global que puede ser muy útil en el proceso de toma de decisiones.

VI.1. Modelo de computación de ICV para el MIRES

El primer modelo de computadora completo de ICV para el MIRES estuvo disponible a partir de 1995, como parte del libro "Integrated Waste Management: A Lifecycle Inventory" (White et al). En el año 2000, se presentó la segunda edición revisada y mejorada. Este modelo predice las entradas y salidas ambientales globales de los sistemas del MIRES e incluye un modelo económico paralelo. El modelo fue diseñado como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones para quienes manejan los RSM y que necesitaban decidir entre varias opciones de manejo. El modelo se ha aplicado en Europa, América del Sur y Asia para ayudar a diseñar sistemas locales y regionales de MIRES. Actualmente, SUSTENTA, Compromiso Empresarial para el Manejo Integral de Residuos Sólidos, lo está aplicando en México

VI.2. Beneficios del ICV

El beneficio de utilizar una herramienta como ICV es que proporciona flexibilidad permitiendo la evaluación de la estrategia óptima de manejo de RSM para una región determinada, caso por caso, considerando estos factores. Por ello, el ICV es de máxima utilidad como una herramienta que puede aplicarse para cada caso específico, más que para tratar de identificar una solución única para todo un país o continente.

Los beneficios del uso del ICV, caso por caso, pueden apreciarse analizando los ejemplos en los que ha sido utilizado. A la fecha, estos modelos han sido utilizados como:

- **Herramientas de referencia:** Para evaluar el perfil ambiental actual de un sistema de manejo de RSM.
- **Herramientas comparativas** de planeación: Para investigar y comparar varios escenarios.
- **Herramientas de comunicación:** Para proporcionar información sobre alternativas que pueden compartirse con todos los sectores interesados, incluyendo a la sociedad.
- **Fuentes de datos:** Para proporcionar información amplia y coherente sobre todos los aspectos del MIRES.

Existen muchos casos en donde el ICV ha sido utilizado para “informar” sobre decisiones de manejo de RSM. Sin embargo, la prueba final del valor del ICV como herramienta de apoyo en la toma de decisiones, es analizar si efectivamente ha tenido influencia sobre éstas. La respuesta es afirmativa. En Barcelona, por ejemplo, la estrategia de manejo de RSM propuesta para esta región fue derivada de la aplicación de un estudio de ICV utilizando el modelo publicado por White *et al.* En Pamplona, actualmente se está considerando la opción de compostaje como resultado de un estudio de ICV. En Londres, se ha incorporado formalmente el “Modelo de Inventario de Ciclo de Vida Ambiental y de Análisis de Costos Económicos” en su Sistema de Mejora Continua para el manejo de los RSM.

VII. Aplicación del modelo MIRES

Uno de los aspectos primordiales del programa de MIRES en cualquier localidad es la adaptación de un modelo desarrollado en Europa en el cual se utiliza como herramienta el ICV. Los cuales fueron descritos en anteriores cuartillas.

El modelo permite simular y evaluar los impactos ambientales y los costos de diferentes escenarios para el manejo, tratamiento y disposición final de los RSM. Asimismo, esta herramienta al ser adaptada a las condiciones de la localidad permite maximizar la valorización de los RSM y minimizar los costos del manejo integral y sus impactos al ambiente.

El ICV, tiene la ventaja de analizar varias acciones que están relacionadas con el sistema de manejo y tratamiento de los RSM y que tradicionalmente no han sido consideradas en estudios y proyectos anteriores. Situaciones como uso de la energía en el sistema, los impactos del sistema en el ambiente y las recuperaciones de recursos renovables y no renovables a través de sistemas de tratamiento acordes a las necesidades de la localidad y tomando en consideración la demanda de los subproductos contenidos en los RSM generados en esa localidad.

Otra de las ventajas importantes es que el modelo del MIRES contempla todos los constituyentes de los RSM, valorizando aquellos que tienen algún valor y destinando a relleno sanitario los que no tienen demanda en el mercado.

VIII. Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos

Este diagnóstico, de acuerdo a lo establecido en la ley en su artículo 25 segundo párrafo, es un estudio que considera la cantidad y composición de los residuos, así como la infraestructura para manejarlos integralmente.

Con la finalidad de cumplir con este diagnóstico, las municipalidades deberán llevar a cabo las siguientes acciones:

1. Recopilación de la información existente
2. Muestreo de generación y composición
3. Análisis y evaluación técnica, económica, ambiental y social del sistema de aseo urbano
 - a. Sistema de almacenamiento
 - b. Sistema de barrido
 - c. Sistema de recolección
 - d. Sistema de transporte
 - e. Sistema de tratamiento
 - f. Sistema de disposición final
4. Determinación de parámetros
5. Utilización del programa de manejo integral
6. Definición de alternativas del sistema de aseo urbano

Para el estudio anterior es recomendable usar las siguientes normas:

- NMX-AA-15-1985
- NMX-AA-16-1984
- NMX-AA-18-1984
- NMX-AA-19-1985
- NMX-AA-22-1985
- NMX-AA-24-1984
- NMX-AA-25-1984
- NMX-AA-52-1985
- NMX-AA-61-1985

IX. Conclusiones

Los países, cuya situación económica está en vías de desarrollo, tienen el potencial de mejorar de manera importante su manejo de RSM, si bien esto está relativamente limitado por la disponibilidad de recursos técnicos y financieros. La implementación de ciertos elementos de MIREs que se aplican en regiones desarrolladas del mundo presentan la oportunidad de establecer sistemas de manejo de RSM que son ambientalmente, socialmente, técnicamente y económicamente aceptables.

Es factible que la evolución de tiraderos a cielo abierto hacia rellenos sanitarios simples, en conjunción con la separación y el compostaje de residuos orgánicos con base en la demanda y trabajar para aumentar con el tiempo esa demanda, pueda resultar en beneficios significativos.

Las condiciones de vida de los pepenadores pueden mejorarse, y los riesgos de salud asociados con sus actividades se reducen. Su involucramiento formal en la clasificación, recolección y el reciclaje de materiales puede ofrecer el potencial de complementar su ingreso e incrementar las tasas de reciclaje.

Debe realizarse un análisis profundo de las condiciones de comercialización de los materiales reciclables y la composta a fin de prevenir situaciones que pudieran afectar su precio.

X. Bibliografía

White, Franke and McDougall, Integrated Waste Management: A Lifecycle Inventory, 2000
Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, 1999
Proyecto de Manejo Integral para la Ciudad de Cuernavaca, Morelos. SUSTENTA, 2003

Para mayores informes de SUSTENTA, se puede consultar su página Web www.sustenta.org.mx, donde se encontrará información sobre legislación, reglamentación, normalización y datos técnicos de utilidad.

CAPÍTULO 12

Reciclaje de chatarra en la industria del hierro y del acero

I. Importancia de la industria del hierro y del acero en México

El acero ha sido el motor del crecimiento de muchas regiones en el mundo representando, asimismo, el inicio de varias cadenas productivas. La Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero agrupa a las principales empresas productoras de acero en México. Esta industria es la segunda productora de acero a nivel Latinoamérica y la número 16 a nivel mundial. La industria nacional aporta al Producto Interno Bruto (PIB) 106.1 mil millones de pesos representando el 2% del PIB total, 7% del PIB Industrial y 10% del PIB manufacturero. En este sector se generan 52,500 empleos directos y poco más de 550, 000 indirectos.

El sector siderúrgico cuenta con una capacidad instalada de 18.92 millones de toneladas en el 2002, con una producción de 14.4 millones de toneladas de acero.

El acero es un material moderno, versátil y en continuo desarrollo. Representa la primera opción para miles de aplicaciones.

II. Importancia de la chatarra para el sector siderúrgico

A lo largo de su existencia, la industria siderúrgica ha considerado a la chatarra como un insumo imprescindible para el proceso de fabricación de productos de acero en sus distintas formas y variedades. El acero es el único material que se recicla al 100% y el más reciclado del mundo.

Actualmente en México, la producción de acero proviene de plantas que, de acuerdo a su proceso de fabricación, se clasifican en plantas integradas, acerías y fundidoras; en todas ellas la chatarra de acero constituye un elemento primordial puesto que en todas se integra parcial o totalmente:

- a) Las plantas integradas son llamadas así porque contemplan su proceso de producción de forma integral desde la extracción del mineral de hierro hasta la obtención de productos laminados y derivados de acero. Estas empresas utilizan fundamentalmente como materia prima el arrabio que producen en sus altos hornos y generalmente completan su proceso con chatarra de retorno o generada en sus propios procesos de fabricación. Este grupo de industrias, no es considerado como consumidor importante de chatarra de origen nacional ni de importación.
- b) Las plantas integradas y semi-integradas producen acero en hornos de arco eléctrico utilizando de manera preponderante hierro esponja y chatarra de retorno, además de un bajo porcentaje de chatarra generada en el mercado nacional o de importación. En este grupo, el consumo de chatarra es relativamente bajo.
- c) Las plantas fundidoras producen acero en hornos de arco eléctrico y hornos de inducción, emplean chatarra sea del mercado nacional o de importación. Este grupo prácticamente consume la mayoría de la chatarra.

De acuerdo con las estadísticas de CANACERO, el volumen de chatarra de acero consumida en el año 2000, se constituyó por 3,800,836 toneladas de procedencia nacional y 1,961,935 de importación. Cabe mencionar que la industria siderúrgica logró en ese mismo año una producción de 15,586,211 de toneladas de acero.

III. Historia del desarrollo de la industria siderúrgica en México y del consumo de chatarra

El advenimiento de las miniplantas siderúrgicas (minimills) aproximadamente unos 40 años atrás, creó un enfoque completamente nuevo para la fabricación del acero. En la actualidad, más de un tercio del acero del mundo proviene de hornos de arco eléctrico.

En México aun cuando la industria siderúrgica nació al principio del siglo pasado, la realidad es que su desarrollo arrancó al principio de la década de los años 40's. La gran demanda de productos de acero que hubo entonces, como consecuencia de la segunda guerra mundial, llevó a la instalación de un buen número de hornos de arco eléctrico en los que se utilizó como materia prima, la chatarra.

La industria del reciclado, por supuesto fue acicateada por esta revolución en la fabricación del acero a efecto de producir mayores cantidades de chatarra procesada y para hacer "a la medida" esa chatarra a fin de apoyar las crecientes necesidades tanto en calidad como en cantidad para esta nueva demanda.

En los años anteriores, el horno Siemens-Martín era el único proceso que ofrecía la posibilidad de uso de la chatarra, en ese entonces, acumulada por muchos años. Sin embargo, este proceso permitía sólo entre 35 y 50% de chatarra ferrosa en sus cargas; en contraste, ahora en las miniplantas de arco eléctrico se permite incluso el 100% de carga de chatarra siendo la mayor parte de ésta, triturada (shredded scrap). Este proceso permitió darle mayor valor al uso de la chatarra o reciclaje del acero.

IV. Reciclaje de chatarra de automóviles

IV.1. Aspectos generales relevantes

La chatarra triturada suma aproximadamente 15% de toda la chatarra ferrosa producida en el mundo. La fuente de materia prima para los trituradores y el grado más difícil de procesar en la forma tradicional, ha sido el "automóvil". El aumento dramático de los vehículos en el final de su vida útil, coincidió con el tiempo en que los hornos de arco eléctrico iniciaron su operación. Para producir un producto de acero vendible y terminado, empaquetado a partir

de un automotor, era necesario llevar a cabo una tarea lenta y onerosa cuando se desarmaba a mano. Por ello, cuando los fabricantes de acero desarrollaron el proceso de aceración eléctrica, la industria del reciclaje desarrolló la tecnología del triturado. Hoy en día, no sólo se pueden triturar automotores sino también toda clase de bienes de consumo.

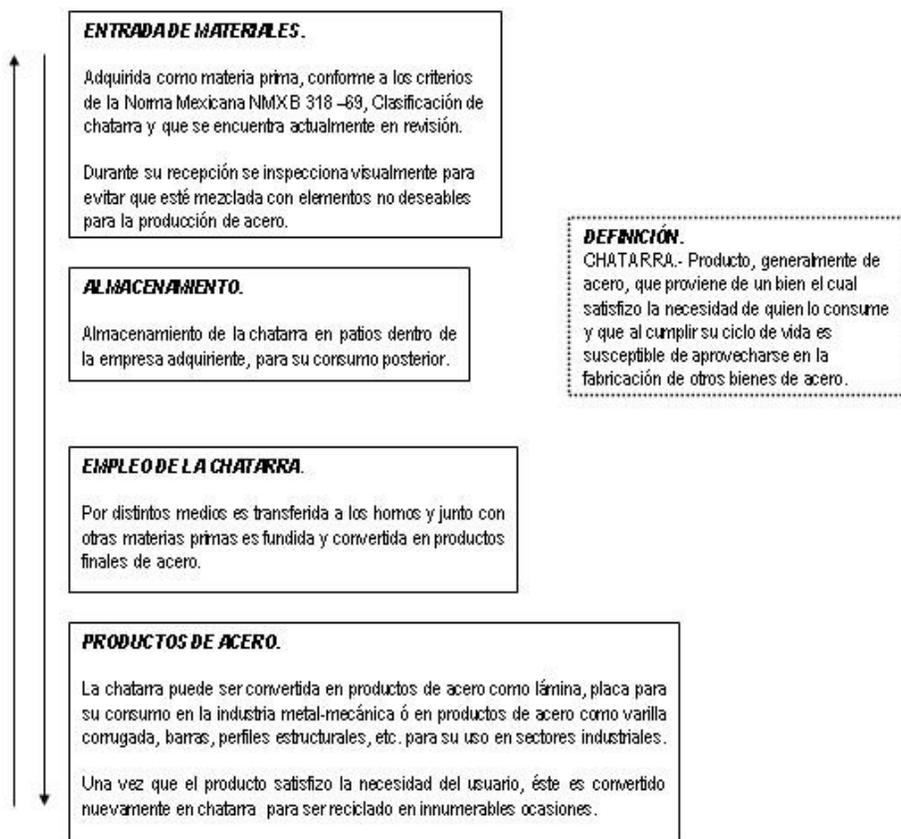
El desarrollo del triturador o desmenuzador como se le conoce internacionalmente, fue un factor muy importante en la historia de la industria del reciclaje. De hecho, representó la introducción de tecnología de la línea de producción al reciclaje ferroso, la cual mejoró la habilitación de materia prima ferrosa para su alimentación al horno, además de crear un beneficio ambiental. El producto final es consistente en calidad y tamaño, por lo que es fácil de cargar al horno, aparte de ser fácil de manejar, apilar y transportar.

El proceso de desarrollo de esta tecnología fue mejorando. Generalmente se recuperaba casi el 75% del peso del cuerpo de un vehículo, que incluía el material no ferroso cercano al 4% del peso. Para lograr esto, la industria tuvo que idear medidas efectivas y desarrolló plantas de separación.

Aunque los trituradores o desmenuzadores son las máquinas técnicamente más avanzadas en la industria del reciclaje, también se emplean otras maquinarias tales como cizallas que cortan los grados pesados de chatarra, prensas de empacar y equipo briqueteador que también juegan un papel importante en la preparación del metal para el horno.



CICLO DE LA CHATARRA DE ACERO



IV.2. Perspectiva ambiental del reciclaje de chatarra.

En alguna ocasión, el señor Brian Moffat, Presidente de la mayor empresa siderúrgica de Europa British Steel, habló acerca de la sustentabilidad de la industria del acero y dijo: “La Siderurgia es un negocio complicado lleno de aparentes contradicciones y escaso en respuestas fáciles”. Cuando él mismo se cuestionó sobre la palabra “chatarra”, comentó que no debería igualarse con “desperdicio”.

La chatarra de acero consiste en productos terminados de acero que han llegado al fin de su ciclo de vida y están disponibles para ser reciclados con el objeto de generar nuevos productos, mismos que cuando se consumen en el proceso siderúrgico, permiten considerables ahorros de energía y disminución de emisiones de dióxido de carbono.

Respecto a este último punto, estudios internacionales afirman que la utilización de chatarra como materia prima permite ahorrar entre la mitad y las dos terceras partes de la energía consumida en la fabricación de acero y, como consecuencia, la disminución del impacto ambiental en un 85% aproximadamente.

Esta disminución de impacto ambiental se ve reflejada principalmente en que por cada tonelada de chatarra usada para la producción de acero nuevo, se están conservando 2500 libras de mineral de hierro, 1400 libras de carbón y 120 libras de cal y se ahorran 11 millones de BTU de energía. Cualquier cantidad de acero nuevo producido contiene al menos 25% de acero reciclado.

La chatarra constituye el material más importante de la carga que se coloca en los hornos de arco eléctrico. Representa, adicionalmente, una necesidad de recuperación económica para la empresa que la genera así como la liberación de espacios que, además, si no fuera retirada, propiciaría la generación de fauna nociva.

Es probable que como consecuencia de los problemas que se plantean en cuanto a la conservación del ambiente y de la energía, se utilice cada vez más chatarra como materia prima para la fabricación de acero.

IV.3. Fuentes de chatarra en México.

La chatarra se obtiene de diversas fuentes. En términos muy generales, podemos decir que la chatarra del mercado nacional (comprada en el país) proviene de: sobrantes de procesos metalúrgicos, botes de lámina, desperdicios de artefactos de lámina, partes de acero de automóviles desechados, equipo de ferrocarriles, instalaciones de ingenios, barcos, instalaciones petroleras y estructuras metálicas. Cada una de estas fuentes presenta problemas diferentes en su mercado y las operaciones se hacen bajo términos y condiciones también diferentes.

Chatarra de proceso. La chatarra proveniente de las fuentes arriba mencionadas, como son recorte de lámina, sobrante de troquel, desperdicios de paylería, mecanizados y de talleres estructurales, etcétera, son recogidos periódicamente por los chatarreros de las fábricas, con base en convenios previos.

Chatarra en pacas. En lo que respecta a la lámina de envases, se emplea en todos los casos para la fabricación de paca prensada. Los botes son recogidos de los tiraderos de basura, mercados, lugares de recreo, etcétera.

Chatarra miscelánea. Es la chatarra proveniente de artefactos metálicos, pedacería de alambre, viguetas, varillas, bicicletas y, en general, pedacería de acero de diferentes tipos que es recogida de los lugares donde puede encontrarse y que se entrega a establecimientos de chatarra de acero que la comercializan.

Chatarra automotriz. Esta proviene en su mayor parte de las zonas fronterizas del norte del país, en donde debido a la cercanía con los Estados Unidos de América, considerado uno de los principales productores de automóviles, y a la reducción de impuestos de importación de que gozan en esa zona, es más económico, factible y por lo tanto frecuente, la reposición y desecho de automóviles, existiendo en esa zona establecimientos dedicados al desmantelamiento de unidades y fabricación de pacas.

Chatarra ferroviaria. Esta chatarra es naturalmente provista por las empresas ferroviarias quienes, por normatividad, dan de baja equipos e instalaciones que por sus condiciones de tiempo de uso tienen que ser retirados de servicio. Estos equipos son destinados a empresas que se encargan de desmantelarlos y posteriormente los envían a los consumidores; también pueden ser directamente enviados a éstos. Esta chatarra está constituida principalmente por chatarra estructural, placa, ruedas de acero, ruedas de hierro

colado, clavo de vía, riel, planchuela, durmientes de concha, etcétera, material muy apreciado en el mercado.

Chatarra de barcos y petrolera. Los barcos e instalaciones petroleras, al quedar fuera de servicio, son puestos a la venta y comercializados por las empresas chatarreras. Esto aporta beneficios ambientales a fin de evitar que los barcos se transformen en chatarra y se hundan en el fondo del mar.

A las anteriores, hay que agregar:

Chatarra generada en planta o chatarra de retorno. La propia industria siderúrgica genera chatarra en todas las fases de la cadena de producción. La evolución tecnológica y especialmente la aparición del proceso de colada continua, ha aumentado sobremanera el rendimiento del producto, a la par que se ha reducido la cantidad de chatarra doméstica. Es decir, los propios procesos de producción de acero se han vuelto más eficientes con lo que se ha disminuido considerablemente la generación de chatarra inherente al proceso de fabricación. Esta chatarra representa actualmente del 10 al 12% de la producción de acero, mientras que a mediados de la década de los 70's se situaba alrededor del 25%.

Como ejemplos de chatarra de retorno se pueden citar las colas o puntas de los tochos y palanquillas, el hierro y acero que al salir mezclado con la escoria se recupera mediante trituradores y concentradores magnéticos que separan el material metálico del no metálico y fondos de ollas de vaciado, así como los productos que no cumplen con la calidad especificada y son nuevamente procesados.

Chatarra de importación. Anexo se presentan las cifras que indican la cantidad de chatarra que tiene que importarse, debido principalmente a que en México la vida útil de los bienes de consumo se extiende demasiado comparado con países desarrollados. Por lo tanto, el ciclo de recuperación se retrasa, no generándose entonces suficiente chatarra.

Dado que final e independiente de su origen, la chatarra de acero proviene de productos previamente fabricados con alguna especificación de calidad nacional o internacional, esta chatarra posee reflejada esa calidad y también sirve como base para fabricar aceros de diferentes tipos y para múltiples aplicaciones.

V. Problemas y perspectivas

El principal problema a futuro relacionado con las materias primas ferrosas recicladas para siderurgia radica en el área de la calidad y no de la cantidad. La industria siderúrgica ahora necesita una materia prima con más alta calidad y menor contenido de elementos no deseables en el proceso. Este problema se encara actualmente por las principales organizaciones del reciclado del mundo, con la aplicación de nuevas tecnologías en el procesamiento, separación y preparación de chatarra; gran cantidad de materias primas ferrosas está siendo agregada al grupo de suministros con calidad.

La chatarra que ingresa a las plantas está clasificada y libre de materiales no deseables en el proceso de producción del acero, así como de elementos capaces de producir por descomposición térmica o en su manejo y almacenaje, elementos tóxicos para el ser humano o el ambiente.

En todos los tipos de chatarra se aceptan los materiales no deseables por el proceso de producción, siempre y cuando se encuentren presentes en cantidades menores a las especificadas en normas y que los mismos sean inherentes al tipo de procedencia de la chatarra ferrosa, que no produzcan ningún impacto significativo sobre el ambiente y que no afecten la salud humana.

VI. Conclusiones.

La chatarra es materia prima para la industria del hierro y del acero. En México, 10 millones de toneladas anuales de acero, se producen por horno de arco eléctrico, siendo la chatarra el insumo esencial de su proceso. La chatarra no ha sido, no es, ni podrá ser considerada como un residuo o desecho o ¿Desde cuándo las plantas siderúrgicas del mundo son procesadoras de desechos?

La industria en México coincide con la corriente internacional encabezada por el Bureau of International Recycling (BIR) que se encuentra gestionando en el mundo un nuevo enfoque para el reciclaje y sus actividades intrínsecas, debido a que clasificar los insumos del reciclaje como residuos, no tiene sentido. La razón fundamental por la cual el BIR está determinado a remover materiales reciclables de la definición de desechos es porque si una

mercancía es llamada “desecho o residuo”, se hace acreedora a un sinnúmero de controles y reglamentos que agregan costos considerables a su reciclaje y transporte.

VII. Bibliografía

CANACERO, Diez años de estadística siderúrgica, 1993 – 2002. Publicación de la Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero.

IISI, Scrap and steel industry. Publicación del International Iron and Steel Institute. 1987

ECE/Steel, Iron and Steel Scrap. Comisión Económica para Europa. 1995

ILAFSA, Reciclaje de Metal hoy y en el futuro. Anthony P. Bird Bureau International Recycling. 1999

CAPÍTULO 13

Valorización de envases de cartón laminado de Tetra Pak

I. Función de los envases de bebidas y alimentos

I.1. Beneficios que aportan

El envase de cartón para bebidas ha sido diseñado como un envase liviano, que requiere el uso de pocos recursos y ahorra energía, reduciendo su impacto sobre el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida. Genera un mínimo de residuos durante y después de su uso, y es altamente susceptible de valorización. Algunos aspectos que frecuentemente se omiten en el debate sobre la función de los envases para alimentos y la generación de residuos son:

- La función primordial de un envase es proteger el valioso producto que contiene.
- Los envases permiten manejar los alimentos, almacenarlos y servirlos.
- Facilitan el transporte y distribución de alimentos de la fábrica al hogar, sin sufrir daños o desperdiciarse.
- Los envases de cartón asépticos pueden ser almacenados durante mucho tiempo sin necesidad de refrigeración, con el consecuente ahorro de energía.
- Son esenciales para la salud y seguridad del consumidor, ya que impiden la entrada de agentes nocivos para el producto.

- Permiten la distribución de alimentos a zonas aisladas, en condiciones seguras e eficientes.
- Brinda información necesaria para el consumidor.

1.2. Características particulares de los envases de Tetra Pak

Entre las características relevantes de los envases de cartón laminado Tetra Pak se encuentran las siguientes:

- Son robustos, irrompibles y resistentes a las pérdidas.
- Protegen productos que son sensibles a los efectos del oxígeno, las bacterias y la luz.
- Conservan el producto a temperatura ambiente, sin necesidad de refrigerarse hasta que son abiertos, y sin uso de conservadores.
- Usan un mínimo de materiales: un envase de un litro pesa entre 25 y 36 gramos, lo que representa sólo alrededor del 3% del peso total lleno. En los últimos 15 años el peso del envase se redujo un 20%.
- Cerca del 80% del envase está compuesto por fibras celulósicas, un recurso natural renovable.
- Los envases vacíos se transportan en rollos, reduciendo la intensidad de transporte por envase.
- Debido a su forma rectangular, el envase lleno ocupa un mínimo espacio durante su distribución y almacenaje.

El impacto ambiental de un producto sólo puede evaluarse adecuadamente teniendo en cuenta su ciclo de vida completo. Estudios certificados muestran que los envases de cartón Tetra Pak tienen un bajo impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida. Un estudio encargado en el año 2000 por el Organismo Alemán de Protección Ambiental, determinó que desde el punto de vista ambiental, los envases de cartón Tetra Pak son equivalentes a los sistemas retornables.

II. Fabricación de envases de Tetra Pak

II.1. Proceso de fabricación

Los envases de cartón Tetra Pak deben su eficacia en gran medida a su construcción en láminas, mediante el proceso industrial conocido como laminación. Cada lámina está hecha de un material diferente que sirve para un propósito particular. Al combinar láminas de cada material que tienen la cantidad estrictamente necesaria para cumplir su función, se logra minimizar el peso y el volumen del envase, asegurando a la vez la protección del producto y la comodidad del consumidor. Tetra Pak es un pionero del concepto de reducción en la fuente.

II.2. Composición de los envases de Tetra Pak

Las láminas están hechas de los siguientes materiales:

- Papel
 - o Representa alrededor del 80% del peso del envase.
 - o Se fabrica con fibras largas que brindan resistencia y rigidez.
 - o Los proveedores de papel de Tetra Pak obtienen la celulosa de aprovechamientos forestales con manejo sustentable certificado mediante normas internacionales.
- Polietileno de baja densidad
 - o Representa entre el 15 y el 20% del peso del envase.
 - o Se usan láminas de 10 micrones de espesor.
 - o Sirve como adherente, eliminando el uso de adhesivos.
- Aluminio (sólo para envases asépticos)
 - o Representa como máximo el 5% del peso del envase.
 - o Funciona como barrera contra oxígeno, bacterias y luz.
 - o El espesor de la lámina de aluminio se redujo de 9 a 6.5 micrones en los últimos 15 años.

III. Manejo de los envases de Tetra Pak usados

III.1. Opciones de manejo

Los envases de cartón Tetra Pak son una alternativa de envase desechable, que presentan las siguientes opciones de manejo una vez que ingresan al flujo de residuos sólidos urbanos:

Opciones de valorización:

- Reciclaje de materiales
- Recuperación de energía
- Producción de composta

Opciones de disposición:

- Incineración sin recuperación de energía
- Relleno sanitario

III.2. Reciclaje de materiales

III.2.1. Aspectos generales

Los envases de cartón Tetra Pak son reciclables. Actualmente son reciclados alrededor del 25% de los envases colocados en el mercado europeo. Su alto contenido de energía los hace muy apropiados para la incineración con recuperación energética. En la Unión europea se valoriza mediante este método cerca de otro 25%, para la producción de calor, vapor y electricidad. Al estar hechos mayormente de celulosa, pueden incluirse en procesos de producción de composta. Se queman limpia y eficientemente, y al no contener compuestos clorados no generan dioxinas y furanos durante su incineración. Y, finalmente, pueden plegarse o compactarse fácilmente, son inocuos y estables, y ocupan poco espacio en rellenos sanitarios.

Con respecto al reciclado de envases de cartón Tetra Pak, existen dos tecnologías básicas para realizarlo:

- Repulpeado
- Compresión térmica

III.2.2. Proceso de repulpeado

El repulpeado es el proceso usado para separar del envase las fibras de madera virgen, para crear pasta celulósica que se usa para fabricar papel. El material de envase se coloca en agua y se deslaminando aplicando alta fricción mediante fuerza hidráulica. Este proceso se conoce como hidropulpeado y proporciona una pasta que se retira mediante bombeo. El polietileno y la lámina de aluminio remanentes se extraen y comprimen para eliminar el agua.

El proceso de repulpeado se realiza con un equipo llamado hidropulper y consiste en los siguientes pasos:

- Se llena el hidropulper con envases de cartón
- Se agita la mezcla de 15 a 30 minutos
- Las fibras se bombean a través de filtros quedando el polietileno, la lámina de aluminio y otros contaminantes en el fondo del hidropulper

Una típica línea de repulpeado de envases de cartón Tetra Pak se compone de las siguientes partes:

- Hidropulper
- Filtro de tambor rotativo (trommel)
- Tamices gruesos y finos
- Limpiadora centrífuga
- Unidad de dispersión

El hidropulpeado recupera más del 90% de las fibras de los envases.

Dado que las fibras vírgenes que se usan en los envases de cartón Tetra Pak son especialmente seleccionadas, sus excelentes propiedades mecánicas permiten que la pasta recuperada sirva para obtener productos de papel de alta calidad.

III.2.3. Proceso de compresión térmica

La compresión térmica se usa para fabricar aglomerado termomoldeable a partir del material de los envases Tetra Pak usados y se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Los envases son triturados y extendidos en una lámina del espesor deseado, que se coloca en una prensa y se calienta a 170°C.
- El calor derrite el contenido de polietileno que actúa como adhesivo uniendo las fibras y fragmentos de aluminio.
- La prensa actúa sobre el material, formando un resistente panel densamente compactado.
- El panel se enfría rápidamente dando lugar a un aglomerado con una superficie brillante e impermeable.
- El material puede ser termomoldeado para darle distintas formas, inclusive curvas.
- El polietileno es un agente adhesivo limpio y eficaz, y no se necesita agregar otros adhesivos o sustancias químicas como el formaldehído de urea, que se usa en los aglomerados convencionales.

III.3. Recuperación de energía

La incineración puede ser una parte importante de un sistema de tratamiento de residuos sólidos urbanos, especialmente en áreas densamente pobladas. Los actuales incineradores para la producción de energía, con altos índices de eficiencia y sistemas de limpieza avanzados, fueron diseñados para recuperar la energía remanente en los residuos y generar calor y electricidad. Los modernos hornos cementeros, con sus altas temperaturas, largos tiempos de residencia, y sofisticados equipos de control, son un magnífico ejemplo.

Algunas de las ventajas del proceso de recuperación energética a partir de envases de cartón Tetra Pak obedecen a que:

- Los envases son un excelente sustituto del combustible fósil, ricos en energía.
- Al quemarse, el polietileno se convierte en vapor de agua y anhídrido carbónico. En su caso, el aluminio se transforma en trióxido de aluminio (bauxita), un compuesto presente de manera natural en la corteza terrestre.
- Una tonelada de envases contiene la misma cantidad de energía que media tonelada de petróleo.

IV. Experiencia mexicana

En México los envases de cartón laminado Tetra Pak han sido valorizados durante mucho tiempo. Sin embargo, existe un gran potencial remanente que puede ser aprovechado mediante sistemas de acopio eficientes y de amplia cobertura, y soportados por un marco jurídico-institucional que les dé permanencia y los altos rendimientos que requieren los procesos industriales de valorización.

La empresa Tetra Pak participa bajo el principio de Responsabilidad Compartida en el manejo integral y la valorización de los residuos de los envases que produce. Algunos ejemplos son:

- Desde 1997, la empresa REPAK, ubicada en Toluca, utiliza el material de envasado Tetra Pak para recuperar celulosa que es vendida a fábricas que producen papel reciclado. La capacidad instalada es de 1,200 toneladas mensuales, lo que representa alrededor del 16% del total de envases colocados en el mercado mexicano. Tetra Pak México apoya esta iniciativa mediante su participación en programas de recolección con organizaciones civiles, tiendas de autoservicio, escuelas, clientes, y municipios, y facilitando su integración con cadenas de usuarios del subproducto.
- La fábrica de papel San José, ubicada en Texcoco, ha producido papel reciclado repulpeando directamente envases de cartón laminado desde hace varias décadas. Su capacidad es de cerca de 800 toneladas mensuales, que equivale al 11% de la producción para consumo nacional de Tetra Pak. La materia prima proviene en parte de programas de recolección apoyados por Tetra Pak.
- El programa Reciclable por Naturaleza, patrocinado por Tetra Pak y operado por la Junior League of Mexico City, acopia envases usados utilizando tiendas de autoservicio y escuelas como puntos de recolección. En las tiendas se colocan

contenedores especiales para que los consumidores depositen los envases, y en las escuelas se llevan a cabo programas de educación ambiental para que los alumnos y sus familiares lleven los envases usados de sus domicilios a los planteles. El programa opera desde hace más de siete años, y actualmente cubre tiendas y escuelas en la zona metropolitana de la ciudad de México.

- Tetra Pak México participa activamente en diversos programas municipales de manejo integral de residuos sólidos urbanos. Algunos ejemplos son Toluca, Jiutepec, Metepec, Querétaro, Ciudad Victoria, Naucalpan, y Huixquilucan. En algunos casos los rendimientos ya empiezan a ser considerables, y se promueve la participación de los diferentes actores de la cadena de valor, principalmente clientes, distribuidores, consumidores y gobierno.

Para mayores informes dirigirse a:

Ing. Sergio Escalera

Sergio.Escalera@tetrapak.com

CAPÍTULO 14

Manejo integral de residuos de envases de PET

I. Percepción pública acerca de las implicaciones de la liberación al ambiente de los envases de PET

En México, en particular en las zonas urbanas y en la época de lluvias, la conciencia ciudadana se despierta y clama porque se establezca un control sobre los envases de bebidas fabricados con el polietilén tereftalato, mejor conocido como PET, al atribuirles que se tapen las coladeras y se inunden las calles por su causa.

Lo paradójico es que los ciudadanos no parecen percatarse de que el abandono de los envases de bebidas a base de PET por doquier, en calles, espacios recreativos, lotes baldíos, barrancas y otros lugares, es el resultado de una actitud irresponsable de los consumidores que, al terminar sus bebidas, arrojan sin preocupación alguna los envases donde les parece más fácil deshacerse de ellos.

Sin embargo, los envases de PET que se dejan abandonados en lugares inapropiados no son más que lo que pudiera considerarse como la “punta del iceberg” o el problema más tangible de las malas prácticas de disposición de todo tipo de residuos, las cuales están ocasionando situaciones que rayan en el desastre, si se toma en cuenta que en ciudades como la de México, el drenaje profundo, los canales de desagüe y los cauces de los pocos ríos aún no entubados, se encuentran obstruidos por diversos residuos y cada año las inundaciones en la estación de lluvias son más graves.

Lo anterior es importante desde dos perspectivas distintas relacionadas con la gestión de los residuos:

1. La primera, tiene que ver con la urgente necesidad de hacer cumplir las disposiciones legales vigentes que prohíben que se arroje la basura en lugares inadecuados y que demanda el establecimiento de campañas permanentes y enérgicas para que los ciudadanos se abstengan de seguir tirando sus residuos en lugares inapropiados y no autorizados.
2. La segunda, está relacionada con el tema central de este manual que es la valorización de los residuos, la participación social y la innovación en la gestión de los residuos, en el marco del cual se considera el potencial de reciclaje de los envases de bebidas a base de PET, pero en un contexto más amplio de valorización de todos los residuos que contienen este tipo de plásticos e incluso los constituidos por otro tipo de plásticos, con un enfoque integral.

En el presente capítulo se abordará únicamente la respuesta voluntaria de la industria respecto al manejo integral de los envases de PET y más adelante se cubrirá el tema del reciclaje general de materiales plásticos, incluyendo los que constituyen los envases y otros productos a base de PET, siguiendo otros enfoques.

II. El PET en perspectiva

A fin de dimensionar la importancia de la producción, importación y demanda nacional del PET, así como de los envases fabricados con este material, como componentes de la basura que termina dispuesta en un tiradero a cielo abierto o en un relleno sanitario, se muestran en el siguiente cuadro algunas cifras estimadas para el año 2002.

Cifras estimadas del PET 2002

	ktons / año	
Capacidad instalada nacional	523	
Producción nacional total (98%)	517	
Importaciones	30	
Exportaciones	-80	
<hr/>		
Demanda nacional de PET	467	
 <i>Participación en el total de los residuos promedio</i>		
En peso	1.5%	
En volumen compactado en rellenos sanitarios	7.0 – 10.0%	
 <i>Disposición final de envases de PET</i>		
	<i>Retornable</i>	<i>No-Retornable</i>
• Envase retornable (10 ciclos)	6.0%	94.0%
• Recuperado para su aprovechamiento		7.6%
• En rellenos sanitarios y tiraderos		91.4%
• Disperso en el ambiente (visual)		1.0%

Como puede percibirse del análisis de la información contenida en el cuadro, la producción nacional de PET es mucho más importante que las importaciones, ya que se cuenta con una buena capacidad instalada para llevar a cabo su fabricación. Por el contrario, la participación del PET al total de los residuos generados en el país es reducida, pues sólo alcanza un 1.5% en peso y un 7 a 10% en volumen. En tanto, los envases en la actualidad están siendo dispuestos en su mayoría junto con la basura en lugar de ser reciclados.

III. Plan nacional de manejo voluntario de residuos de envases de PET

La industria embotelladora de refrescos, aguas minerales y algunas purificadas es uno de los sectores de la industria que ha mostrado a lo largo de los años una preocupación por el cuidado del ambiente y el mejor aprovechamiento de los recursos naturales, lo cual refleja su responsabilidad social e interés en el desarrollo sustentable.

Lo anterior se ha traducido en el pasado reciente en la respuesta de este sector ante la demanda social y de las autoridades ambientales, a nivel federal y local, respecto de la adopción de medidas inmediatas para incentivar el retorno de los envases de bebidas a base de PET, para que sean sujetos a un manejo integral y ambientalmente adecuado.

Aun reconociendo que la responsabilidad principal de la contaminación ambiental provocada por la disposición inadecuada de los envases de bebidas de PET corresponde al consumidor que los arroja sin precaución alguna al ambiente, este sector industrial ha hecho suyo el principio de responsabilidad compartida respecto del manejo sustentable de los productos de consumo que, al desecharse, se convierten en residuos, asumiendo su propia responsabilidad como productores y comercializadores de las bebidas embotelladas en PET.

En la figura que se muestra a continuación, se describe de manera diagramática el concepto de responsabilidad compartida en la gestión de los residuos, entre la sociedad, el gobierno y la industria. En dicha figura se destaca que a los ciudadanos corresponde no ensuciar el ambiente, por lo que, en lo que respecta a los envases vacíos de PET, se recomienda vaciarlos y aplastarlos antes de depositarlos en un contenedor de residuos, preferentemente destinado sólo a este tipo de envases o de materiales inorgánicos susceptibles de reciclado.

Por su parte, corresponde a las autoridades ambientales federales, legislar y normar el manejo ambiental de los residuos, a fin de prevenir riesgos a la salud y al ambiente, así como establecer un Plan Maestro o un Programa Nacional destinado a promover la gestión integral de los residuos en el cual se favorezca y facilite el reciclaje de este tipo de envases y de otros materiales reciclables que actualmente se están desechando como basura.

Corresponde en este esquema a la industria, promover la valorización de los residuos mediante el aprovechamiento de los materiales reusables o reciclables, para su reincorporación en nuevos productos.

Responsabilidad compartida



Sociedad

- No ensuciar el Ambiente
- Vaciar envases y aplastarlos
- Depositar correctamente
- Separar Residuos Sólidos

FEDERAL

- Legislar y Normar
- Plan Maestro Nacional

ESTATALES Y DF

- Legislar y Normar si no hay NOM
- Programas Estatales
- Vigilancia y Fomento de cumplimiento

MUNICIPALES Y DELEGACIONES

- Aplicar la Normatividad
- Promover la Recolección Selectiva
- Segregar reciclables para aprovechamiento
- Disposición final de lo no reciclable



Gobierno



Industria

- Promover la Valorización de los Residuos
- Aprovechamiento y Reciclaje
- Reincorporación en nuevos productos

IV. Antecedentes de la creación de la Asociación Ecológica y Compromiso Empresarial (ECOCE)

Ante la necesidad de evaluar la forma de participación de la Industria en el tema del manejo de los residuos de envases de PET, desde hace varios años se inició un proceso de recabación de información, experiencias y documentos, a fin de estudiar y analizar los diferentes sistemas que existen en el mundo para la valorización de envases de PET, los cuales se derivan de políticas que países de diferentes regiones del mundo han establecido al respecto, partiendo de lo general a lo particular. El resumen de lo encontrado se presenta en el siguiente cuadro.

México es diferente a otros países en hábitos, educación, clima, economía, etcétera.

Concepto	Sistema Integral de Gestión	Impuesto Ecológico	Depósito-Reembolso	No hacer nada
Costo	Bajo	Alto	Muy alto	No posible
Operatividad	Fácil	Muy fácil	Difícil	
Efectividad ecológica	Buena	Casi nada	Alta pero relativa-costo	Tarde o temprano
Control de industria	Grande	Ninguno	Parcial	Las Leyes contemplan
Futuro	Bajo costo	Pago creciente	Pago continuo	Alguna acción-pago
Educación	Si	No	Coerción	
Pasivo ambiental	Si	No	No	
Fomento ind. rec.	Si	No	No	
Responsabilidad compartida	Si	No	Extendida	
Gradualidad	Si	No	No	

En dicho cuadro se comparan distintos instrumentos empleados como base para la implantación de programas de acopio y reciclaje de envases de PET, entre los que se encuentran los Sistemas integrales de gestión de residuos, los Impuestos ecológicos, el Depósito-reembolso y la pasividad que resulta de no hacer nada al respecto.

Entre las distintas modalidades de manejo de los envases, destacan por su bajo costo, fácil operatividad, buena efectividad ecológica, gran control por parte de la industria y bajo costo a futuro, los sistemas de gestión integral.

Como resultado de estos estudios y de la iniciativa para desarrollarlos, se creó una asociación civil sin fines de lucro denominada **ECOCE, A.C.** (Ecología y Compromiso Empresarial) y se puso en marcha -a partir del mes de septiembre de 2000- el Plan nacional de manejo voluntario de residuos de envases de PET.

De acuerdo con la información que divulga ECOCE respecto a este Plan, esta asociación civil está actuando en tres ejes fundamentales: el manejo integral, el marco jurídico y la educación.³⁴

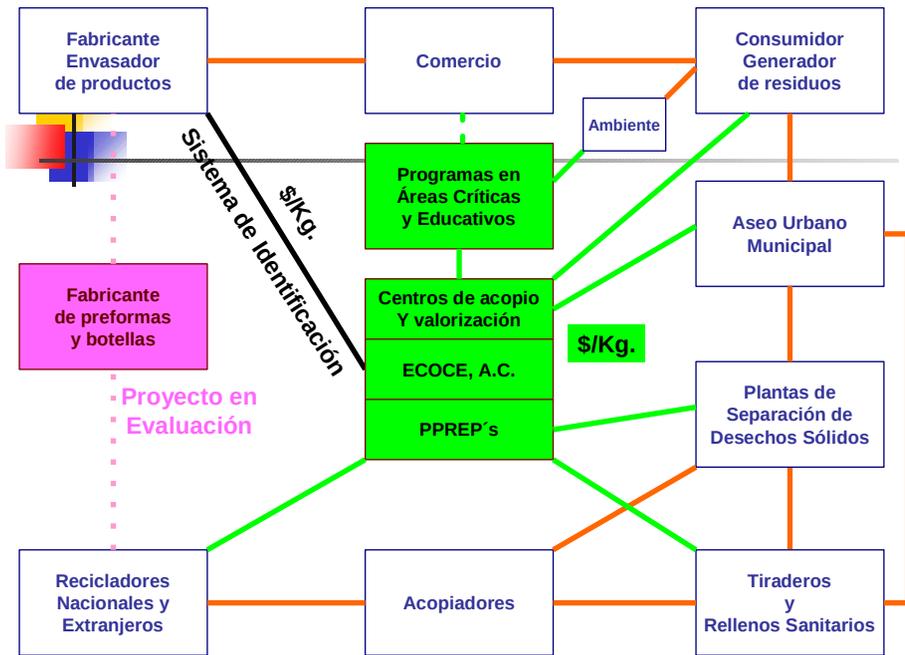
³⁴ Día Mundial del Medio Ambiente. AV Ediciones Especiales S.A. de C.V./ECOCE/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México, 5 de junio de 2003.

IV.1. Manejo integral de envases de PET

ECOCE señala que "...Mediante agresivas inversiones la industria busca la valorización de los residuos de envases de PET de los productos de las empresas asociadas en términos de pesos por kilogramo (\$/kg); incrementando paulatinamente las tasas de recuperación de residuos de envases de PET y dando certidumbre a los esfuerzos de separación y acopio con la compra de los residuos a un valor independiente del precio internacional. Buscando también romper el círculo vicioso generado por la falta de demanda y, por lo tanto, de acopio de estos residuos". Para ello, se está promoviendo el desarrollo de una industria moderna de reciclaje en México, al crear certidumbre de abasto, calidad y cantidad al mercado nacional actual y a proyectos factibles.

La base de este Plan la constituye el hecho de que el PET es cien por ciento reciclable y puede ser nuevamente utilizado en la fabricación de una gama de productos entre los que se encuentran: láminas de termoformado, flejes, fibras textiles y de rellenos, a la vez que pueden producirse de nuevo botellas para bebidas.

En la siguiente figura se resumen el complejo sistema que se está integrando para recuperar los envases vacíos de PET, a fin de reciclarlos y reintegrarlos –en la medida de lo posible- a las cadenas productivas, para que sólo una mínima parte se disponga en los rellenos sanitarios. Por ello, en este sistema se involucra a una diversidad de actores y sectores, bajo la coordinación de ECOCE y con el apoyo de las autoridades gubernamentales de los tres órdenes de gobierno.



IV.2. Alcances del plan de manejo

Etapa Inicial:

Inicio: Septiembre del 2002

6 localidades representativas:

- o ZM Valle de México (Distrito federal, Estado de México, Morelos, Hidalgo)
- o ZM Monterrey (Nuevo León y este de Coahuila)
- o ZM Guadalajara (Jalisco, Colima, Nayarit y norte de Michoacán)
- o SLP (todo el estado y Aguascalientes)
- o Veracruz (centro y sur del estado)
- o ZM Cancún, Corredor turístico y Riviera Maya

6 Plantas de procesamiento de residuos de envases de PET con radio de acción de 150 km con programas de valorización y acopio educativo

Cobertura alcanzada estimada: 33 % de la población

Segunda Etapa:

Inicio: Julio del 2003

5 localidades adicionales:

- o Tampico (centro y sur de Tamaulipas y norte de Veracruz)
- o Querétaro (estado de Querétaro, parte de Michoacán y de Guanajuato)
- o Acapulco (centro y sur del estado de Guerrero)
- o Tijuana (esquina noroeste del país, hasta Mexicali y Rosarito)
- o Mérida (norte y oeste del Estado)

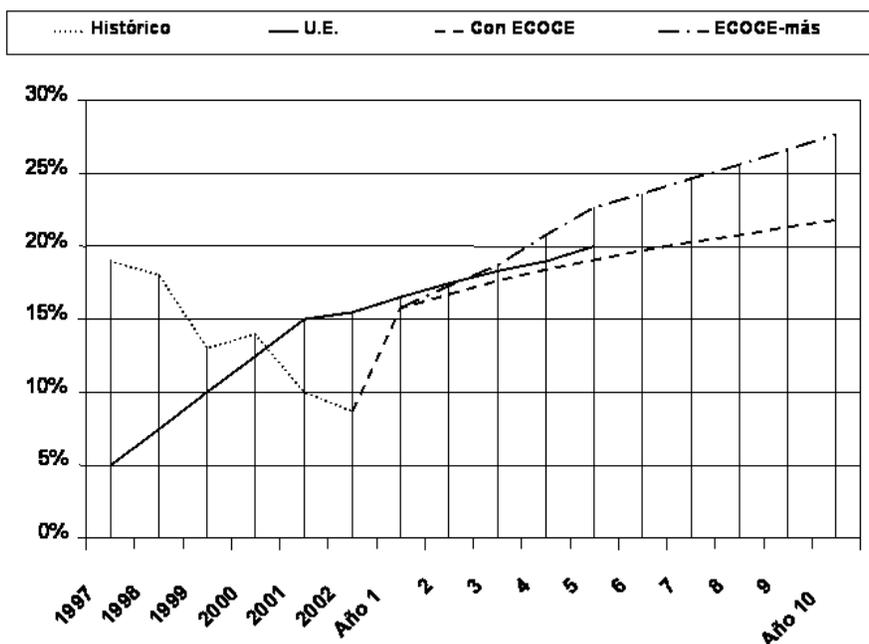
Cobertura alcanzada estimada: 45 % de la población

Etapa final. Transformación en un programa nacional:

Se prevé un crecimiento gradual en base a un plan de penetración nacional calendarizado hasta cubrir todo el país. Y se ha trazado como meta a alcanzar en 5 años, con el apoyo de los gobiernos federales y estatales y de la sociedad en su conjunto, niveles de recuperación de residuos de envases de PET equiparables a los obtenidos por los socios comerciales de México en 10 años o más.

En la figura siguiente se proyecta la tendencia esperada en las tasas de acopio de los envases vacíos, en el marco de este programa.

Tasas de acopio proyectadas



IV.3. Instalación de infraestructura básica

Para poder cumplir con los objetivos del Plan de manejo se ha tenido que establecer una infraestructura de Plantas de Procesamiento de Residuos de Envases de PET (PPREP's), que permita recibir, separar y clasificar, controlar en calidad, compactar y almacenar dichos residuos, independientemente de qué origen o punto de recuperación se generen. En las siguientes imágenes se muestran algunas de las instalaciones ya existentes en algunas entidades.

Manejo integral de residuos de envases de PET

Instalaciones de la PPREP del valle de México



Instalaciones en el interior del país



MONTERREY, N.L.



VERACRUZ, VER.



SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

Manejo integral de residuos de envases de PET



CANCUN, Q. R.



GUADALAJARA, JAL.

IV.4. Estrategia de acopio de grandes volúmenes

Se han formalizado compromisos de valorización por kilogramo con las plantas de separación de residuos del Distrito Federal y Monterrey, ofreciendo en ambos casos, además de la valorización, una asesoría para eficientar la operación así como equipo adicional específico para PET.

Lo mismo será ofrecido para el resto de los gobiernos que tengan una planta de separación de residuos o estén llevando a cabo la separación de residuos de envases de PET y que acepten coordinar acciones con el Plan de manejo.

De igual manera se ha realizado un ofrecimiento de valorización en aquellos rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto que separan materiales antes de su disposición final.

IV.5. Estrategia de acopio de pequeños volúmenes

Se ha ofrecido al gobierno del Distrito Federal y de los estados dentro de las áreas de influencia del programa de acciones de ECOCE, A.C., las siguientes alternativas:

- a) Centros fijos de valorización (\$/kg) establecidos en conjunto, dentro de su demarcación.
- b) Centros móviles de acopio para programas educativos e itinerantes
- c) Promotores por parte del Plan de manejo para el desarrollo y coordinación de los programas dentro de su demarcación.
- d) La creación de Programas de acopio especiales en:
 - a. Eventos masivos
 - b. Bosques y parques urbanos considerables (Ejemplo, Chapultepec)
 - c. Reservas de la Biosfera (Ejemplo real el de la Sierra Gorda de Querétaro y próximamente la de Los Tuxtlas, Ver.)
 - d. Sistema de transporte colectivo
 - e. Sistemas de transporte foráneo de pasajeros
- e) Atención y diagnóstico de áreas críticas con pasivo ambiental

Aunque en términos generales tanto la sociedad como los gobiernos federal, estatales y locales han recibido de buena manera este esfuerzo, se ha detectado todavía la existencia de visiones localistas, de corto plazo, desconocimiento del concepto del manejo integral, atención sólo de lo que se ve y no de lo que existe, falta e ineficiencia de la infraestructura de recolección, segregación, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales.

El tema de los residuos sólidos municipales no peligrosos debe ser atendido forzosamente bajo el criterio de responsabilidad compartida, ya que casi todos son generados por actividades básicas de la sociedad en su conjunto como son el consumo. Cualquier otra visión redundaría en enfrentamientos de los diversos actores y desgastes, en vez de unión de esfuerzos.

De la experiencia que derive de la implantación de este plan, podrán surgir elementos valiosos para determinar si este tipo de planes pueden ampliarse a otros materiales.

V. Marco jurídico

A fin de contar con un marco jurídico que dé certidumbre a los inversionistas interesados en establecer sistemas de manejo integral de residuos y planes de esta índole, así como de dar certidumbre a los proyectos de la nueva industria de reciclaje de PET, es indispensable participar activamente en el desarrollo y reforma de la legislación y normatividad requerida para ello, a fin de asegurar que los instrumentos establecidos sean promotores y reguladores, no inhibidores. Esto a nivel federal, estatal e incluso local. La visión de ECOCE es pensar global y actuar local.

VI. Educación

La experiencia ha mostrado que la falta de educación ambiental es uno de los factores que más ha contribuido a las conductas negativas de los consumidores respecto a la disposición de los envases vacíos de bebidas a base de PET y de otros materiales.

Por tal razón, ECOCE considera indispensable poner especial énfasis en los procesos de comunicación con la sociedad para fomentar la formación de una conciencia ambiental y alentar la participación ciudadana en la solución del problema ambiental que actualmente conlleva la disposición inadecuada de los envases de bebidas de PET.

ECOCE buscará, a través de agresivas campañas educativas en medios masivos de comunicación, llamar la atención sobre las consecuencias de los malos hábitos que provocan la contaminación del ambiente con envases de bebidas vacíos de PET.

El lema de la campaña es el que aparece en el cuadro siguiente.

NO MANCHES ...tu ciudad



Porque los envases son reciclables,
deposítalos en el basurero.
No contamines tú, tirándolos en la calle



Échale la mano a México



Ecología y
Compromiso
Empresarial

La campaña de comunicación se desarrollará a nivel nacional a través de diferentes medios, tales como: televisión, radio, cine, impresos, espacios alternativos como espectaculares, parabuses, centros educativos, etcétera.

Las autoridades de los tres órdenes de gobierno han respondido entusiastamente a esta iniciativa, compartiendo sus tiempos y espacios oficiales en los medios de comunicación.

ECOCE ha desarrollado un sistema de identificación que distingue a las empresas y marcas que participan responsablemente en esta destacada labor. El sello de ECOCE será incorporado en las etiquetas de los envases de bebidas para que el consumidor conozca del plan para su manejo integral y se vea motivado a elegir los productos contenidos en estos envases.

Adicionalmente, y con el apoyo de las autoridades ambientales federales y locales, ECOCE desarrolla programas de educación ambiental y ecológica que contribuirán al logro de los objetivos del plan.

En la publicidad para dar a conocer “La respuesta voluntaria de la industria embotelladora de refrescos, aguas purificadas y minerales para un México más Limpio”, ECOCE da a conocer que sus objetivos son:

- Fomentar la conciencia ecológica de los ciudadanos.
- Colaborar con los sistemas municipales de limpia para recuperar los residuos de envases de PET.
- Trabajar en conjunto con las autoridades para contar con leyes y reglamentos que apoyen el desarrollo sustentable.

Asimismo, incentiva a buscar próximamente el sello ECOCE en los productos preferidos del consumidor.



Para mayores informes las oficinas centrales de ECOCE, A.C. se encuentran ubicadas en:

Moliere No. 39 – 5° piso
Col. Polanco
Delegación Miguel Hidalgo
11560 México, D.F.
Tels. (55) 5281-5318, 20, 21, 28, 40
Fax ext. 102
www.ecoce.org.mx

CAPÍTULO 15

Reciclaje de envases de vidrio

I. Ciclo de vida del vidrio

Para apreciar la importancia del reciclaje de los envases de vidrio, conviene conocer los datos que ha obtenido y difundido el Instituto Nacional de Ecología,³⁵ relativos al análisis del ciclo de vida del vidrio que aparecen resumidos en el cuadro siguiente y que muestran los beneficios ambientales que derivan de dicho reciclaje.

Para producir una tonelada de vidrio se requieren las siguientes cantidades de materias primas y energía:

- 665.40 kg de arena sílica (óxido de silicio)
Arena Sílica en rango desde 540.000 a 718.000 kgs.
- 216.63 kg de piedra caliza (carbonato de calcio)
Caliza en rango desde 214.00 a 218.000 kgs.
- 75.75. kg de feldespato
Feldespato en rango desde 32.000 a 59.000 kgs.
Carbonato de sodio (ceniza de soda) en rango desde 218.000 a 231.000 kgs.
Ingredientes menores que representan en porcentaje de la formula virgen desde un 0.48% a 0.66% y estos son: carbón mineral, oxido de cobalto, selenio y sulfato de sodio.
- 16.75 millones de unidades (BTU) de energía

³⁵ Careaga J. A., Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes. Sedesol-Instituto Nacional de Ecología. Serie de Monografías No. 4. 1993.

Se necesita, además, dar tratamiento o eliminar lo siguiente:

- 192.12 kg de residuos de minería
- 4.01 kg de contaminantes que se podrían emitir al aire

Al utilizar una mezcla de 50 por ciento de vidrio reciclable, se consiguen los siguientes ahorros y reducción de emisiones:

- 50 por ciento del consumo de agua
- 79 por ciento de residuos mineros
- 36 por ciento de los contaminantes del aire

Fuente: Careaga J. A., Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes. Sedesol-Instituto Nacional de Ecología. Serie de Monografías No. 4. 1993.

De acuerdo con el Grupo VITRO, cuya experiencia en el reciclaje de envases de vidrio se refiere más adelante, entre los beneficios de utilizar vidrio procesado se encuentran:

- El hecho de que un envase de vidrio reciclado ahorra la energía suficiente para mantener encendido un foco de 400 watts por espacio de cuatro horas.
- El ahorro equivalente al consumo de 60 litros de gasóleo al reciclar una tonelada de vidrio.
- La reducción de un 32% de la energía utilizada para fundir materia prima (de 6.5 mmBTU/tonelada a 4.4 mmBTU/tonelada) al utilizar vidrio reciclado.
- El que cada tonelada de vidrio reciclado utilizada, reemplaza el uso de 1.15 toneladas de materia prima.
- La utilización de vidrio reciclado reduce el costo por disposición en rellenos sanitarios e incrementa la vida útil de éstos.
- El reciclaje de vidrio es infinito.
- El vidrio reciclado nunca pierde sus propiedades.
- El aumento en la capacidad de fundición.
- El aumento en la vida útil del horno de fundición.
- La disminución de las emisiones de NOx (Norma de 11.0 vs 2.27 kg/ton de vidrio fundido), de monóxido de carbono y de bióxido de carbono.

II. Importancia de los mercados de envases de vidrio

De acuerdo con el estudio publicado por el Instituto Nacional de Ecología, respecto del manejo y reciclaje de residuos de envases y embalajes, el vidrio tiene tres mercados potenciales importantes: a) como pedacería para fabricar nuevos envases; b) como materia prima para fabricar otros productos tales como material de aislamiento a base de fibra de vidrio o vidrio-espuma para la industria de la construcción y c) en el acondicionamiento de los envases para su reutilización. A ellos se suma la aplicación de la pedacería de vidrio en la fabricación de señalización reflejante y como aditivo para el asfalto. Este tipo de vidrio es adquirido directamente por los fabricantes de envases o a través de intermediarios que lo recolectan y acopian. El precio del vidrio en el mercado se fija en la planta manufacturera y el precio el transporte puede constituir un costo significativo. Los esquemas de depósito-reembolso aplicables a los envases de vidrio empleados para contener bebidas, han dado resultados favorables en los programas de recolección y reciclaje correspondientes.

III. Experiencia mexicana de reciclaje de envases de vidrio

III.1. Experiencia y capacidad instalada del Grupo Vitro

El Grupo Vitro cuenta con plantas de fabricación de envases en Mexicali, Monterrey, Querétaro, Guadalajara, México y Toluca, así como con capacidad de procesado del vidrio proveniente de envases usados en las mismas localidades, salvo en Mexicali y Toluca.



LOCALIZACION DE PLANTAS



Las plantas procesadoras de vidrio de esta empresa tienen, en la actualidad, una capacidad mensual de proceso de 22,000 toneladas, como se indica en el cuadro siguiente.

Capacidad de reciclaje de vidrio del Grupo Vitro

Ubicación de la planta procesadora	Capacidad mensual de proceso (Toneladas)
Estado de México	14,000
Monterrey	4,000
Querétaro	2,000
Guadalajara	2,000
Total	22,000

En sus plantas procesadoras el Grupo Vitro recicla todo tipo de envases de vidrio, ya sea vineros, refresqueros, cerveceros, de alimentos, perfumeros y otros. Los materiales de vidrio a reciclar requieren reunir las siguientes condiciones:

- Estar separados por colores.
- No contener metales magnéticos, metales no magnéticos, piedras y materiales refractarios, así como otros materiales vítreos como cristal de plomo, platos, tasas, vidrio de laboratorio, espejos, visionware y otros.

III. 2. Desarrollo del proyecto Vitro de promoción de la separación de materiales reciclables en rellenos sanitarios

Para apoyar a los organismos encargados de brindar los servicios de acopio, traslado, tratamiento y disposición de los residuos municipales, el Grupo Vitro está promoviendo el establecimiento de convenios destinados a facilitar la segregación de materiales reciclables, incluyendo los envases de vidrio, en las instalaciones de disposición final de residuos sólidos municipales. El proyecto consiste en proponer la construcción y operación de una planta de separación de materiales reciclables y en garantizar la compra anticipada del material de vidrio que procesa el Grupo Vitro en sus plantas. Por su parte, los organismos a cargo de la gestión de los residuos municipales se beneficiarán con la comercialización de los otros materiales reciclables recuperados durante el proceso de segregación.

Con ese propósito, el Grupo Vitro está presentando el proyecto en diversas entidades del país, así como realizando muestreos en los camiones que recolectan los residuos y en los rellenos sanitarios, para estimar el volumen potencial de materiales reciclables que se podrían recuperar de instalarse la planta de separación.

El proyecto de colaboración se ha presentado en las entidades y ciudades referidas en el cuadro siguiente.

Entidades y ciudades en las cuales se ha presentado el proyecto del Grupo Vitro y realizado muestreos en camiones

Entidades	Ciudades	Muestreos en camiones
Coahuila	Piedras Negras Monclova Torreón Saltillo	Monclova Saltillo
Nuevo León	Monterrey	Monterrey
Tamaulipas	Matamoros Ciudad Victoria Altamira Ciudad Madero Tampico	Ciudad Madero Tampico
Sinaloa	Culiacán	Culiacán
Querétaro	Querétaro	
Jalisco	Guadalajara	
Hidalgo	Pachuca	
Veracruz	Xalapa Veracruz	Veracruz
Guerrero	Acapulco	Acapulco
Yucatán	Mérida	Mérida



Proyecto Rellenos Sanitarios



Los principales objetivos que persigue la instalación de plantas de separación de materiales reciclables en los sitios de disposición final de los residuos, comprenden los siguientes:

1. Comercializar materiales reciclables.
2. Crear fuentes de trabajo formales.
3. Mejorar la calidad de vida de las personas que viven de la recolección de materiales reciclables.
4. Ahorrar costos de operación de los rellenos sanitarios.
5. Ampliar la vida útil de los rellenos sanitarios.

Ejemplo de este tipo de proyectos es la colaboración establecida con el Sistema Metropolitano de Proceso de Desechos Sólidos (SIMEPRODESO) en Monterrey, Nuevo León.

III.3. Colaboración VITRO-SIMEPRODESO

La capacidad de proceso de los residuos sólidos inicial fue de 2,500 toneladas por día, actividad que crea alrededor de 350 empleos directos. Los subproductos a clasificar, el porcentaje mínimo de cada uno de esos subproductos y el volumen de toneladas diarias correspondientes, aparece resumido en el siguiente cuadro.

Capacidad inicial de separación de residuos sólidos reciclables

Subproductos a clasificar	% mínimo esperado	Volumen esperado (tons/día)
Vidrio	2.65	66.50
Papel y cartón	1.36	34.00
Aluminio	0.11	2.76
Metales	0.60	15.06
Plástico	0.92	23.09
Varios	0.20	5.02
Total	5.84	146.3

Nota: Esta información es del año de 1997.

III.4. Materiales potencialmente reciclables identificados en muestreos realizados en rellenos sanitarios

Los datos obtenidos en los muestreos realizados por el Grupo Vitro en rellenos sanitarios, de las entidades en las cuales se ha presentado el proyecto, relativos a los materiales potencialmente reciclables contenidos en los residuos municipales, aparecen resumidos en el cuadro siguiente.

Muestreo comparativo de materiales reciclables realizado en rellenos sanitarios de varias entidades del país

Reciclables	SIMEPRODESO			SALTILLO, COAH.			MONCLOVA, COAH.			CULIACÁN, SIN.		
	%	Día	Mes	%	Día	Mes	%	Día	Mes	%	Día	Mes
Toneladas		2,500	65,000		286	7,436		204	5,308		516	13,411
Zapatos				0.65	1.86	48	0.58	1.19	31	0.61	2.70	80
Plásticos	0.92	23.00	598	2.52	7.20	187	1.98	4.05	105	1.99	8.83	230
Lámina	0.60	15.00	390	1.36	3.88	101	0.94	1.92	50	1.29	5.71	148
Vidrio	2.65	66.25	1,723	3.11	8.89	231	2.04	4.16	108	1.79	7.96	207
Ropa				1.74	4.98	129	0.84	1.71	44	0.79	3.52	92
Aluminio	0.11	2.75	72	0.09	0.26	7	0.12	0.24	6	0.08	0.36	9
Cartón	1.36	34.00	884	2.45	7.02	182	0.87	2.25	58	2.03	9.00	234
Papel										1.48	6.58	171
Varios	0.20	5.00	130									
Total	5.84		Nov-97	11.92		Dic-98	7.37		Mar-99	10.06		Mar-99

NOTA: Las fechas que se indican en cada recuadro, corresponden a la presentación del resultado de los muestreos realizados.

Muestreo comparativo de materiales reciclables realizado

Reciclaje de envases de vidrio

en rellenos sanitarios de varias entidades del país

Reciclables	VERACRUZ, VER.			MERIDA, YUC.			ACAPULCO, GRO.			TAMPICO, TAMPS.		
	%	Día	Mes	%	Día	Mes	%	Día	Mes	%	Día	Mes
Toneladas		659	17,134		391	10,166		827	21,502		251	6,520
Zapatos	0.13	1.13	29	0.33	1.29	34	0.07	0.54	14	0.18	0.45	12
Plásticos	1.47	9.68	252	2.62	14.66	381	1.35	11.18	291	1.08	2.71	70
Lámina	0.56	3.63	94	0.69	2.69	70	0.69	5.69	148	0.91	2.27	59
Vidrio	1.85	12.05	313	5.66	22.10	575	0.66	5.46	142	0.49	1.24	32
Ropa	0.35	2.48	64	0.83	3.24	84	0.13	1.06	28	0.50	1.25	33
Aluminio	0.06	0.36	9	0.10	0.40	10	0.06	0.50	13	0.06	0.19	5
Cartón	0.82	4.83	126	2.06	8.05	209	1.14	9.45	246	2.20	5.51	143
Papel	0.37	2.28	59									
Varios												
Total	5.61	May-99		12.29	Jul-99		4.10	Jul-99		5.42	Dic-99	

Reciclables	CD MADERO, TAMPS.			PACHUCA, HGO.			MATAMOROS, TAMPS.			CORREGIDORA, QRO.		
	%	Día	Mes	%	Día	Mes	%	Día	Mes	%	Día	Mes
Toneladas		205	5,333		328	9,939		514	13,362		42	1,092
Zapatos	0.24	0.49	13	0.54	2.07	54	0.76	3.91	102			
Plásticos	1.50	3.08	80	2.06	7.87	205	4.70	24.15	628	0.85	0.36	9
Lámina	0.76	1.56	41	0.85	3.25	84	2.42	12.43	323	1.06	0.45	12
Vidrio	0.98	2.01	52	1.04	3.98	103	1.94	9.98	259	0.85	0.36	9
Ropa	0.55	1.14	30	0.98	3.68	96	1.82	9.36	243			
Aluminio	0.04	0.09	2	0.04	0.17	4	0.19	0.97	25	0.09	0.04	1
Cartón	1.73	3.55	92	1.82	6.96	181	0.09	0.47	12	5.74	2.41	63
Papel												
Varios												
Total	5.80	Dic-99		7.33	Dic-01		11.92	Nov-02		8.59	Jul-02	

NOTA: Las fechas que se indican en cada recuadro, corresponden a la presentación del resultado de los muestreos realizados.

Muestreo comparativo de materiales reciclables realizado en rellenos sanitarios de varias entidades del país

Reciclables	HERMOSILLO, SON.			TEPIC, NAY.			IXTLAN, NAY.			AHUACATLAN, NAY.		
	%	Día	Mes	%	Día	Mes	%	Día	Mes	%	Día	Mes
Toneladas		545	14,173		207	5,393		18	486		14	369
Zapatos	0.21	1.17	30	0.29	0.57	15	0.63	0.11	3	0.30	0.04	1
Plásticos	1.42	7.73	201	1.93	4.00	104	3.15	0.57	15	1.64	0.24	6
Lámina	0.51	2.76	72	0.34	0.71	18	0.57	0.10	3	0.64	0.09	2
Vidrio	0.43	2.36	61	0.50	1.04	27	1.43	0.28	7	0.25	0.04	1
Ropa	0.60	3.25	85	0.81	1.60	42	0.94	0.17	4	0.64	0.09	2
Aluminio	0.61	0.44	11	0.10	0.20	5	0.07	0.01	0.3	0.05	0.01	0.2
Cartón	0.08	3.31	86	0.89	1.86	48	2.33	0.42	11	0.98	0.14	4
Papel				0.52	1.03	27	0.23	0.04	1			
Varios				1.97	4.01	104	1.64	0.09	8	0.85	0.12	3
Total	3.86		Dic-02	7.35		Jun-03	10.99		Jun-03	5.35		Jun-03

NOTA: Las fechas que se indican en cada recuadro, corresponden a la presentación del resultado de los muestreos realizados.

Para mayores informes, favor de comunicarse a los siguientes teléfonos:

- Monterrey, N.L. (81) 8321-2154
- México, D.F. (55) 5855-3033
- Guadalajara, Jal. (33) 3770-1158
- Querétaro, Qro. (44) 2211-1091

Dirección electrónica www.vitro.com

CAPÍTULO 16

Valorización de envases vacíos de agroquímicos

I. Dimensión del desafío que representan los envases vacíos de agroquímicos

El mercado mundial de los plaguicidas ha crecido con la introducción al comercio de productos que son cada día más específicos, selectivos, de menor toxicidad, mayor pureza y con menor poder residual, a la vez que más amigables con el medio ambiente. A pesar del desarrollo de la biotecnología en el combate de plagas y enfermedades, no se avizora que los agroquímicos dejen de usarse en un futuro próximo.

En México se estima que al año se desechan cerca de 30 millones de envases de agroquímicos (unas 3 mil toneladas), de los cuales 80% son de plástico, 15% de metal y 5% de papel. En los envases de plástico se utilizan principalmente los polietilenos de alta densidad y baja densidad (PEAD y PEBD), el polietileno tereftalato (PET) y el polipropileno (PP), calculándose que este tipo de envases contribuyen con un volumen aproximado de 2,400 toneladas, al total de envases descartados anualmente.

La práctica común es que se abandonen o tiren en los campos agrícolas, los canales de riego, arroyos, zanjas, brechas y barrancas, generando focos de contaminación. Un problema más grave aún, es que se reutilicen para contener agua de bebida, con el consabido riesgo de intoxicación para quienes los emplean con este fin.

El reto en estas circunstancias consiste en crear conciencia entre los consumidores que eliminan de esta manera los envases, sobre la necesidad de proceder de otra forma y de

sumarse a los esfuerzos por limpiar los campos de estos residuos, para prevenir con ello riesgos al ambiente y la salud, a la vez que se da un manejo seguro y ambientalmente adecuado a dichos envases.

II. Historia del programa nacional de recolección de envases vacíos de agroquímicos “Conservemos un Campo Limpio”

La iniciativa para establecer este programa, encaminado a resolver el problema apremiante que constituye la disposición inadecuada de los envases vacíos de agroquímicos en los campos, tuvo como punto de partida 1994 en que la empresa CIBA dio los primeros pasos al respecto. En 1996, se sumó a esta iniciativa la Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C. (AMIFAC), la cual es un organismo industrial que asocia a fabricantes, formuladores, distribuidores e importadores de agroquímicos, quienes en su conjunto manejan el 80% del mercado nacional, así como a otras empresas directamente relacionadas con sus actividades.

Los miembros de la AMIFAC se distinguen por llevar a cabo su autorregulación a través de seguir los lineamientos que establece el Código Internacional de Conducta de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, que definen las responsabilidades y establecen las pautas normativas voluntarias para el desempeño de quienes intervienen en la fabricación, distribución y utilización de agroquímicos.

A su vez, este sector industrial está regulado por las disposiciones previstas en las leyes nacionales sanitarias (incluyendo las de salud, sanidad vegetal y animal), ambientales y relativas al comercio de productos agroquímicos, teniendo como interlocutora a este respecto a la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Productos Tóxicos (CICOPLAFEST), creada por decreto y conformada por las actuales Secretarías de Salud (SSA), Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y de Economía (SE).

El Programa se estableció en un inicio mediante la firma de un convenio con la entonces Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), como un programa de autorregulación voluntario de la industria de agroquímicos. En 1997 se

intensificaron las acciones previstas en este programa, a través de una campaña promocional y de pláticas impartidas directamente por la AMIFAC y personal de sus empresas asociadas, para dar a conocer el plan de trabajo, sus objetivos y alcances, con el apoyo y distribución de videos, carteles, folletos y rotafolios.

El gran desafío en el presente deriva de la necesidad de involucrar a todos los actores y sectores que harán posible la implantación exitosa del programa en todo el territorio nacional, siguiendo un enfoque de responsabilidad compartida que facilite la tarea de limpiar los campos de los residuos de envases de agroquímicos.

III. Regiones en las que se ha implantado el programa Conservemos un Campo Limpio

A partir de 1997, el programa inició a manera de proyecto piloto en el estado de Guanajuato, para multiplicarse después en otras regiones hasta alcanzar, en el año 2003, 14 centros de acopio de los envases vacíos, de los cuales: 3 están ubicados en Sinaloa, 1 en Querétaro, 4 en el Estado de México, 3 en Nayarit y 3 más en Sonora.

La AMIFAC opera directamente con su personal y equipo (3 vehículos recolectores, 3 máquinas compactadoras, 3 máquinas trituradoras y recursos humanos suficientes), los centros de Sinaloa y Querétaro. En los demás estados, la AMIFAC brinda apoyo a las dependencias gubernamentales que los operan.

Está previsto en el futuro cercano iniciar este programa en los estados de Veracruz, Michoacán y Morelos, para expandirlo después al resto del territorio nacional.

IV. Características del programa

IV.1. Aspectos logísticos

El desarrollo del programa tuvo lugar siguiendo un enfoque basado en prioridades, a fin de atender primero las regiones en las cuales el volumen de envases vacíos de agroquímicos

desechados en los campos fuera mayor. El programa está centrado en el manejo de los envases de plástico.

Para la implantación y operación del programa se consideran los siguientes aspectos:

- Selección del lugar para establecer el programa
- Promoción y divulgación
- Identificación de los participantes
- Estrategia para integrar y coordinar a los participantes
- Condiciones que debe reunir el terreno para ubicar el centro de acopio
- Equipo y personal necesarios para la operación del centro
- Devolución y recepción de los envases
- Rutas de recolección de envases
- Identificación de los materiales que componen los envases
- Práctica del triple lavado de envases
- Procesamiento de los envases

IV.2. Promoción y divulgación

Con objeto de lograr una promoción y divulgación efectivas, se recurre a los medios masivos de comunicación, organizando entrevistas con la prensa escrita, la radio y la televisión, impartiendo pláticas directas con los miembros de las asociaciones de agricultores, casas ejidales y distribuidores de agroquímicos de la región, con el apoyo de los videos, carteles, trípticos, folletos y rotafolios.

IV.3. Tipos de centros de acopio

Existen tres tipos de centros de acopio:

1. **Centro de acopio regional o estatal** que cuenta con maquinaria (compactadora y/o trituradora)
2. **Centro de acopio temporal** (que no cuenta con maquinaria)

3. **Centro de acopio primario** (jaulas, almacenes de distribuidores, de productores, de empacadores, de aplicadores, etcétera).



Los centros de acopio con maquinaria y los temporales deben estar en condiciones de realizar lo siguiente:

- Recepción de envases
- Clasificación de envases y separación de tapas
- Almacenamiento de envases
- Compactado
- Triturado
- Almacenamiento de plástico triturado y compactado

IV.4. Selección del terreno para ubicar el centro de acopio y características de éste

Para la selección del sitio se deben tomar en cuenta aspectos tales como:

- Ubicación de asentamientos humanos
- Dirección de los vientos
- Corrientes de agua

Al diseñar y construir el centro se deben considerar los siguientes aspectos:

- Elevación
- Piso que impida la filtración al suelo de fugas o derrames
- Fosa de recepción de escurrimientos
- Materiales de construcción resistentes al fuego
- Instalación eléctrica
- Tamaño de acuerdo a la superficie de cultivo y cantidad de envases que se generan en ella

El equipo recomendado en un centro de acopio es un molino para plástico y/o una prensa compactadora, los cuales se deben adquirir en la zona para evitar costos adicionales de su transporte al sitio. Antes de adquirir el equipo debe solicitarse una demostración de su operación y rendimiento, en especial del molino, el cual deberá ser probado con envases de diferente tamaño y dureza, buscando que tenga un rendimiento de 600 a 1,000 kg/día.

Al adquirir la maquinaria se deben considerar ciertos aspectos como:

- Dimensión apropiada
- Boca de alimentación del tamaño adecuado
- Cuchillas
- Criba
- Caballos de fuerza suficientes
- Arrancador
- Instalación eléctrica
- Gastos de instalación

Adicionalmente, se debe considerar la posibilidad de contar con una camioneta tipo pick up sencilla que pueda adaptar a su caja redilas para transportar el mayor volumen de envases usados y un remolque tipo jaula.

Para contener los envases que se recolecten en los centros de acopio primarios se requieren bolsas de plástico de doble densidad de 1 m de ancho por 1.50 m de altura.

Los centros de acopio primarios pueden ser jaulas móviles o fijas y desarmables, estructuras con tubos y malla ciclónica de 4 x 2 x 2 metros, las cuales deben instalarse en lugares donde existan responsables de la recepción de los envases vacíos triplemente lavados, que se aseguren de controlar quiénes, cuándo y cómo dejan los envases. Los centros deben identificarse con un letrero - resistente y a prueba de intemperie- y deben ser vaciados periódicamente, trasladando los envases a los vehículos recolectores.

IV.5. Rutas de recolección

La recolección eficiente de los envases demanda zonificar el estado o región de trabajo, en función de la extensión agrícola o de la distribución de los envases abandonados en los campos o generados en ellos; de ser posible, se pueden instalar centros de acopio en cada zona.

Se deben trazar rutas de recolección y programar los días de la semana en que tendrá lugar, tomando en cuenta el tiempo en que se llenan los centros de acopio primarios, para evitar la acumulación sin control de los envases retornados.

Puede suceder que un solo vehículo no permita satisfacer la demanda de recolección, en cuyo caso habrá que recurrir a la solidaridad de distribuidores y agricultores para que éstos trasladen los envases vacíos a los centros de acopio más cercanos; de esta forma, el vehículo recolector solamente traslada los envases de los centros de acopio primarios y temporales al centro de acopio equipado para su trituración y/o compactación.

IV.6. Equipo de protección

Aun cuando es una condición para recibir los envases en los centros de acopio que éstos se hayan sometidos al triple lavado, se deben tomar las precauciones necesarias al manejarlos a fin de prevenir riesgos para el personal, por lo cual se recomienda que éste cuente con:

- Sombreros de ala ancha o gorra
- Caretas o lentes
- Cubre bocas (mascarilla, pañuelo u otro tipo de protección)
- Camisa gruesa de manga larga, de preferencia de material impermeable
- Pantalón largo
- Guantes de hule
- Zapato cerrado

IV.7. Proceso de triple lavado de envases vacíos de agroquímicos

En el preciso momento en el cual se hace la preparación de la mezcla del producto agroquímico, para su posterior aplicación en el cultivo, se debe escurrir el envase en el tanque en donde realiza la mezcla del producto que está aplicando y realizar el triple lavado a dicho envase.



Los pasos del triple lavado son:

1. Ponga agua hasta la cuarta parte del envase, tápelo, agítelo por 30 segundos con la tapa hacia arriba y vacíe el agua en el mismo tanque.
2. Ponga de nuevo agua hasta la cuarta parte del envase, tápelo, agítelo por 30 segundos con la tapa hacia abajo y vacíe el agua en el mismo tanque.
3. Por tercera vez ponga agua hasta la cuarta parte del envase, tápelo, agítelo por 30 segundos con la tapa hacia un lado y vacíe el agua en el mismo tanque.

Escurra el envase, destrúyalo, resguárdelo en un lugar seguro y llévelo al centro de acopio más cercano

V. Actores y sectores que intervienen en el programa y papeles que juegan

En el cuadro siguiente se enlistan los actores y sectores que intervienen en el programa y se resumen los papeles que juegan en él.

Actores y sectores que intervienen en el Programa “Conservemos un Campo Limpio”

Actores/sectores	Papel que juegan
SEMARNAT	Apoyo a la modificación de la regulación vigente y autorización para la ubicación y funcionamiento de los centros de acopio. Promoción y difusión del programa a través de los medios de comunicación, en los tiempos oficiales de los que dispone. Vigilancia para que se cumplan los compromisos del programa.
PROFEPA	Apoyo y conocimiento del programa para facilitar su implantación y la logística de acopio, principalmente en los centros primarios.
SAGARPA	Apoyo de sus técnicos de campo para promover el programa entre los productores. Aporte de información acerca de las zonas con mayor índice agrícola.
SALUD	Divulgación del programa. Vigilancia para que se cumplan los compromisos del programa.
DISTRIBUIDORES	Promoción del triple lavado. Colaboración en la transportación de los envases vacíos que reciban para llevarlos a los centros de acopio.
MUNICIPIOS	Promoción y divulgación del programa. Coordinación de las Direcciones de Ecología y Desarrollo Rural de los municipios para llevar a cabo las acciones de establecimiento y operación de los centros de acopio.
PRODUCTORES	ACTORES CENTRALES DEL PROGRAMA. Realizar el triple lavado de los envases.

Actores/sectores	Papel que juegan
REICLADORES, PRODUCTORES Y CONSUMIDORES DE PRODUCTOS PLÁSTICOS REICLADOS	Devolver los envases al distribuidor o directamente a los centros de acopio. Recibir y procesar los materiales plásticos resultantes de la trituración y/o compactación de los envases vacíos sujetos al triple lavado, para convertirlos en material plástico secundario o recuperar la energía contenida en ellos. Consumir los materiales secundarios o la energía resultante del reciclado de los envases plásticos de agroquímicos.

Se recomienda constituir un comité responsable del establecimiento y operación del programa, así como de la obtención y utilización de los recursos para que éste se desarrolle en forma adecuada y permanente, es decir, de manera sustentable.

Por la dinámica interna de los diferentes gobiernos, principalmente en lo que a cambio de administraciones y movilidad de los servidores públicos involucrados se refiere, es recomendable que la AMIFAC sea parte activa del sistema que opere y coordine los programas y la asignación de los recursos correspondientes; para ello, la asociación está dispuesta a brindar la asesoría técnica necesaria y capacitación para el usuario final, con el apoyo de sus empresas asociadas.

VI. Alternativas de valorización y manejo de los envases vacíos de agroquímicos

VI.1. Formas identificadas de manejo de los envases plásticos vacíos de agroquímicos

Desde el inicio del programa, la AMIFAC se dio a la tarea de identificar y analizar las ventajas e implicaciones de las distintas formas de manejo a nivel nacional e internacional de los envases vacíos de agroquímicos, a fin de seleccionar las más apropiadas, lo cual se resume en el cuadro siguiente.

Formas identificadas de manejo de envases de agroquímicos

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Quema a campo abierto	Es la forma de eliminación más barata.	La combustión no es controlada y provoca emisiones contaminantes. Puede ocasionar incendios. Está prohibida por la ley por lo que no constituye una opción y debe descartarse.
Rellenos sanitarios y/o tiraderos de basura controlados	Constituye una práctica común y de bajo costo, siempre y cuando se trate de envases sometidos al triple lavado y compactados o triturados. Esta práctica es permitida en países como Holanda, Estados Unidos y Chile.	Se desaprovecha el valor de los materiales que componen los envases y, en su caso, su poder calorífico y utiliza innecesariamente espacio en los rellenos sanitarios.
Incineración	Los envases plásticos son usualmente incinerados en países industrializados, en incineradores de residuos peligrosos o de plantas industriales autorizadas para ello y que cuentan con las tecnologías apropiadas y controles de emisiones contaminantes eficientes.	Este proceso es causa de preocupación pública y demanda el control efectivo de las emisiones al aire y manejo adecuado de las cenizas resultantes. Su costo es superior al del confinamiento y las inversiones para instalar y operar los incineradores con las mejores técnicas y prácticas de operación son considerables.
Co-procesamiento energético en hornos de cemento	La evolución de las tecnologías para la fabricación de cemento han hecho posible que se cuente con hornos y controles de emisiones que permiten que estos procesos operen de conformidad con las normas más rigurosas de emisión y operación. En ellos se pueden utilizar los envases plásticos vacíos de agroquímicos -sometidos al triple lavado- como combustible alterno, lo cual abarata los costos de su manejo y permite aprovechar la energía contenida en ellos. En los procesos de incineración en hornos cementeros no se generan cenizas.	No todos los hornos cementeros en el mundo cuentan con tecnologías avanzadas. También es causa de preocupación pública la posibilidad de que emitan contaminantes riesgosos como las dioxinas y furanos. Por lo anterior, deben estar sujetos a procesos periódicos de monitoreo y verificación de su desempeño ambiental.
Dispositivo de eliminación térmica	Consiste en un horno rural construido con	Sólo aplica a muy pequeñas

Alternativa	Ventajas	Desventajas
	un tambor metálico de 200 l. Con este dispositivo se busca evitar el transporte a grandes distancias de cantidades pequeñas de envases vacíos y evitar su quema a cielo abierto.	cantidades de envases y carece de controles suficientes de emisiones contaminantes.
Reciclado	El material plástico triturado y/o compactado que se obtiene de los envases vacíos sometidos al triple lavado, puede servir de materia prima para la fabricación de varios tipos de plásticos. La obtención de madera plástica a partir de la mezcla de envases de distintos tipos de plástico, es la opción más fácil y económica de reciclado.	Puede requerir la separación de los distintos tipos de plásticos en caso de reciclarse para generar las distintas corrientes de plásticos secundarios. Las aplicaciones de los plásticos secundarios están restringidas a productos que no se vayan a usar para contener agua y alimentos para humanos o para animales.

VI.2. Reciclaje de envases plásticos vacíos de agroquímicos

A partir del año 2002, la AMIFAC coordina, con la empresa EPAMEX, situada en el Distrito Federal, el reciclaje de los envases plásticos de plaguicidas sometidos al triple lavado. Esta empresa ha sido creada por un grupo de empresarios mexicanos conscientes de que la problemática de los desechos sólidos ha rebasado los límites tolerables tanto para la ciudadanía como para los gobiernos. Por esta razón, encuentran una oportunidad de mercado para la producción de perfiles y piezas tridimensionales, utilizando como materia prima plásticos post-consumo mezclados, procedentes de la colecta selectiva de los residuos sólidos. Las ventajas de estos materiales incluyen su duración, resistencia a la humedad, a la insolación, a la salinidad, indeformabilidad, capacidad de aislamiento, así como el hecho de que son imperecederos.

Los tipos de materiales o productos que se pueden obtener del reciclaje de los envases plásticos vacíos de agroquímicos, y sus posibles aplicaciones, incluyen las resumidas en el cuadro siguiente.

Tipos de materiales secundarios obtenidos del reciclaje de envases plásticos vacíos de agroquímicos y sus aplicaciones

Aplicaciones	Materiales secundarios
Construcción	La madera plástica sustituye ventajosamente a la madera, en ocasiones al concreto e incluso al acero, ya que además de poseer un elevado grado de resistencia a impactos, roturas o abrasiones, puede ser cepillada, atornillada, laqueada, mecanizada, soldada, etcétera.
Agricultura	Se emplean para producir varas que se usan como tutores en cultivos de guía, como cajones para macetas, muros para terrazas escalonadas en cerros, revestimiento de canales de riesgo y mangueras de riego, entre otros.
Obras hidráulicas	Se utilizan para apuntalamiento de taludes en zonas lacustres, para construir puentes, canales, etcétera.
Vialidades	Se les usa como señalamientos, como postes fantasmas, etcétera.
Equipo urbano	Son útiles como botes de basura, rejillas de drenaje, bancas de parques, postes de alumbrado y en otras aplicaciones.

VII. Factores indispensables para la implantación y operación exitosa del programa “Conservemos un Campo Limpio”

- Es necesaria la participación comprometida y activa de todos los involucrados en la cadena de producción, distribución y uso de los productos agroquímicos, y en el acopio, triple lavado, reciclado (incluyendo la comercialización de productos reciclados) y disposición final de los envases de dichos productos.
- Es indispensable adecuar el marco regulatorio aplicable a los agroquímicos y sus envases, que actualmente obstaculiza la implantación y operación exitosa de este programa y/o incrementa indebidamente sus costos.
- Es imprescindible aplicar las disposiciones legales vigentes relativas a la responsabilidad del generador de residuos peligrosos (incluyendo a quienes generan los envases vacíos de agroquímicos), de dar un manejo ambientalmente adecuado a los mismos, para evitar que se siga disponiendo de ellos inadecuadamente en los campos agrícolas.
- Se debe reglamentar la devolución, acopio y recolección de los envases vacíos de agroquímicos, para que el consumidor los devuelva al distribuidor (y éste los acepte) o a los centros de acopio, de conformidad como lo establezcan los programas locales o regionales respectivos.
- Se debe involucrar en la implantación y operación del programa a todas las empresas de la industria de agroquímicos, de manera corresponsable y comprometida.

- Los gobiernos estatales y municipales deben de tomar parte en la implantación y operación del programa en sus entidades y localidades.
- Es preciso involucrar a las organizaciones civiles y ambientalistas -interesadas en la prevención y reducción de riesgos en el manejo de agroquímicos- en la formulación e instrumentación de los programas locales a desarrollar, en las distintas entidades del país.

VIII. Direcciones y personas que pueden brindar información sobre el programa “Conservemos un Campo Limpio”

<p>Organización coordinadora del programa: Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C. (AMIFAC). Tintoreto #32, Edif. A, despacho 2 Col. Noche Buena, Mixcoac C.P. 03720 México, D.F. Tel. 55 98 90 95 Correo electrónico: amifac@amifac.org.mx</p>	<p>Gerente general. Ing. Mónica Olvera Ramírez Correo electrónico: molvera@amifac.org.mx</p>
<p>Coordinación del programa</p>	<p>Coordinador nacional Dr. Gabriel Díaz Izeta Correo electrónico: gdiaz@amifac.org.mx</p> <p>Sub-Coordinador nacional Ing. Alejandro Galindo Betancourt abetancourt@amifac.org.mx</p>

IX. Conclusiones

La experiencia en la implantación y operación del programa “Conservemos un Campo Limpio” es alentadora y muestra el camino a seguir para eliminar la práctica inadmisibles y riesgosa de abandono de los envases vacíos de agroquímicos en las zonas agrícolas y sitios vulnerables.

Sin embargo, esta experiencia también muestra que para tener éxito en el logro de los objetivos que persigue el programa, es indispensable la participación corresponsable y comprometida de todos los actores y sectores involucrados directa o indirectamente en la generación y manejo seguro y ambientalmente adecuado de los envases vacíos de agroquímicos.

No menos importante para facilitar el desarrollo de este programa, es la adecuación del marco regulatorio en materia de gestión de los residuos, que haga posible la obtención de los resultados esperados de la manera más fácil, económica, tecnológicamente viable, ambientalmente efectiva y socialmente aceptable.

En particular, se identifican una serie de factores que son indispensables para la operación exitosa del programa, entre los cuales se encuentran los citados en el cuadro siguiente.

**Claves del éxito en la implantación y operación del programa
“Conservemos un Campo Limpio”**

- Divulgación, aceptación y aplicación efectiva del triple lavado de los envases.
- Desclasificar los envases de agroquímicos sujetos al triple lavado, en la norma que establece la clasificación de los residuos peligrosos, flexibilizar las reglas para su manejo y adecuar el marco regulatorio en la materia.
- Coordinación efectiva entre autoridades gubernamentales/empresas de agroquímicos/productores y consumidores de agroquímicos/recicladotes.
- Enfoque basado en prioridades y de carácter gradual.
- Centros de acopio exclusivos y apropiados para envases que contuvieron agroquímicos.
- Desarrollo de una cultura de responsabilidad social y una educación ambiental en el medio rural y entre quien genera y maneja los envases de agroquímicos al final de su vida.

CAPÍTULO 17

Aprovechamiento de residuos mediante su co-procesamiento en la fabricación de cemento

0. Síntesis

México enfrenta un grave problema para el manejo y disposición controlada y segura de residuos, tanto municipales, como aquéllos clasificados como peligrosos, ya que sólo un pequeño porcentaje de los que se generan, son dispuestos correctamente. Se estima que anualmente en el país se generan 84 millones de toneladas de residuos municipales y aproximadamente 8 millones de toneladas de residuos peligrosos.

Muchos de estos materiales se disponen sin ningún control y muchos otros tienen como destino final rellenos sanitarios o confinamientos (se estima que el 99% de los residuos municipales tienen este destino), sin que exista ningún tipo de aprovechamiento previo, ambientalmente seguro, técnica y económicamente viable.

Una forma técnicamente viable y ambientalmente segura de aprovechar los residuos, es mediante su co-procesamiento en las plantas cementeras. El co-procesamiento es la integración ambientalmente segura de los residuos de una industria o fuente conocida a otro proceso productivo, para aprovechar la energía contenida y la composición de estos materiales.

El co-procesamiento de residuos en plantas cementeras es una solución sustentable, ya que aporta beneficios ambientales, sociales y económicos, tales como:

Beneficios ambientales

- Reducción en consumo de combustibles no renovables.
- Representa una alternativa para la disposición ambientalmente segura de algunos residuos, tanto municipales como industriales, evitando contaminación de mantos acuíferos, suelos, ríos y mares.
- Disminución de las emisiones globales de CO₂ a la atmósfera.
- Recuperación de la energía contenida en los residuos.
- No se generan residuos adicionales como cenizas o subproductos.
- Las emisiones de los hornos de cemento no aumentan con respecto al uso de combustibles convencionales.

Beneficios sociales

- Disminución de un pasivo ambiental para futuras generaciones, como es la contaminación por residuos.
- Manejo regional y controlado de residuos, lo que disminuye riesgos y costos.
- Colabora a tener altos estándares de seguridad en la clasificación, manejo y disposición de los residuos.

Beneficios económicos:

- Aprovechamiento de la infraestructura existente: la industria cementera nacional.
- Incremento en la competitividad del sector y la cadena productiva, al optimizar el costo de los energéticos.

El co-procesamiento es congruente con la estrategia internacional para el manejo de los residuos, en donde se busca dar prioridad a la optimización de los procesos industriales para minimizar la generación de estos materiales, y se intenta maximizar su reciclaje o aprovechamiento, teniendo como última opción el confinamiento, como lo muestra el siguiente diagrama:



El co-procesamiento de residuos en la industria del cemento, es una opción para contribuir a la solución de una problemática nacional bajo un esquema de desarrollo sustentable, la cual es ampliamente usada en países desarrollados como Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia, Suiza, etcétera.

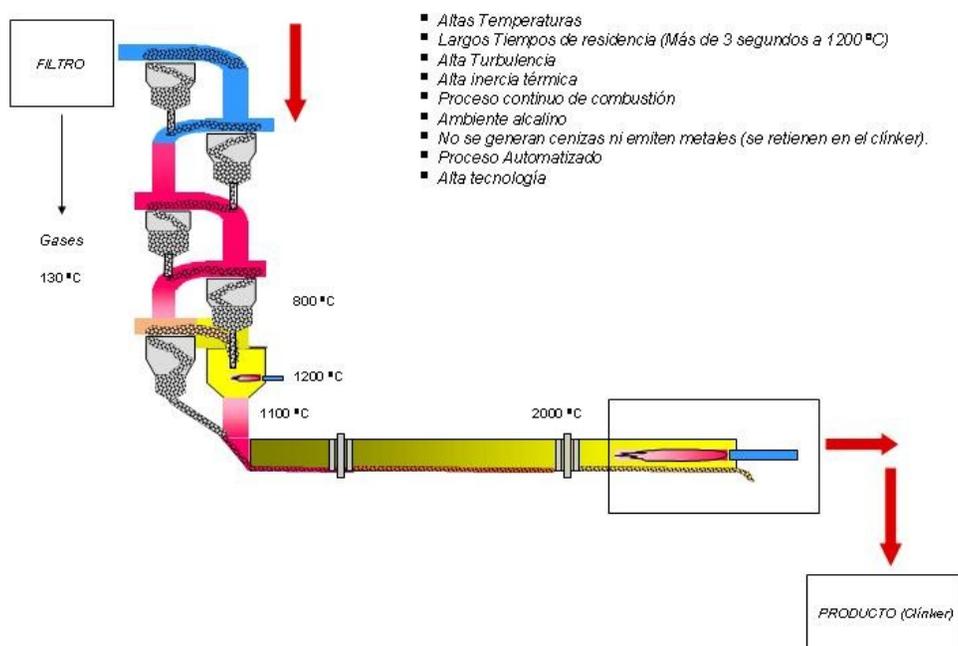
Los residuos que se pueden co-procesar en las plantas cementeras pueden ser muy variados y sus características dependerán de cual vaya a ser su utilización:

- Como combustible en la calcinación (sinterización), tales como aceites gastados, llantas, plásticos, lodos, etcétera.
- Como materia prima en la formulación del crudo, tales como escoria, arenas de fundición, vidrio, etcétera.
- Como adición al clínker en la fabricación de cemento, tales como escoria, etcétera.

El co-procesamiento de residuos en hornos de cemento en México constituye una práctica segura que contribuye al control y preservación del medio ambiente, ya que se lleva a cabo bajo un estricto control de la operación de la fábrica, de la composición de los residuos y de las emisiones. Además, las condiciones que tienen los hornos para que se produzcan las

reacciones de transformación, resultan ideales para la completa destrucción de algunos residuos, tales como llantas, aceites, etcétera, las cuales son conocidas como las tres T: alta Temperatura (hasta 2,000°C en la flama), largos Tiempos de residencia en una atmósfera rica en oxígeno, alta Turbulencia y un ambiente alcalino debido a las materias primas.

Diagrama de un horno de clínker con precalentador de 5 etapas y calcinador



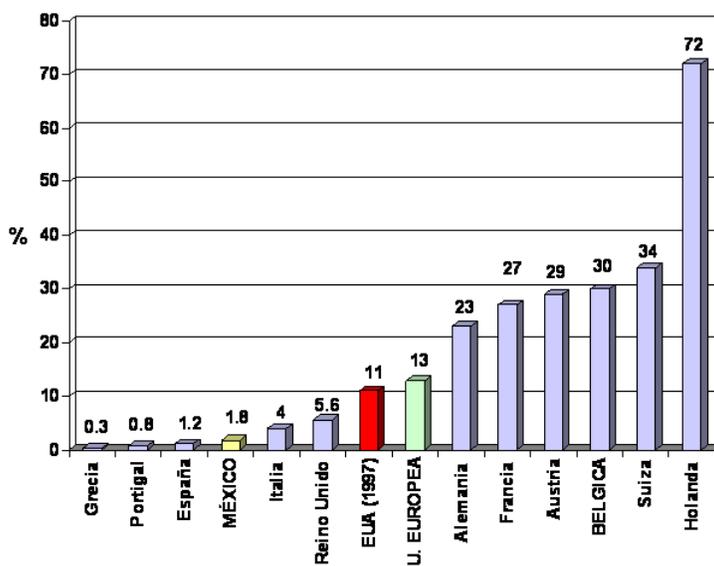
Actualmente, en México hay 26 plantas de cemento que cuentan con permiso de la SEMARNAT³⁶ para co-procesar residuos como combustibles alternos, las cuales co-procesaron en el año 2002, en su conjunto, cerca de 90,514 toneladas³⁷ de residuos, lo que representó una sustitución del 2.0% de los combustibles tradicionales.

³⁶ SEMARNAT, Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes, Ponencia "Infraestructura autorizada para el reciclaje energético en la industria cementera", diciembre de 2001.

³⁷ CANACEM, Dato obtenido con información proporcionada por las empresas.

Al comparar esta cifra con los residuos que no son dispuestos correctamente y cuando se compara con las de otros países desarrollados e interesados en la conservación del medio ambiente, como Estados Unidos, Francia, Alemania, Bélgica y Austria, en donde los porcentajes nacionales de sustitución han llegado a ser de 11%,³⁸ 26%, 23%, 32% y 30% respectivamente,³⁹ lo que representa medias nacionales de sustitución superiores al 20%,⁴⁰ se puede observar que existe un gran potencial de sustitución. Las causas de esta disparidad existente no son fáciles de encontrar y se relacionan con cuestiones económicas, sociales y políticas, fundamentalmente.

% Energía aportada por residuos en la industria cementera (1999)



³⁸ Berkeley, 1997

³⁹ Op Cit 3. Los valores señalados se refieren a Alemania y Austria para 1999, en tanto que para Bélgica y Francia son datos para 2000.

⁴⁰ Club Español del Residuos (CER), (2001). "Contribución de la Industria del cemento a la gestión de residuos en Europa", Cuadernos CER N° 3. CER, España.

Actualmente, la norma que regula las emisiones de la industria del cemento en México (Norma Oficial Mexicana: NOM-040-SEMARNAT-2002), ha sido actualizada, e incluye el aprovechamiento de los residuos como combustibles, clarificando y armonizando esta práctica, lo que sin duda apoyará a esta actividad medioambiental.

1. Introducción

México enfrenta un grave problema en el manejo de residuos tanto municipales como peligrosos, ya que por un lado la generación de residuos ha crecido en los últimos años, y por otro, no se ha construido infraestructura suficiente para su tratamiento.



Foto de un incendio de llantas en la frontera norte de México

Un ejemplo de esto son los tiraderos de llantas, en los cuales es frecuente que se produzcan incendios. A este respecto, La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos –EPA– estimó en un estudio⁴¹ conjunto con el “Clean Air Technology Center” realizado en 1997 que, las emisiones de los incendios de llantas son 16 veces más

⁴¹ EPA, Clean Air Technology Center. Emisiones al Aire de la Combustión de Llantas Usadas. EPA 600/R-97-115. Octubre 1997.

mutagénicos que la quema de leña en chimeneas de casas habitación y, 13,000 veces más mutagénicas que la combustión de carbón en un equipo de combustión eficiente, que cuente con controles anticontaminantes.

El co-procesamiento de residuos es considerado como una opción ambientalmente segura para contribuir a la solución de la problemática de residuos. Por un lado, es considerada una forma de conservar los recursos no renovables, como el petróleo, y por otro lado, se da una solución al problema de los residuos.

El objetivo de este documento es exponer el estado que guarda el manejo de los residuos en México y, al mismo tiempo, presentar al co-procesamiento de residuos como una opción viable para su manejo.

Este documento es un resumen de las consideraciones medioambientales, técnicas y económicas, relacionadas con el co-procesamiento de residuos en hornos cementeros en México y en el mundo.

2. La industria del cemento en México

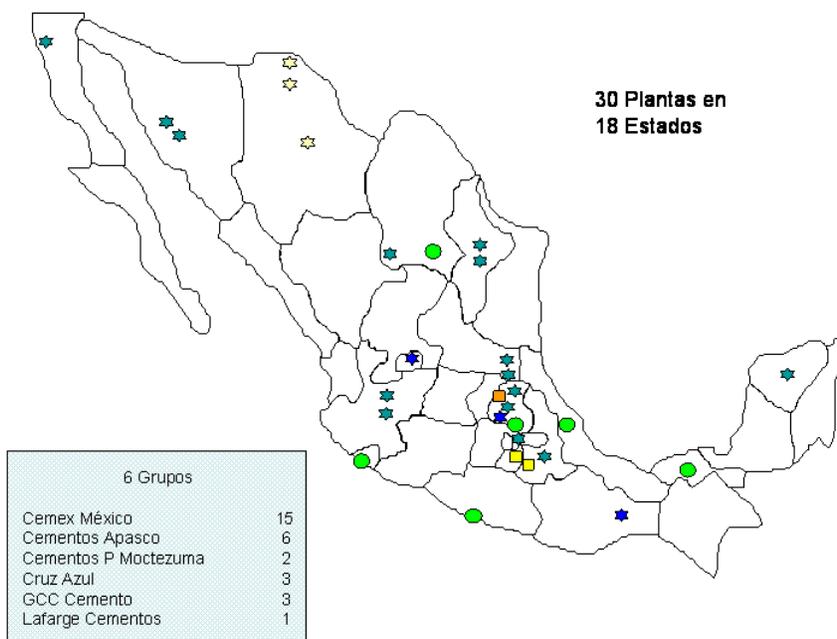
Es claro que el desarrollo de cualquier país está estrechamente ligado al desarrollo de la construcción y en consecuencia a la industria del cemento, ya que éste resulta un elemento indispensable para la industria de la construcción del mundo entero. El cemento está presente en cualquier obra de infraestructura como presas, caminos, casas, escuelas, hospitales, etcétera.

La industria del cemento representa para México un importante sector económico, ya que su valor de reposición es de 50,000 millones de pesos y genera 7,600 empleos directos en cemento y 14,000 empleos en concreto premezclado, además de los que genera indirectamente, los cuales se calculan en 5.5 empleos indirectos por cada directo que se genera en la industria.

El total del cemento que se consume en México es producido por 6 empresas, a través de 30 plantas, de las cuales, 28 están en operación, distribuidas en todo el territorio nacional, con una capacidad instalada que asciende a cerca de 39 millones de toneladas al año, las cuales son:

Compañía	Nº de plantas	Ubicación
CEMEX México	15	Monterrey, Valles, Torreón, Huichapan, Hidalgo, Mérida, León, Guadalajara, Ensenada, Tamián, Barrientos, Yaqui, Campana, El Fuerte, Atotonilco, Tepeaca, Tula y Zapolitic.
Cementos Apasco	6	Acapulco, Apaxco, Macuspana, Orizaba, Ramos Arizpe y Tecomán.
GCC Cemento	2	Chihuahua, Juárez y Samalayuca
Cementos Pórtland Moctezuma	1	Tepetzingo y Jiutepec
Lafarge Cementos	1	Vito, Hidalgo.
Cooperativa La Cruz Azul	3	Hidalgo, Lagunas y Aguascalientes

Distribución geográfica de la industria del cemento mexicana



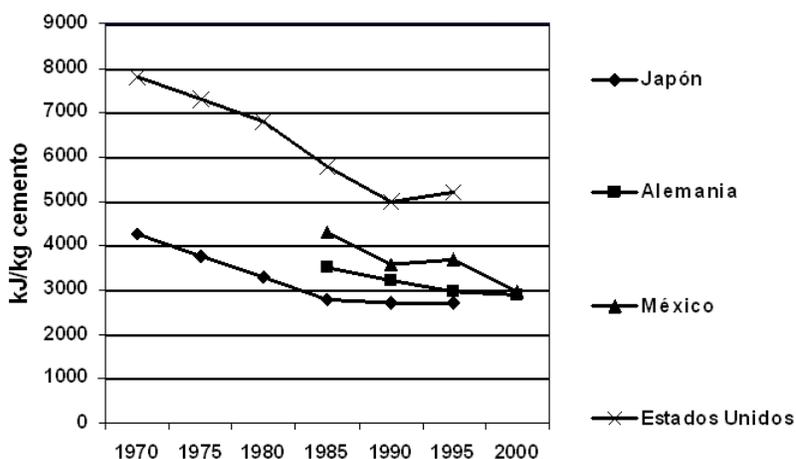
La producción de cemento gris en México se ha incrementado en los últimos años hasta alcanzar en el 2002 los 31.06 millones de toneladas, en tanto que el consumo aparente fue

de 28.9 millones de toneladas, lo que significó un consumo per cápita anual cercano a los 280 kg.

México ha venido incrementando su demanda en los últimos años para convertirse en uno de los 15 países con mayor producción de cemento en el mundo, mostrando crecimientos superiores al de países desarrollados como Estados Unidos, Alemania, Italia, Japón, etcétera.

Asimismo, la tecnología, las inversiones y prácticas de operación, le han permitido alcanzar niveles de eficiencia energética mayores a los de Estados Unidos y similares a los de sus competidores más avanzados, como el caso de Japón y Alemania, lo que se puede observar en la siguiente gráfica.

Consumo de energía por kilogramo de cemento



3. La industria del cemento en México es considerada como un sector altamente eficiente y ambientalmente responsable.

Esto se ha demostrado en hechos concretos tales como, ser el primer sector industrial cuya totalidad de plantas se encuentra certificada como “Industria Limpia” por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y haber logrado reducir la siniestralidad industrial en más del 90% desde 1990.

4. Proceso de fabricación de cemento

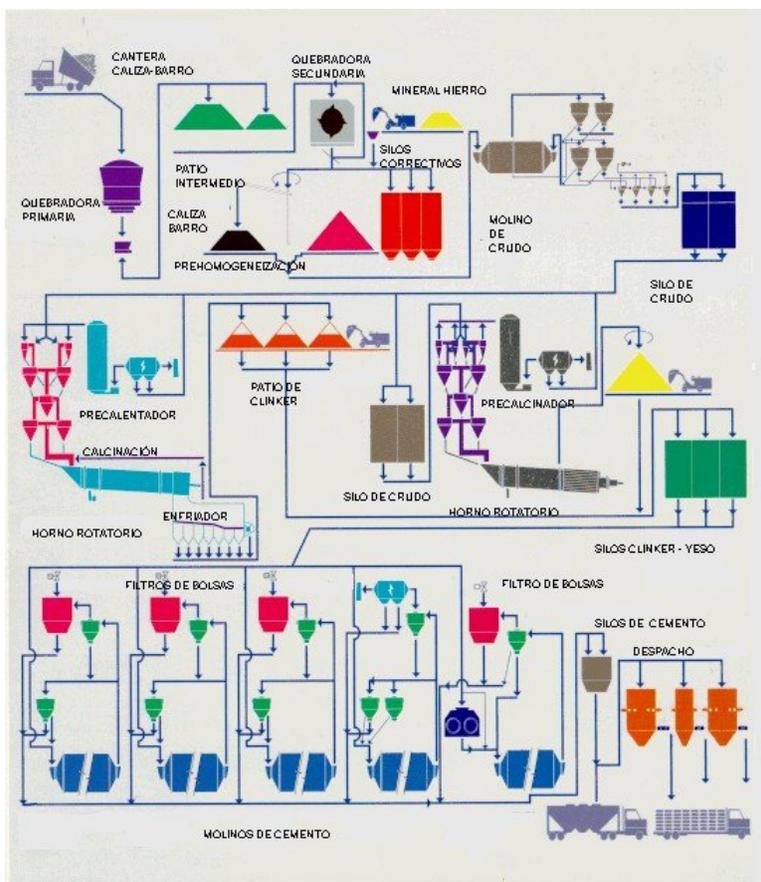
El cemento puede fabricarse mediante dos procesos, el proceso húmedo y el seco, que es el más eficiente. En México, el 99% de la capacidad de producción es realizado en hornos que emplean el proceso seco y desde la última década, el 100% se produce en este tipo de hornos. En este documento únicamente se describirá al proceso seco.

La fabricación de cemento es una actividad industrial de procesamiento de minerales, la cual se divide en tres etapas básicas:

- i) Obtención, preparación y molienda de materias primas (caliza, marga, arcilla, pizarra, etcétera) que aportan los siguientes compuestos minerales: carbonato cálcico (CaCO_3), óxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de hierro (Fe_2O_3). Estos materiales son dosificados a los sistemas de molienda y se obtiene una mezcla de polvo de los minerales denominada “crudo” o “harina”.
- ii) El crudo obtenido se introduce por el extremo superior de un precalentador (o “intercambiador de ciclones”) compuesto de 4 o más etapas. Al caer, el crudo es calentado hasta 850°C por los gases calientes ascendentes. A esta temperatura se produce una descarbonatación parcial. A continuación, el crudo es introducido en un horno rotatorio inclinado y calentado por una llama de $1,800^\circ\text{C}$ a $2,000^\circ\text{C}$, donde se completa la sinterización a $1,450^\circ\text{C}$ y se obtiene un producto intermedio denominado clínker.
- iii) El cemento se produce mediante la molienda del clínker junto con otros componentes como: yeso (regulador de fraguado) y adiciones (escorias de alto horno, cenizas volantes, caliza, puzolanas), para dar lugar a los distintos tipos de cemento. El material es dosificado a los sistemas de molienda de donde se obtienen los diferentes tipos de cementos.

A continuación se muestra un diagrama esquemático del proceso descrito.

Diagrama del proceso de fabricación del cemento



5. Consumo de energía

La fabricación de cemento es un proceso intensivo en energía. Para la fabricación de una tonelada de cemento, en función de las materias primas y la tecnología, el consumo de combustibles en el horno de clínker se sitúa entre 3,000 y 4,000 MJ/t de clínker (700 – 950 kcal/kg clínker) para el proceso de calcinación, y alrededor de 110 kWh de energía eléctrica en procesos de molienda y transporte de materiales. El costo de la energía necesaria representa entre el 30 y el 40% de los costos de producción.⁴²

Los combustibles utilizados tradicionalmente en la industria cementera mexicana son el combustóleo, el gas natural y el coque de petróleo

Consumo de combustibles fósiles en la industria cementera mexicana (año 2002)

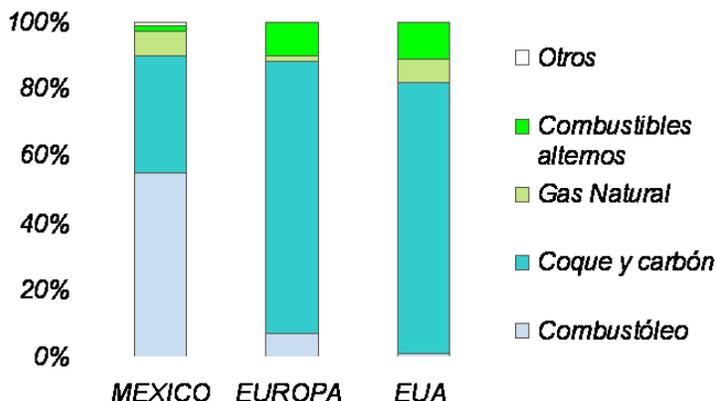
Combustibles	%
Coque de petróleo	45
Combustóleo	40
Gas Natural	7
Carbón	5
Combustibles alternos	2

Fuente: CANACEM, elaborada con información proporcionada por las empresas

Para efectos de comparación con nuestros competidores más importantes, la siguiente gráfica muestra los combustibles consumidos en Estados Unidos y Europa, en comparación con México:

⁴² The European Cement Association,(CEMBUREAU) (1999). "Best Available techniques" for the cement industry. CEMBUREAU, Bruselas, Bélgica.

Comparación del consumo de combustible en México, Europa y Estados Unidos



Fuente datos EUA: Martin, Worrell & Price (1999). Oportunidades de ahorro en los Estados Unidos, Berkeley laboratories. Los datos se refieren a 1997.
Datos de Europa y México: 1999.

El consumo de energía eléctrica se destina en su mayor parte a las operaciones de molienda, tanto de las materias primas previo a su calcinación, como en la molienda conjunta del clínker y otros minerales para dar lugar al cemento. Estas dos operaciones suponen aproximadamente el 75% de la electricidad consumida en la planta; el resto se emplea en transporte de materiales y en impulsión de gases. El consumo total se sitúa aproximadamente entre 90 y 120 kWh/t de cemento, en función de la tecnología utilizada y del tipo de cemento fabricado.

Los costos energéticos de combustible y energía eléctrica suman más del 30% de los costos de fabricación, por lo que la reducción en su consumo y la diversificación de las fuentes energéticas son factores clave para la competitividad de las empresas cementeras. Los esfuerzos de reducción del consumo de combustibles en la fabricación de cemento se han centrado en dos líneas de trabajo:

- a) Mejorar el rendimiento energético mediante la modernización de las instalaciones y con el desplazamiento de la producción hacia hornos con mayor eficiencia.
- b) Modificar la composición del cemento para incorporar en la fase de molienda otros materiales activos distintos del clínker. Estos materiales, denominados adiciones, incluyen las cenizas volantes, escoria siderúrgica de horno alto y otros materiales.

Entre 1990 y el año 2000, la industria mexicana del cemento ha reducido el consumo de energía para la fabricación de una tonelada de cemento en, aproximadamente, un 18%.⁴³ En relación con el consumo de electricidad, los esfuerzos en la mejora de la eficiencia energética se centran en la modernización de los equipos de molienda, con sistemas de separación más eficientes, y en la instalación de equipos de transporte mecánicos en sustitución de los sistemas neumáticos, lo que ha representado una disminución del 12% entre 1990 y el año 2000.⁴⁴

6. Co-procesamiento de residuos en los hornos cementeros.

El co-procesamiento es la integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, a otro proceso productivo.

A través del co-procesamiento se aprovecha la energía de algunos residuos, dándoles un valor productivo, y ahorrando combustibles no renovables. El horno de cemento es idóneo para esta actividad por sus altas temperaturas y características técnicas. El co-procesamiento es una práctica ampliamente utilizada en el mundo desarrollado (por ejemplo, EUA, Japón, Alemania, Francia, Holanda y Suiza, principalmente).

A la vista de las características del proceso de fabricación del cemento (infraestructura y tecnología de punta) existen una serie de residuos industriales y subproductos que pueden ser utilizados:

1. Como materia prima en la formulación del crudo y la fabricación del cemento, entre los cuales se encuentran:
 - Arenas de fundición, con alto contenido de óxido de silicio.
 - Residuos de demolición.
 - Escoria de alto horno

⁴³ Dato obtenido a partir de información proporcionada por las empresas.

⁴⁴ Dato obtenido a partir de información proporcionada por las empresas

- Puzolanas naturales o industriales
- Cenizas de termoeléctricas
- Humos de sílice
- Caliza

Para que un material pueda coprocesarse debe estar compuesto básicamente por los óxidos metálicos que componen el clínker, y no incorporar sustancias que afecten el proceso, el comportamiento ambiental de la planta, ni a las características del cemento.

Composición química de óxidos en el clínker

Óxidos	% en masa
CaO	60 – 69
SiO ₂	18 – 24
Al ₂ O ₂	4 – 8
Fe ₂ O ₂	1 – 8

La utilización de residuos y subproductos como materia prima aporta las siguientes ventajas:

- Reducción de la explotación de canteras, sustituyendo recursos naturales por materiales derivados de otras actividades humanas.
- Disminución del consumo energético, en particular cuando se utilizan adiciones en el cemento.
- Reducción de las emisiones a la atmósfera, al reducirse el consumo de combustibles.

2. Como combustible en la calcinación del clínker:

- Llantas
- Aceites
- Solventes
- Pinturas
- Lodos de refinería
- Sólidos impregnados
- Tierras contaminadas

Aportando dos ventajas fundamentales:

- Por una parte, asocia la industria del cemento a la solución de problemas medioambientales de la sociedad en la que opera y en el seno de la cual realiza su actividad.
- Por otra parte, la reducción de costos de fabricación derivada del aprovechamiento de fuentes alternativas de energía como los residuos.

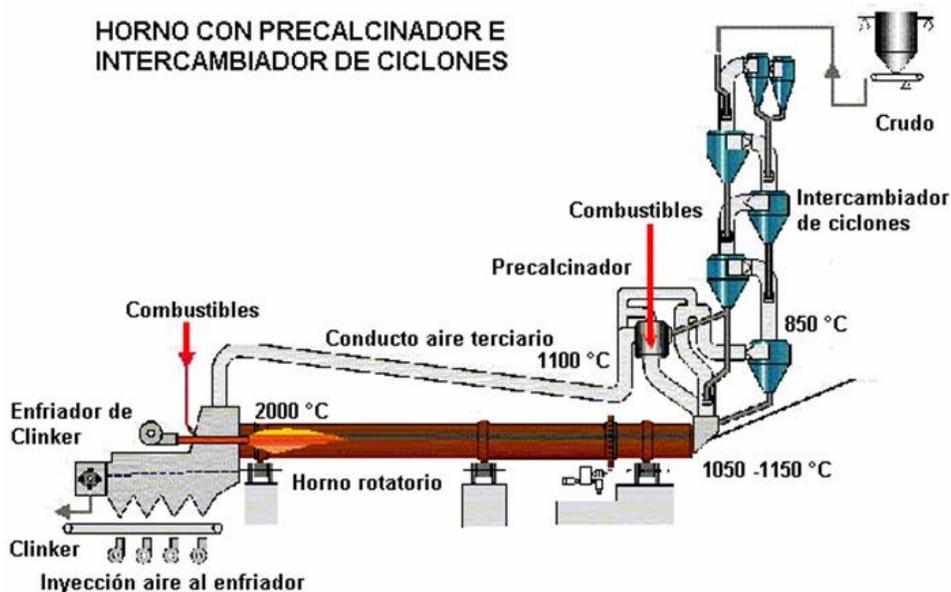
No obstante, debemos tener siempre presente que el objetivo prioritario de la industria del cemento es:

- Fabricar un material básico de construcción, de calidad y a precio competitivo.
- Proteger la seguridad y salud de quienes trabajan en la planta y de quienes viven cerca de ellas.
- Garantizar, a su vez, la preservación del medio ambiente en su conjunto.

Por lo tanto, el co-procesamiento de residuos en las plantas cementeras debe responder a los siguientes criterios:

- Aportar un beneficio al medio ambiente al contribuir en la solución del problema de la disposición de residuos y reducir las emisiones contaminantes.
- Garantizar la seguridad y salud de los trabajadores y de las personas en el entorno de la planta.
- Ser totalmente compatible con la calidad y con el proceso de fabricación del cemento.

Diagrama de un horno de clínker con precalcinador de 5 etapas (Intercambiador de ciclones).



La operación de los hornos cementeros reúne condiciones ideales para realizar el co-procesamiento.

- Altas temperaturas (de 1000°C hasta 2000°C) y los largos tiempos de residencia en atmósfera rica en oxígeno que asegura la completa destrucción de los compuestos orgánicos presentes en los residuos.
- Turbulencia muy alta, que asegura una buena combustión.
- Ambiente alcalino. Los gases ácidos formados en la combustión por la presencia de azufre de los combustibles y eventuales trazas de halogenados, son

neutralizados por la materia prima, de naturaleza alcalina, y se incorporan al clínker como sales inertes.

- La interacción de los gases de combustión con la materia prima presente en el horno, garantiza que la parte no combustible del residuo quede retenida en el proceso y se incorpore al clínker.
- Retención de cenizas en el clínker. No se generan residuos que deban ser tratados posteriormente, ni se incrementan las emisiones a la atmósfera, con respecto al uso de combustibles convencionales.
- Disminución de las emisiones globales a la atmósfera respecto a esos residuos, si se tuvieran que incinerar posteriormente.
- Se reduce el consumo de combustibles tradicionales no renovables, tales como carbón, gas natural o derivados del petróleo, lo que representa una opción en el aprovechamiento sustentable de estos recursos.
- Una alternativa para la disposición ambientalmente segura de los residuos industriales evitando graves focos de contaminación en ríos, acuíferos y suelos.

Con estrictos parámetros de manejo y operación de los residuos, los hornos cementeros representan una alternativa viable para la destrucción definitiva de algunos residuos industriales.

6.1. Condiciones térmicas de los hornos cementeros.

El proceso de fabricación de cemento es un proceso con un consumo intensivo de energía, debido fundamentalmente a las altas temperaturas que es necesario alcanzar para el correcto desarrollo del mismo. El consumo energético va a depender de las materias primas empleadas y, sobre todo, de la tecnología y del sistema de alimentación empleados.

La combustión en el horno de cemento tiene lugar en una o dos zonas, en función de la tecnología empleada:

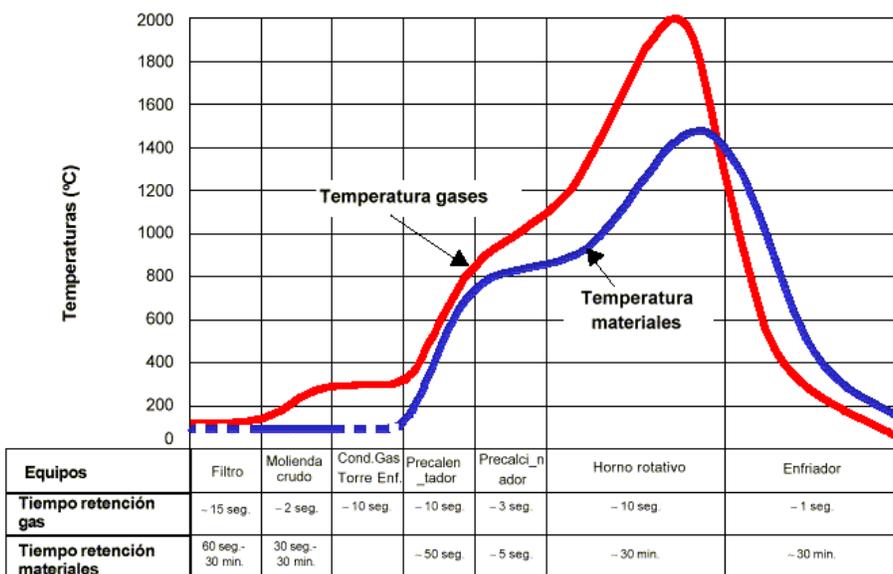
- a) En el quemador principal, presente en todos los hornos, situado en la parte más baja del horno rotatorio, la flama alcanza una temperatura cercana a los 2,000°C. Los gases de combustión se mantienen a más de 1,200°C durante un tiempo superior a 5 segundos, en atmósfera oxidante.

- b) En la zona del horno en que se produce la descarbonatación de la caliza (calcinación), en la que la combustión se realiza a temperaturas cercanas a los 1,200°C, manteniéndose una temperatura superior a 850°C durante unos 3 segundos.

La ubicación concreta de la segunda zona de combustión varía para distintas tipologías de hornos:

- Los hornos modernos disponen de cámaras de combustión en la parte baja de la torre de ciclones (precalcinador), donde se realiza la combustión con aporte de aire caliente proveniente del enfriador de clínker. Algunos hornos disponen de precalcinador sin aporte de aire terciario, por lo que la combustión se realiza con el exceso de oxígeno proveniente del mechero principal.
- En hornos vía seca que no disponen de precalcinador o en hornos vía semi-seca o semi-húmeda, la combustión puede realizarse en la primera zona del horno rotatorio.

Diagrama de Temperaturas de gases y material en un horno con precalentador de ciclones y precalcinador



Ante estas condiciones térmicas de los hornos cementeros y las demás características del proceso del cemento, en muchos países se ha decidido utilizar residuos y subproductos para reducir el consumo de combustibles fósiles tradicionales, permitiendo reducir el costo de fabricación del cemento y contribuir a solucionar el problema de la disposición de residuos.

Para realizar el co-procesamiento de residuos en forma adecuada y ambientalmente segura, es necesario considerar lo siguiente:

- ✓ Preparación y dosificación adecuada del residuo.
- ✓ Temperatura de los gases de combustión superior 1,100 °C.
- ✓ Tiempo de residencia de los gases a dicha temperatura durante más de 2 segundos.
- ✓ Concentración de oxígeno suficiente para la completa oxidación de los residuos co-procesados.
- ✓ Turbulencia que permite una mezcla eficaz con el aire de combustión.
- ✓ Sistemas de control que permitan cumplir los límites impuestos de emisión a la atmósfera.

Los hornos de cementeros cumplen todos estos parámetros, incluso tienen una serie de características que les permiten mejorar sobradamente algunos de ellos:

- ✓ Trabajan en una atmósfera oxidante y a muy altas temperaturas (superiores a 1,450 °C para materiales y a 2,000 °C para la flama, con un exceso de oxígeno de 2 – 3 %).
- ✓ Un tiempo de residencia de los gases de combustión mayor a 3 segundos a más de 1,200 °C.
- ✓ Alta turbulencia del sistema, lo que asegura una combustión muy eficiente.
- ✓ Tienen una alta inercia térmica (imposible que ocurra un cambio abrupto de condiciones de temperatura y operación).
- ✓ Ambiente alcalino (lo que permite neutralizar contaminantes ácidos).
- ✓ Un largo periodo de contacto entre los gases de combustión y los componentes alcalinos (mejora la eficiencia de depuración de contaminantes).
- ✓ Retención de partículas y cenizas en el clínker (evitan la generación de residuos secundarios).
- ✓ Colectores de partículas alta eficiencia que minimizan las emisiones a la atmósfera.

En las condiciones de combustión a las que está sometido el sistema, los compuestos orgánicos contenidos en los residuos, son destruidos, dando como resultado la formación

de CO₂ y H₂O. La energía liberada en la combustión se aprovecha en el proceso de fabricación de clínker.

Los valores de emisiones a la atmósfera no se incrementan al sustituir combustibles convencionales por residuos co-procesables, ya que se verifica su compatibilidad con el proceso.

En el caso de que el residuo contenga elementos ácidos o azufre, estos son neutralizados y absorbidos por la materia prima, de naturaleza alcalina. Las sales inorgánicas resultantes se incorporan al clínker.

Los numerosos estudios realizados sobre el comportamiento de los metales, han demostrado que son retenidos mayoritariamente en el clínker con una retención muy cercana al 100%, lo que garantiza que, en su caso, las trazas emitidas a la atmósfera cumplan holgadamente los límites de emisión más estrictos, tanto nacionales como internacionales.

Los residuos co-procesables pueden aportar minerales que contribuyan a formar los compuestos del clínker. Las llantas usadas, por ejemplo, además de energía, aportan hierro para la composición del clínker. En este caso, además de recuperar su energía, se aporta un sustituto a las materias primas naturales.

6.2. Residuos no co-procesables.

El co-procesamiento de los residuos no debe poner en riesgo la seguridad de la gente, afectar el comportamiento ambiental de la planta, la operación normal del proceso ni la calidad del cemento.

En base a las consideraciones anteriores, no se co-procesan los siguientes tipos de residuos:

- Bifenilos policlorados.
- Plaguicidas (organoclorados y organofosforados), excepto envases vacíos que los contuvieron, previa aplicación de triple lavado.
- Dioxinas policloradas.

- Dibenzofuranos policlorados.
- Residuos radiactivos.
- Gases comprimidos.
- Residuos biológico infecciosos.
- Compuestos organoclorados.
- Cianuros en aquellos residuos donde éste sea el agente primario.
- Baterías y acumuladores usados que contengan metales tóxicos.
- Explosivos.
- Circuitos y componentes electrónicos que contengan metales tóxicos.
- Metales pesados (restringido a las concentraciones en partes por millón establecidos en las respectivas autorizaciones).

Las autoridades ambientales competentes establecen en los permisos las limitaciones en cuanto a composición y cantidad de residuos, de forma que se garantice la compatibilidad ambiental de la actividad, así como el cumplimiento de las normas vigentes.

6.3. Influencia del co-procesamiento de residuos en el cemento y el concreto premezclado

Las características medioambientales del cemento y el concreto premezclado no se ven afectadas por el co-procesamiento de residuos ya que éstos tienen las mismas propiedades que cualquier otro cemento que utilizó combustibles fósiles, tanto desde el punto de vista de desempeño técnico del producto, como de su comportamiento ambiental.

La lixiviación de metales pesados ha sido objeto de estudio en numerosas investigaciones. Todas ellas demuestran que la emisión es muy reducida, cualquiera que sea el combustible empleado para la fabricación de cemento. Las cantidades lixiviadas han sido siempre inferiores a los umbrales de detección de las técnicas de análisis o con valores muy inferiores a los niveles permitidos para el agua potable.

7. Preparación de residuos para el co-procesamiento.

Prácticamente, la totalidad de los residuos empleados en las plantas cementeras son sólidos o líquidos.

Los combustibles sólidos (llantas, papel, plástico, textiles impregnados) se someten a tratamientos que incluyen la adecuación del tamaño mediante trituración o corte, para adaptar el residuo a las instalaciones de almacenamiento, preparación y combustión de la planta.

Los combustibles líquidos (aceites gastados, solventes, etcétera) pueden, en su mayoría, alimentarse al horno en su composición original, aunque normalmente se les somete a procesos de mezcla y homogeneización con el fin de optimizar la combustión en el horno, tanto desde un punto de vista de operación del mismo como de su comportamiento ambiental.

Previo a la recepción de un residuo, existe un complejo proceso de análisis que garantiza su aceptación y, una vez preparado el residuo para ser coprocesado, debe ser reanalizado para garantizar el cumplimiento de requerimientos normativos y operativos de las plantas.

7.1. Manejo de residuos y alimentación al horno para su co-procesamiento.

Una vez que el co-procesamiento de residuos en hornos cementeros es autorizado por la autoridad ambiental, entonces se procede con la gestión del mismo en cuatro etapas:

- 1° Recepción: Cada carga entrante a la planta cementera es sometida a un control e inspección, que incluye desde el pesaje y observación visual, hasta el análisis completo y clasificación de los materiales.

En esta fase se toman las precauciones necesarias para asegurar que el residuo sea, efectivamente, uno de los autorizados para ser coprocesados en la planta, y que no ha sido contaminado con residuos no autorizados.

- 2° Almacenamiento: El residuo es llevado a la planta para su almacenamiento temporal.

El tipo de almacenamiento y los sistemas de carga y descarga se diseñan de tal manera que se garantice la seguridad del personal, incluyendo sistemas de protección contra incendios y medios de protección contra derrames.

Los residuos líquidos se almacenan en tanques provistos de sus correspondientes fosas de protección. Los residuos sólidos se almacenan en naves industriales o en tolvas.

- 3° Alimentación al horno: Desde el almacenamiento, los residuos son transportados hasta el punto de entrada al horno ya sea el quemador principal o la zona de calcinación.

Los residuos líquidos pueden alimentarse a uno u otro, y son inyectados mediante bombas hidráulicas en tuberías a presión.

Los quemadores se diseñan específicamente para que la combustión se realice en las condiciones más favorables de: temperatura, turbulencia y exceso de oxígeno.

Los residuos sólidos suelen alimentarse por medios mecánicos o neumáticos, en función, fundamentalmente, de su granulometría.

Cuando se trata de materiales gruesos (llantas enteras o trituradas, bolsas de plástico, etcétera) la entrada al horno se realiza por gravedad, a través de un sistema de compuertas.

En el caso de residuos sólidos de pequeña granulometría (caucho triturado, plástico en trozos, etcétera) la alimentación puede realizarse a través de tuberías en las que el residuo es arrastrado por aire.

- 4° Control de proceso: La alimentación al horno se realiza únicamente cuando las condiciones de combustión y el funcionamiento de los filtros garantizan la destrucción de los compuestos orgánicos presentes en el residuo así como el cumplimiento de los límites de emisión a la atmósfera.

Las condiciones de la flama (temperatura y contenido de oxígeno), así como las emisiones de gases, se controlan de forma continua con equipos especializados.

Los hornos de cemento disponen de sistemas de corte de la alimentación de residuos cuando cualquiera de los parámetros de control del proceso incumplen las exigencias establecidas en los permisos de operación. Se garantiza de esta forma que los residuos sean tratados en forma controlada, segura y eficaz.

El conjunto de instalaciones necesarias para el co-procesamiento suponen una inversión en equipos, cuyo valor varía en función de las condiciones de manejo específico según el tipo de residuo y de las medidas de seguridad que deban tomarse.

De esta manera, la inversión necesaria para realizar el co-procesamiento varía desde un millón hasta cinco millones de dólares. Estas cifras incluyen los sistemas de control y análisis, los almacenamientos y sus sistemas de protección y los equipos de alimentación al horno.

8. Beneficios económicos, ambientales y sociales del co-procesamiento de residuos.

El objetivo de la industria cementera es producir cemento de buena calidad, proteger la seguridad y la salud de quienes trabajan en la industria así como de las comunidades aledañas a las plantas, al mismo tiempo que contribuyen al desarrollo sustentable del país.

La utilización de residuos a través del co-procesamiento, se presenta como una alternativa de solución a los problemas ambientales de la sociedad en la que operamos una oportunidad de reducir el consumo de combustibles fósiles no renovables, y una oportunidad de incrementar la competitividad de la industria al reducir el costo de los combustibles.

Asimismo, el uso de materiales y combustibles alternativos en la producción del cemento contribuye al desarrollo sustentable, ya que presenta los siguientes beneficios:

Beneficios ambientales

- ✓ Reducción en consumo de combustibles no renovables.

- ✓ Representa una alternativa para la disposición ambientalmente segura de algunos residuos tanto municipales como industriales, evitando contaminación de mantos acuíferos, suelos, ríos y mares.
- ✓ Disminución de las emisiones globales de CO₂ a la atmósfera.
- ✓ Recuperación de la energía contenida en los residuos.
- ✓ No se generan residuos adicionales como cenizas o subproductos.
- ✓ Las emisiones de los hornos de cemento no aumentan con respecto al uso de combustibles convencionales.

Beneficios sociales

- ✓ Disminución de un pasivo ambiental para futuras generaciones, como es la contaminación por residuos.
- ✓ Manejo regional y controlado de residuos, lo que disminuye riesgos y costos.
- ✓ Colabora a tener altos estándares de seguridad en la clasificación, manejo y disposición de los residuos.

Beneficios económicos:

- ✓ Aprovechamiento de la infraestructura existente: la industria cementera nacional.
- ✓ Incremento en la competitividad del sector y la cadena productiva, al optimizar el costo de los energéticos.

9. El co-procesamiento en México y en el mundo.

El co-procesamiento de residuos en la fabricación de cemento, se inició en Europa a principios de los años ochenta, momento en el que coinciden dos factores importantes:

- La segunda crisis del petróleo dispara los precios de los combustibles, forzando a las empresas con intenso consumo de energía a buscar fuentes energéticas alternativas.
- Las políticas ambientales de gestión de residuos aplicadas en algunos países más desarrollados en la década de los setenta empiezan a dar sus frutos, formando un tejido empresarial de recuperación de residuos capaz de abastecer a la industria cementera.

El co-procesamiento de residuos es una práctica comúnmente utilizada en la mayoría de los países desarrollados desde hace más de 25 años, entre los que destacan: Japón, Suiza, Estados Unidos, Bélgica, Alemania y Francia.

En el caso de la Unión europea, existen 108 plantas que incorporan cada año cerca de 2.8 millones de toneladas y sustituyen lo que representa el 13% de los combustibles utilizados provenientes de residuos. En estos países, el nivel de sustitución mantiene una tendencia creciente, y en algunos países ha alcanzado la cifra del 32% como puede observarse en la siguiente tabla.⁴⁵

Co-procesamiento de residuos en Europa

País	Valor medio de sustitución de combustible tradicional a través del co-procesamiento
Alemania	23% (1999)
Austria	30% (1999)
Bélgica	32% (2000)
España	1.2 % (2000)
Francia	26% (2000)
Italia	2.2% (2000)
Portugal	1% (1998)
Reino Unido	6% (1998)
Suecia	21% (2000)

Fuente: CER (2001). , "Contribución de la industria del cemento a la gestión de residuos en Europa", Cuadernos CER N° 3. CER, España.

El tipo de residuos ha sido diverso, como se aprecia en la siguiente tabla:

Ejemplos de residuos utilizados en la Unión europea en 1997

Residuo	Países con mayor utilización	Total (tons)
Combustibles líquidos	Austria, Bélgica, Francia, Alemania, Italia, Reino	600,000

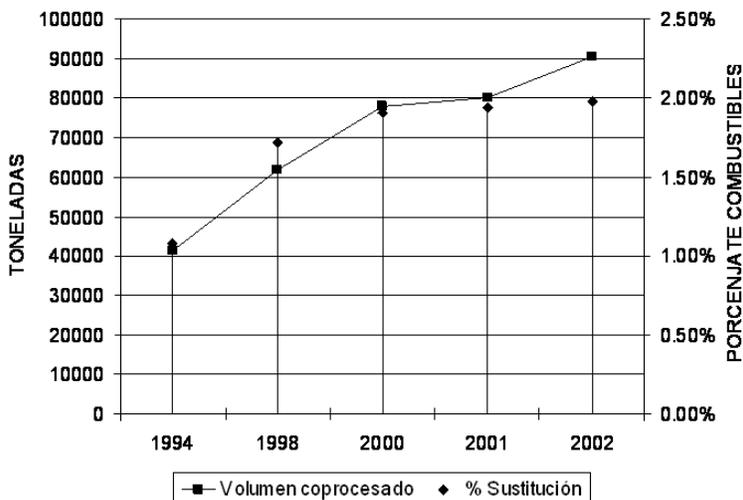
⁴⁵ Club Español del Residuos (CER), (2001). "Contribución de la industria del cemento a la gestión de residuos en Europa", Cuadernos CER N° 3. CER, España.

(aceites, solventes, pinturas)	Unido	
Llantas usadas	Austria, Francia, Alemania, Italia, Suecia, Reino Unido	450,000
Residuos de papel	Austria, Bélgica, Francia,	200,000
Residuos de plástico	Austria, Bélgica, Francia, Alemania, Italia, Suecia	250,000

Fuente: Op Cit.

En el caso de México, el co-procesamiento de residuos se inició a principios de los años 90. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de esta actividad, alcanzando en el 2002, una cifra superior a las 90,000 toneladas anuales de residuos, representando esto, un 2% del total de combustibles utilizados para la producción de cemento.

Evolución del co-procesamiento de residuos en México



En el año 1996 la SEMARNAT y la Cámara Nacional del Cemento (CANACEM), firmaron un Convenio con el objetivo de realizar acciones conjuntas tendientes a promover la participación de la industria cementera en programas de manejo ambientalmente seguros

de residuos peligrosos, preservación y mejoramiento del ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Dentro del marco de la primera etapa del convenio entre 1996 y el año 2000, la industria del cemento, co-procesó 322,500 toneladas durante los cinco años de este periodo.

Posteriormente, el convenio se renovó por otros cinco años (del 2001 al 2006), y al año 2002, el total de residuos co-procesados asciende a 493,143 toneladas, lo que significa un promedio anual cercano a 70,500 toneladas, el cual se compone de la manera siguiente, en promedio:

- 54% de líquidos (solventes y aceites)
- 22% de llantas usadas
- 24% otros sólidos (estopas, trapos, grasas).

De 1996 al año 2002, el co-procesamiento en México ha permitido el ahorro de 295,300 toneladas de combustóleo, equivalente al 1.8% anual de la energía térmica del proceso, o bien a 380 millones de litros de gasolina, la necesaria para movilizar 190,000 automóviles en un año.

Cabe señalar que la industria del cemento, para realizar el co-procesamiento de residuos, ha hecho inversiones de, aproximadamente, 20 millones de dólares.

En el siguiente diagrama y foto respectivamente, se puede observar el esquema de alimentación de llantas a un horno, como combustible alterno, a través de una banda conectada al quemador secundario del calcinador.

Diagrama de alimentación de llantas enteras a un horno de clínker

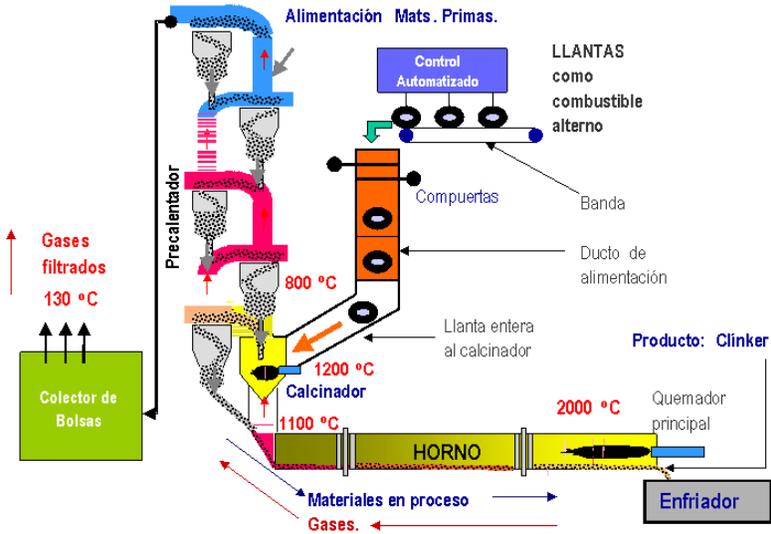


Foto de una banda de alimentación de llantas al calcinador de un horno de clínker

9.1. Potencial de sustitución de combustibles alternos en México

En México hay una gran carencia de infraestructura para disponer adecuadamente los residuos municipales y los peligrosos. De una manera conservadora, el potencial de sustitución de combustibles a través del co-procesamiento podría ser cercano al 30%. Conforme a la siguiente tabla, podemos ver que la industria tiene un gran potencial de contribuir a la solución del problema de la disposición de los residuos en México.

Potencial estimado de co-procesamiento de residuos en México

	Volumen potencial anual (toneladas)	Poder calorífico promedio (kcal/kg)	Energía recuperable (petacalorías)
Residuos peligrosos*	500,000	4,500	2.25
Llantas	266,500	6,000	1.60
Aceites usados	331,000	7,500	2.48
POTENCIAL ENERGÉTICO TOTAL	1,097,500,000	5,750	6.33**
Consumo de combustibles fósiles de la industria cementera (2002)			23.4
Potencial de sustitución			27%

*Sin tomar en consideración los suelos contaminados

** 6.33 petacalorías equivalen a 700 x 106 litros de gasolina al año, que es la utilizada por 300,000 vehículos diariamente

Fuente: Investigación de la CANACEM.

Considerando la problemática particular de las llantas de desecho, por ser un residuo muy común y problemático de manejar, si sólo se sustituyera el 5% de la energía calorífica de un horno mediano a chico (con una capacidad de producción de 2,000 tons por día de clínker), se podrían co-procesar en ese horno 375,000 llantas anualmente. Si esto lo extrapolamos a toda la industria, el número aumentaría a aproximadamente 15 millones de llantas en un año.

10. Comentarios finales

La industria del cemento es parte de una solución sustentable al problema de los residuos en México y en el mundo, ya que mediante su co-procesamiento se pueden conservar combustibles fósiles no renovables y aprovechar la infraestructura existente de una manera ambientalmente segura.

CAPÍTULO 18

Los plásticos en el mundo y en México

Ventajas y beneficios aportados por los plásticos⁴⁶

Los plásticos han permitido la diversificación de productos y su accesibilidad para un mayor número de personas. Por ejemplo: las medias de seda eran un artículo de consumo sólo accesible para las mujeres de la clase económica alta en la década de 1940 y gracias al nylon, el uso de las medias dejó de ser un artículo de lujo. Otro ejemplo de la aportación de los plásticos a la vida moderna ha sido su utilización en la fabricación de discos, ya que el empleo del PVC (policloruro de vinilo), permitió la introducción al comercio de los discos de larga duración (aproximadamente 40 minutos por lado). Actualmente, un disco compacto (CD por sus siglas en inglés) de policarbonato, permite disfrutar 80 minutos de música.

Aunado a lo anterior, se encuentra la contribución de los plásticos al almacenaje de productos de consumo, particularmente los perecederos, ya que se estima que por cada kilo de plástico usado en empaque, se logra disminuir 1.7 kg de desperdicio de alimentos. Por tales razones, la economía familiar se beneficia con la durabilidad y seguridad de los contenedores de plástico.

Durante la década de 1950 tuvo lugar un auge en la construcción, al aparecer en el mercado muchos materiales plásticos, como los reforzados con fibra de vidrio, que han permitido una libertad estructural con la que no se había contado antes. En el campo del mobiliario y con el desarrollo de la ergonometría y el uso de los plásticos, se han logrado diseños de muebles adaptados al contorno humano, entre otros avances.

⁴⁶ Información proporcionada por la Asociación Nacional de la Industria de Plásticos

En la década de 1960, las industrias afectadas por la sustitución de materiales buscaron evitar ser reemplazadas en sus mercados por los plásticos; con este propósito se invirtieron grandes sumas de dinero en la difusión de las desventajas de los plásticos con respecto a los materiales tradicionales. Esta búsqueda del desprestigio de los materiales plásticos ante los ojos del consumidor, continúa hasta nuestros días y se ha visto favorecida por las prácticas inapropiadas de disposición de la basura de toda índole, que han contribuido a que los desechos plásticos, “más visibles” que los otros, llamen la atención de los ciudadanos preocupados por la contaminación ambiental y por sus consecuencias.

La industria del plástico a nivel mundial reconoce que, si bien los materiales plásticos contribuyen a que los productos estén al alcance de todos, mejorando el nivel de vida de la población, además de otras grandes ventajas, existe la inexperiencia de cómo manejarlos cuando se convierten en desechos. Por ello, se considera que los nuevos modelos de desarrollo deberán basarse en las tecnologías de producción con pocos o sin residuos; con lo cual se podrán resolver simultáneamente los problemas de contaminación y el de uso no sustentable de recursos naturales y energía.

Lógicamente, una política de desarrollo basada en tecnologías más limpias debe ir acompañada de una política de recuperación de los materiales valorizables contenidos en los residuos que actualmente están siendo desperdiciados.

La recuperación y reciclado de materiales conlleva, sin embargo, algunos inconvenientes o dificultades. El primero de ellos es la calidad inferior de los productos regenerados, otros serían la incidencia del precio del transporte, la energía necesaria para su recuperación, los costos de recuperación, la necesidad de abrir líneas de comercialización, etcétera.

La crisis petrolera mundial, hizo suponer que el mercado de plásticos se contraería, pero paradójicamente, se convirtió en un catalizador que aceleró la aplicación de estos materiales en diferentes campos industriales. Así, la elevada relación resistencia-peso de los composites poliméricos, han permitido sustituir a otros materiales de la industria automotriz, aeronáutica, espacial, etcétera, consiguiéndose así grandes ahorros en el consumo de combustible, con la consecuente disminución en el consumo de petróleo.

Los residuos plásticos

Para lograr el aprovechamiento y manejo adecuado de los residuos plásticos, es importante considerar en primer lugar su procedencia, distinguiendo los siguientes tipos:

- a) Residuos Industriales:
 - Procedentes de fabricantes de materias primas
 - Originados en las empresas transformadoras y generados en la puesta a régimen de las máquinas, en las cavidades de moldeo, como piezas defectuosas, mazacotes, rebabas y otros.
- b) Residuos urbanos

Residuos industriales

Éstos no suelen presentar problemas de recuperación, ya que proceden de procesos que utilizan un solo material polimérico. El único aspecto a considerar es el mantenimiento de sus características físico-químicas y su estado de degradación.

- Los procedentes de fabricantes de materias primas se reciclan por el propio fabricante o se venden como productos de segunda calidad.
- Los originados en las empresas transformadoras, son reciclados por el propio transformador, mezclándolos con material virgen o vendiéndolos a terceros para preparar mezclas o compuestos de uso en la fabricación de productos con menores exigencias de propiedades.

En la recuperación de los materiales plásticos se debe considerar la existencia de termoplásticos y termoestables. El reciclado de materiales termoestables es más difícil debido a las propias características de estos materiales, sin embargo, pueden ser reciclados exclusivamente como materiales combustibles y, excepcionalmente, como cargas o rellenos de materiales plásticos vírgenes.

Factores a considerar en la reutilización de los residuos industriales

1. Número de tipos y grados de material utilizado.
2. Combinación de colores en las mezclas de productos.
3. Compatibilidad de materiales dentro del área de producción dada.
4. Capital necesario para conseguir una recuperación óptima de material en cada planta específica.
5. Características y necesidades del producto final transformado.

En general, el material secundario suele originar problemas al combinarse con material virgen o utilizarse individualmente (caso poco recomendable) debido a cambios de densidad que originan variaciones en la velocidad de alimentación. Estas variaciones, junto con la formación de oleadas durante la extrusión de mezclas de material recuperado y material virgen, suele deberse principalmente a la tendencia a su separación. Sin embargo, el conocimiento de sus propiedades intrínsecas y su empleo en porcentajes adecuados permiten una utilización racional y económica de los mismos.

Materiales comunes:

Polietileno: Fácilmente recuperable en forma de granza. En general, la mayoría de las poliolefinas pueden recuperarse varias veces sin variaciones excesivas en sus propiedades físicas o mecánicas. Los polietilenos de alta o baja densidad tienden a oxidarse en cada ciclo térmico. El índice de fluidez se reduce. Resisten a la contaminación.

Polipropileno: El índice de fluidez aumenta y el material se oscurece en repetidos ciclos de reciclados; se hace quebradizo cuando se contamina, aunque sea ligeramente.

Acetato de celulosa: Sensible a la contaminación; se hace quebradizo y oscurece después de varios ciclos térmicos.

Poliestireno: Soporta bien los reciclados, aunque pierde algunas propiedades físicas. Tiende a hacerse más opaco y se contamina fácilmente con otros materiales.

ABS: Fácil de reciclar y con grandes posibilidades y campos de aplicación. Tiende a perder la resistencia al impacto y se oscurece con el reciclado térmico.

Poliacetales: Sensibles a la contaminación y muy fácilmente degradables (más los homopolímeros que los co-polímeros).

Policarbonato: Disminuye su viscosidad intrínseca en un 2-4% en cada reciclado térmico.

Nylon: No tolera la contaminación con otros materiales. Oscurece con el reciclado térmico, pero retiene sus propiedades físicas dentro de un amplio margen de condiciones.

Acrílicos: No toleran la contaminación. Se reprocesan con facilidad.

PVC Rígido: Difícil reutilización y gran incidencia sobre la calidad de los artículos acabados.

Residuos procedentes de aplicaciones agrícolas

La necesaria intensificación de los cultivos, en la que los plásticos juegan un papel primordial, ha conducido a la aparición de una nueva técnica conocida como Plasticultura.

Los acolchados, invernaderos, sistemas de riego, drenajes, embalses, etcétera, constituyen técnicas en las que los plásticos tienen que estar presentes, y aquí se origina el problema de eliminación de estos materiales una vez cumplida su función.

Los plásticos sintéticos no se pueden transformar en composta, pero esto no significa que su presencia, sobre todo tratándose del polietileno, impida la elaboración de este abono. En primer lugar, no son fitotóxicos, y en segundo, si se reducen a pequeñas partículas mediante trituración o molienda, sirven para mejorar la textura del suelo y, más aún, durante la elaboración de la composta, facilitan la aireación, ayudando a la elevación rápida de la temperatura y acelerando la actividad microbiana que actúa sobre los otros elementos orgánicos.

Residuos urbanos

Los residuos urbanos son los más interesantes desde el punto de vista de su riqueza en recursos recuperables. Éstos constan, fundamentalmente, de metales, vidrio, tierra y ceniza, papel, cartón, plásticos, textiles, gomas, cuero y materia orgánica.

Los plásticos compactados o huecos (botellas) son perfectamente separables en las diversas familias de polímeros que los constituyen. Sin embargo, en el caso de la fase ligera (películas), la separación de los distintos componentes es tarea difícil, por no decir imposible.

La industria de película plástica para envasado trabaja fundamentalmente con los siguientes materiales:

Policloruro de vinilo (PVC)

Poliestireno (PS)

Poliolefinas: Polietilenos de alta y baja densidad (HDPE y LDPE) y Polipropileno (PP)

Teniendo en cuenta que la composición cuantitativa de los residuos varía, incluso dentro de un mismo país, de unas regiones a otras, y que los procesos de transformación modifican las propiedades físicas de los plásticos (densidad y color) y si además se considera la presencia de tintas, cargas, pigmentos, etcétera, se comprende la necesidad de caracterizar la mezcla de residuos desde el punto de vista de la identificación y cuantificación de los componentes de la misma, como punto de partida para el estudio de reciclado de esta fracción de los residuos sólidos urbanos denominada “fase ligera” de los residuos plásticos.

Nuevo concepto de residuos

Se han definido los residuos sólidos, como aquellos materiales que originados en cualquiera de las actividades de producción, transformación y consumo, no alcanzan, aisladamente, en el contexto en que son generados, ningún valor económico.

En muchos casos, esta carencia de valor se debe a la falta de tecnología para su recuperación y, en otros, a la imposibilidad de comercialización de los productos recuperados.

Actualmente, ninguno de los criterios anteriores se sostiene. La tecnología avanza continuamente y, por otro lado, cuando los recursos naturales parecían inagotables y el valor de las materias primas era bajo, la recuperación de los residuos sólidos no era rentable. Pero hoy esta situación ha cambiado.

Escenarios de trabajo

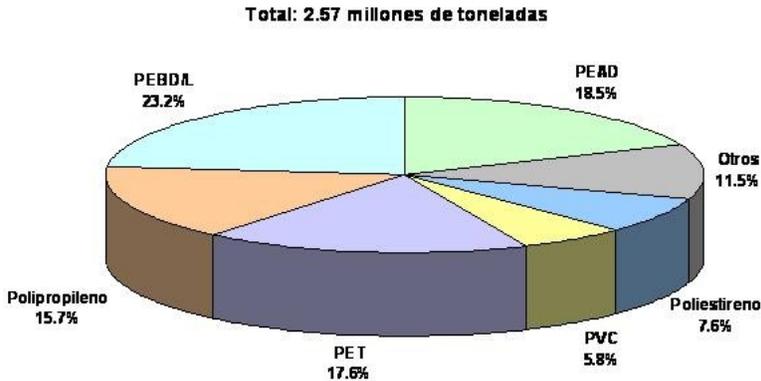
Aunque las tasas de recolección sean constantes, hay que intensificar el esfuerzo de promoción en varios frentes y en el corto plazo. La recolección crecería al 11% mientras que la demanda crecería a tasas menores, por debajo del 9%. Las exportaciones tendrían que crecer casi al 15% para mantener el balance de residuos en equilibrio (sin acumulación).

Sin embargo, al no incidirse en el desarrollo de la demanda, la exportación se vuelve el factor clave para poder mantener la misma tasa de recolección.

Situación de los residuos plásticos en México⁴⁷

El 60% del volumen total de residuos plásticos generados en 2001 en México son poliolefinas, como se indica en la siguiente figura.

**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS GENERADOS
2001**

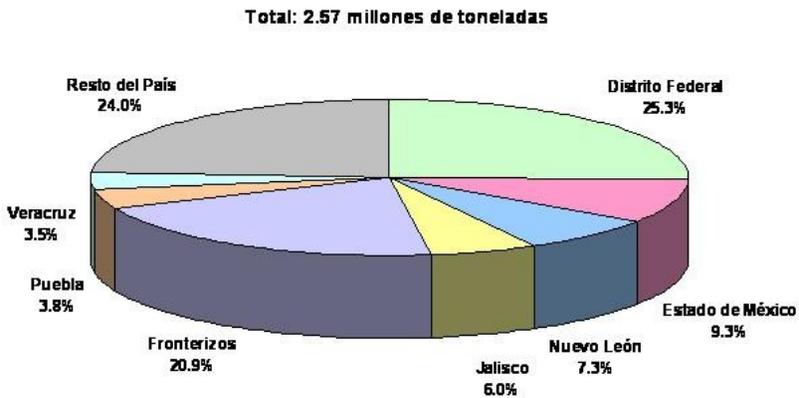


Fuente: Grupo TEXNE

A su vez, diez entidades de la república generan tres de cada cuatro kilogramos de residuos plásticos recolectados a nivel nacional, como se muestra en la figura siguiente.

⁴⁷ Fuente: El Reciclaje de Plásticos en México 2001. V Foro de CIPRES. 28 de noviembre de 2002. Grupo TEXNE.

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS GENERADOS
2001**



Fuente: Grupo TEXNE

Como se observa en la siguiente figura, de los residuos plásticos generados en México en 2001, una tercera parte provienen de empaque importado y del empaque incorporado en productos de consumo de importación.

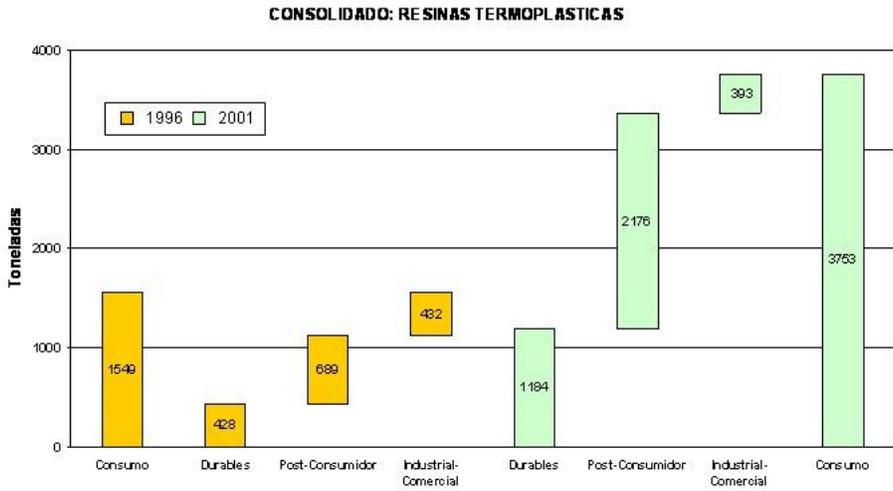
**ORIGEN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS GENERADOS
2001**



Fuente: Grupo TEXNE

Es importante destacar que el crecimiento del volumen de residuos plásticos observado entre 1996 y 2001, estuvo asociado al aumento de los residuos post-consumo, lo cual tiene implicaciones para la recolección de los materiales plásticos en la corriente de residuos.

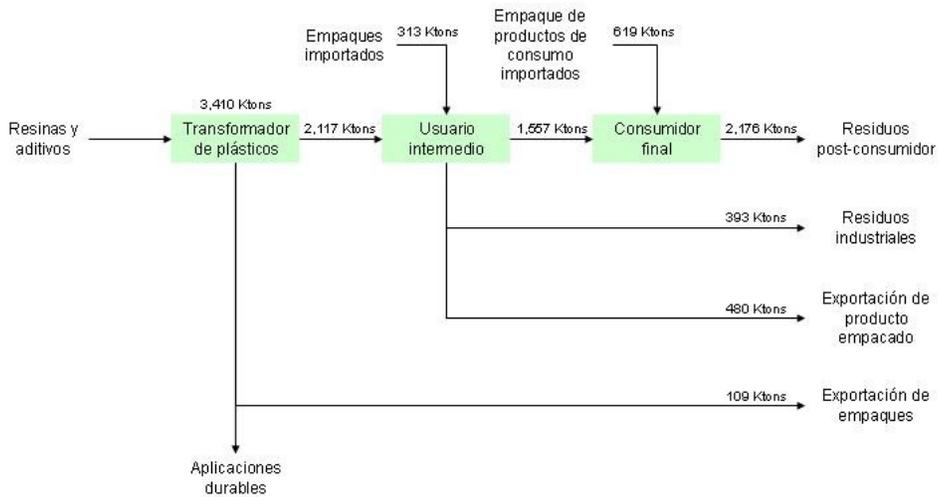
**GENERACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS
1996 - 2001**



Fuente: Grupo TEXNE

En la última figura se describe en forma diagramática el origen y destino de los residuos plásticos generados en México, muchos de los cuales están siendo exportados para ser reciclados en países como China.

ORIGEN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS GENERADOS 2001



Fuente: Grupo TEXNE

ANEXO 1

I. Antecedentes y resumen del Convenio de Estocolmo

I.1. Antecedentes

El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP's), se estableció en mayo de 2001 en el marco de las acciones que los diferentes países miembros de la Organización de las Naciones Unidas y del Foro Intergubernamental de Sustancias Químicas (IFCS),⁴⁸ han desarrollado para instrumentar las seis áreas programáticas comprendidas en el capítulo 19 de la Agenda o Programa XXI relativo a la gestión ambientalmente adecuada o racional de productos químicos tóxicos, las cuales comprenden:

- A. La expansión y aceleración de la evaluación internacional de los riesgos de los productos químicos.
- B. La armonización de la clasificación y etiquetado de los productos químicos.
- C. El intercambio de información sobre productos químicos tóxicos y el riesgo que entrañan.
- D. La organización de programas de reducción de riesgos.
- E. El fortalecimiento de la capacidad y los medios nacionales para la gestión de los productos químicos.
- F. La prevención del tráfico ilícito de productos tóxicos y peligrosos.

⁴⁸ Constituido para lograr la puesta en práctica de las disposiciones del capítulo 19 del Programa XXI, evaluar los avances correspondientes y adoptar medidas para superar los rezagos en el cumplimiento de las mismas.

I.2. Metas del Foro Intergubernamental de Sustancias Químicas

Las metas que los países integrantes del Foro se fijaron, aparecen resumidas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Metas de los países integrantes del Foro Intergubernamental de Sustancias Químicas

Año	Meta
2001	1. Se habrá adoptado el Convenio sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes
2002	1. La mayoría de los países habrán desarrollado un perfil nacional sobre gestión de los productos químicos y designado un Punto Focal para el IFCS. 2. Setenta o más países habrán establecido sistemas destinados a evitar los principales accidentes industriales y sistemas para la preparación y respuesta en caso de emergencia. 3. Se habrán establecido centros sobre intoxicaciones en treinta o más países que no los poseyeran y fortalecido por lo menos setenta más.
2003	1. Habrá entrado en vigor la Convención de Róterdam sobre el Procedimiento de Información y Consentimiento Previo (PIC). 2. Se habrá adoptado el Sistema Armonizado Mundial para la Clasificación y el Etiquetado de Productos Químicos. 3. Estará en funcionamiento una red efectiva de intercambio sobre creación de capacidad para la gestión racional de los productos químicos. 4. El Foro examinará recomendaciones para la prevención del tráfico ilícito de productos tóxicos y peligrosos y los países habrán preparado sus estrategias nacionales. 5. Se habrá preparado un informe sobre el problema de los plaguicidas de toxicidad aguda y de las formulaciones de plaguicidas gravemente peligrosas, recomendando opciones de gestión racional. 6. Todos los países habrán notificado las iniciativas de reducción del riesgo adoptado sobre otros productos químicos de mayor preocupación.
2004	1. Se dispondrá de recomendaciones para establecer principios comunes y métodos armonizados para las metodologías de evaluación del riesgo sobre determinados parámetros toxicológicos. 2. Se habrá completado y puesto oportunamente a la disposición del público, un millar adicional de evaluaciones de riesgos químicos. 3. La mayoría de los países dispondrán de procedimientos para asegurar que los productos peligrosos lleven información apropiada y confiable sobre seguridad. 4. La mayoría de los países habrán establecido planes de acción para la gestión segura de las reservas de plaguicidas en desuso y de otros productos químicos peligrosos y, por lo menos dos países de cada región del IFCS, habrán comenzado a ejecutar los planes de acción. 5. Tras la adopción en 2001 habrá entrado en vigor el Convenio sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. 6. Por lo menos dos países más de cada región habrán establecido el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes o un inventario de emisiones.

Año	Meta
2005	<ol style="list-style-type: none"> 1. Por lo menos cinco países de cada región tendrán sistemas completos para el intercambio de información sobre los productos químicos peligrosos. 2. La mayoría de los países habrán establecido normas nacionales con objetivos para mejorar la gestión de los productos químicos.

1.3. Bases para la formulación del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo

En lo que respecta al Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, se estableció en el texto del mismo la obligación por parte de los países signatarios de formular un Plan Nacional de Implementación de sus disposiciones, en el periodo de 2 años subsecuentes a su entrada en vigor (la que ocurrirá cuando 50 o más países lo hayan suscrito y ratificado). Para ello, diversos países participantes en los talleres organizados para preparar la formulación del Plan, han recomendado lo siguiente:

- Tener en cuenta las realidades, las limitaciones y las necesidades locales. Las medidas que se propongan para gestionar y/o eliminar las sustancias tóxicas persistentes (STP's) deberán ser ambiental y económicamente viables, exigibles y mensurables. Al plan deben, asimismo, incorporarse ciertas limitaciones específicas como las que imponga la legislación nacional, las limitaciones de tiempo para implementar las actividades, etcétera;
- Orientarse hacia el porvenir, tratando de anticipar qué consecuencias puede tener su puesta en práctica sobre los diversos sectores (por ejemplo, ¿no van a causar otros problemas ambientales?), así como los efectos que sobre su viabilidad puedan tener otras medidas que se adopten en el país;
- Tomar en consideración las cuestiones transfronterizas relacionadas con las STP's; y
- Tener en cuenta los acuerdos nacionales, regionales e internacionales que podrían tener consecuencias para la buena ejecución de las actividades.

A su vez, en lo que respecta a las dimensiones regional y subregional en relación con las STP's, se recomendó que el Plan:

- Tenga en cuenta los aspectos subregionales del problema y las soluciones propuestas;

- Aproveche la experiencia de otros países, en particular de los países en desarrollo que más avances hayan logrado en la materia; y
- Asegure que las experiencias reunidas y los resultados obtenidos son representativos y transferibles a países con problemas similares.

Por su parte, el Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF) integró el “**Conjunto de herramientas de apoyo para cumplir con las disposiciones de la Convención de Estocolmo**”, que comprende una serie de actividades secuenciales recomendadas para integrar el Plan de acción nacional de aplicación del Convenio de Estocolmo, las cuales se agrupan en cinco pasos:

Paso 1:

- Identificar y fortalecer una institución/unidad que sirva como punto focal nacional.
- Identificar y sensibilizar a las principales partes interesadas.
- Fortalecer el compromiso gubernamental.
- Establecer un comité coordinador intersectorial nacional.
- Identificar y asignar responsabilidades a los integrantes.
- Obtener el compromiso escrito de las partes (por ejemplo, a través de un memorándum de entendimiento).
- Evaluar las necesidades del punto focal para ejercer sus funciones (recursos humanos, técnicos y de otro tipo).
- Escribir un plan de trabajo general.
- Organizar un taller de iniciación de actividades.

Paso 2:

- Preparar el Perfil Nacional para Evaluar la Infraestructura para la Gestión de Sustancias Químicas o sus partes centrales, enfocándose en particular en aquéllas relacionadas con los compuestos orgánicos persistentes.
- Constituir grupos de tarea responsables de desarrollar los inventarios de COP's.
- Ofrecer entrenamiento en elaboración de inventarios.
- Producción de un inventario preliminar.
- Revisión externa de inventarios preliminares.
- Evaluación de la capacidad de infraestructura e instituciones involucradas en la gestión de COP's, incluyendo los controles regulatorios; necesidades y opciones para fortalecerlos.
- Evaluación de la capacidad de verificación del cumplimiento de la legislación.

- Evaluación de las implicaciones sociales y económicas de la reducción del uso y emisiones de COP's, incluyendo la necesidad de ampliar la infraestructura comercial local para distribuir los sustitutos menos peligrosos o las tecnologías alternativas.
- Evaluación de las capacidades de monitoreo e investigación y desarrollo.
- Identificación de problemas de salud o ambiente relacionados con los COP's, evaluación básica de riesgos para sustentar la priorización de acciones.

Paso 3:

- Desarrollo de criterios de priorización, tomando en cuenta los impactos sanitarios, ambientales y socio-económicos y la disponibilidad de soluciones alternativas.
- Determinación de los objetivos nacionales en relación con COP's y otros aspectos prioritarios.
- Organización de un taller de validación de las prioridades nacionales.

Paso 4:

- Asignar mandatos a los grupos de tarea para desarrollar propuestas que atiendan las prioridades.
- Identificación de opciones de manejo, incluyendo la eliminación y reducción de riesgos.
- Necesidad de introducción de tecnologías, incluyendo transferencia de tecnologías y posibilidades de desarrollo de alternativas locales.
- Evaluación de costos y beneficios de las opciones de manejo.
- Definición de los resultados esperados y de las metas.
- Desarrollo de un plan detallado de instrumentación, incluyendo un plan de acción para los subproductos no intencionales, los bifenilos policlorados, el DDT y los otros COP's.
- Revisión de expertos e instrumentación del Plan.
- Preparación de paquetes de solicitudes de financiamiento para la instrumentación, incluyendo estimación de costos y costos incrementales.
- Desarrollo de una estrategia nacional de intercambio de información, educación, comunicación y concientización, tomando en cuenta la percepción de riesgos sobre los COP's por parte del público, en particular del de menor nivel de educación.

Paso 5:

- Preparación de un informe/reporte para someterlo a consideración de las partes interesadas.
- Cabildeo con altos funcionarios del gobierno.
- Organización de talleres y circulación de información para obtener el compromiso de las partes interesadas y de los tomadores de decisiones, incluyendo el compromiso de aportar recursos.

1.4. Disposiciones del Convenio de Estocolmo respecto de la liberación de subproductos no intencionales

Por el interés que tiene -en el contexto de este Manual-, la preocupación que puede despertar en algunos sectores sociales la posibilidad de que se liberen contaminantes orgánicos persistentes (como las dioxinas y furanos), en los procesos mediados por la combustión de residuos en atmósferas ricas en oxígeno, se incluyen a continuación las disposiciones del Convenio de Estocolmo relativas a la forma en que deberá promoverse de manera gradual la prevención o reducción de dicha liberación.

1.4.1. Objetivo del Convenio

Teniendo presente el principio de precaución consagrado en el principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objetivo del presente Convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes.

1.4.2. Artículo 5: Medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción no intencional

Cada parte adoptará como mínimo las siguientes medidas para reducir las liberaciones totales derivadas de fuentes antropógenas de cada uno de los productos químicos incluidos en el anexo C, con la meta de seguir reduciéndolas al mínimo y, en los casos en que sea viable, eliminarlas definitivamente.

- a) **Elaborará en un plazo de dos años a partir de la entrada en vigor del presente Convenio para dicha parte**, y aplicará ulteriormente, un plan de acción o, cuando proceda, un plan de acción regional o subregional como parte del plan de aplicación especificado en el artículo 7, destinado a identificar, caracterizar y combatir las liberaciones de los productos químicos incluidos en el anexo C y a facilitar la aplicación de los apartados b) a e). En el plan de acción se incluirán los elementos siguientes:
- i) Una evaluación de las liberaciones actuales y proyectadas, incluida la preparación y el mantenimiento de inventarios de fuentes y estimaciones de liberaciones, tomando en consideración las categorías de fuentes que se indican en el anexo C;
 - ii) Una evaluación de la eficacia de las leyes y políticas de la Parte relativas al manejo de esas liberaciones;
 - iii) Estrategias para cumplir las obligaciones estipuladas en el presente párrafo, teniendo en cuenta las evaluaciones mencionadas en los incisos i) e ii);
 - iv) Medidas para promover la educación, la capacitación y la sensibilización sobre esas estrategias;
 - v) Un examen quinquenal de las estrategias y su éxito en cuanto al cumplimiento de las obligaciones estipuladas en el presente párrafo; esos exámenes se incluirán en los informes que se presenten de conformidad con el artículo 15; y
 - vi) Un calendario para la aplicación del plan de acción, incluidas las estrategias y las medidas que se señalan en ese plan.
- b) Promover la aplicación de las medidas disponibles, viables y prácticas que permitan lograr rápidamente **un grado realista y significativo** de reducción de las liberaciones o de eliminación de fuentes.
- c) Promover el desarrollo y, cuando se considere oportuno, exigir la utilización de materiales, productos y procesos sustitutivos o modificados para evitar la formación y liberación de productos químicos incluidos en el anexo C, teniendo en cuenta las orientaciones generales sobre medidas de prevención y reducción de las liberaciones que figuran en el anexo C y las directrices que se adopten por decisión de la Conferencia de las Partes.
- d) Promover y, de conformidad con el calendario de aplicación de su plan de acción, requerir el empleo de las mejores técnicas disponibles con respecto a las nuevas fuentes dentro de las categorías de fuentes que, según haya determinado una Parte, justifiquen dichas medidas con arreglo a su plan de acción, centrándose especialmente

en un principio en las categorías de fuentes incluidas en la parte II del anexo C. En cualquier caso, **el requisito de utilización de las mejores técnicas disponibles con respecto a las nuevas fuentes de las categorías incluidas en la lista de la parte II de ese anexo se adoptarán gradualmente lo antes posible, pero a más tardar cuatro años después de la entrada en vigor del Convenio por esa Parte.** Con respecto a las categorías identificadas, las Partes promoverán la utilización de las mejores prácticas ambientales; las Partes deberán tener en cuenta las directrices generales sobre medidas de prevención y reducción de las liberaciones que figuran en dicho anexo y las directrices sobre mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales que se adopten por decisión de la Conferencia de las Partes.

- e) Promover, de conformidad con su plan de acción, el empleo de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales:
 - i) Con respecto a las fuentes existentes dentro de las categorías de fuentes incluidas en la parte II del anexo C y dentro de las categorías de fuentes como las que figuran en la parte III de dicho anexo; y
 - ii) Con respecto a las nuevas fuentes, dentro de categorías de fuentes como las incluidas en la parte III del anexo C a las que una Parte no se haya referido en el marco del apartado d).

Al aplicar las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales, las Partes tendrán en cuenta las directrices generales sobre medidas de prevención y reducción de las liberaciones que figuran en el anexo C, y las directrices sobre mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales que se adopten por decisión de la Conferencia de las Partes.

- f) Para los fines del presente párrafo y del anexo C.
 - i) Por “**mejores técnicas disponibles**” se entiende la etapa más eficaz y avanzada en el desarrollo de actividades y sus métodos de operación que indican la idoneidad práctica de técnicas específicas para proporcionar, en principio, la base de la limitación de las liberaciones destinada a evitar y, cuando no sea viable, reducir en general las liberaciones de los productos químicos incluidos en la parte I del anexo C y sus efectos en el medio ambiente en su conjunto. A este respecto:
 - ii) “**Técnicas**” incluye tanto la tecnología utilizada como el modo en que la instalación es diseñada, construida, mantenida, operada y desmantelada;

- iii) “**Disponibles**” son aquellas técnicas que resultan accesibles al operador y que se han desarrollado a una escala que permite su aplicación en el sector industrial pertinente **en condiciones económica y técnicamente viables**, teniendo en consideración los costos y las ventajas; y
 - iv) Por “**mejores**” se entiende más eficaces para lograr un alto grado general de protección del medio ambiente en su conjunto.
 - v) Por “**mejores prácticas ambientales**” se entiende la aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental;
 - vi) Por “**nueva fuente**” se entiende cualquier fuente cuya construcción o modificación sustancial se haya comenzado por lo menos un año después de la fecha de:
 - a. Entrada en vigor del presente Convenio de la Parte interesada; o
 - b. Entrada en vigor para la Parte interesada de una enmienda del anexo C en virtud de la cual la fuente quede sometida a las disposiciones del presente Convenio, exclusivamente en virtud de esa enmienda.
- g) Una Parte podrá utilizar valores de límite de liberación o pautas de comportamiento para cumplir sus compromisos de aplicar las mejores técnicas disponibles con arreglo al presente párrafo.

1.4.3. Artículo 6: Medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de existencias y desechos

1. Con el fin de garantizar que las existencias que consistan en productos químicos incluidos en el anexo A o en el anexo B, o que contengan esos productos químicos, así como los desechos, incluidos los productos y artículos cuando se conviertan en desechos, que consistan en un producto químico incluido en el anexo A, B o C, o que contengan dicho producto químico o estén contaminados con él, se gestionen de manera que se proteja la salud humana y el medio ambiente, cada Parte:

- a) Elaborará estrategias apropiadas para determinar:
 - i) Las existencias que consistan en productos químicos incluidos en el anexo A o el anexo B, o que contengan esos productos químicos, y

- ii) Los productos y artículos en uso, así como los desechos, que consistan en un producto químico incluido en el anexo A, B o C, que contengan dicho producto químico o estén contaminados con él.
- b) Determinará, en la medida de lo posible, las existencias que consistan en productos químicos incluidos en el anexo A o el anexo B, o que contengan esos productos químicos sobre la base de las estrategias a que se hace referencia en el apartado a);
 - c) Gestionará, cuando proceda, las existencias de manera segura, eficiente y ambientalmente racional. Las existencias de productos químicos incluidos en el anexo A o el anexo B, cuando ya no se permita utilizarlas en virtud de una exención específica estipulada en el anexo A o una exención específica o finalidad aceptable estipulada en el anexo B, a excepción de las existencias cuya exportación esté autorizada de conformidad con el párrafo 2 del artículo 3, se considerarán desechos y se gestionarán de acuerdo con el apartado d);
 - d) Adoptará las medidas adecuadas para que esos desechos, incluidos los productos y artículos, cuando se conviertan en desechos:
 - i) Se gestionen, recojan, transporten y almacenen de manera ambientalmente racional;
 - ii) Se eliminen de un modo tal que el contenido del contaminante orgánico persistente se destruya o se transforme en forma irreversible de manera que no presente las características del contaminante orgánico persistente o, de no ser así, se eliminen en forma ambientalmente racional cuando la destrucción o la transformación irreversible no represente la opción preferible desde el punto de vista del medio ambiente o su contenido de contaminante orgánico persistente sea bajo, teniendo en cuenta las reglas, normas y directrices internacionales, incluidas las que puedan elaborarse de acuerdo con el párrafo 2, y los regímenes mundiales y regionales pertinentes que ordenen la gestión de los desechos peligrosos;
 - iii) No estén autorizados a ser objeto de operaciones de eliminación que puedan dar lugar a la recuperación, reciclado, regeneración, reutilización directa o usos alternativos de los contaminantes orgánicos persistentes, y
 - iv) No sean transportados a través de las fronteras internacionales sin tener en cuenta las reglas, normas y directrices internacionales.
 - e) Se esforzará por elaborar estrategias adecuadas para identificar los sitios contaminados con productos químicos incluidos en el anexo A, B o C y, en caso de que

Anexo 1

se realice el saneamiento de esos sitios, ello deberá efectuarse de manera ambientalmente racional.

2. La Conferencia de las Partes, cooperará estrechamente con los órganos pertinentes del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, para, entre otras cosas:

- a) Fijar niveles de destrucción y transformación irreversibles necesarios para garantizar que no se exhiban las características de contaminantes orgánicos persistentes especificadas en el párrafo I del anexo D;
- b) Determinar los métodos que constituyan la eliminación ambientalmente racional a la que se hace referencia anteriormente; y
- c) Adoptar medidas para establecer, cuando proceda, los niveles de contaminación de los productos químicos incluidos en los anexos A, B y C para definir el bajo contenido de contaminantes orgánicos persistentes a que se hace referencia en el inciso II del apartado d) del párrafo I.

ANEXO A
ELIMINACIÓN
PARTE I

Aldrín
Clordano
Dieldrín
Endrín
Heptacloro
Hexaclorobenceno
Mirex
Toxafeno
Bifenilos Policlorados

PARTE II

Bifenilos Policlorados

ANEXO B
RESTRICCIÓN

PARTE I

DDT

ANEXO C PRODUCCIÓN NO INTENCIONAL PARTE I

(Contaminantes orgánicos persistentes sujetos a los requisitos del artículo 5°.)

Dibenzoparadióxinas y Dibenzofuranos Policlorados
Hexaclorobenceno
Bifenilos Policlorados

ANEXO C PARTE II CATEGORÍAS DE FUENTES

(Las dibenzoparadióxinas y dibenzofuranos policlorados, el hexaclorobenceno y los bifenilos policlorados se forman y se liberan de forma no intencional a partir de procesos térmicos, que comprenden materia orgánica y cloro, como resultado de una combustión incompleta o de reacciones químicas. Las siguientes categorías de fuentes industriales tienen un potencial de formación y liberación relativamente elevadas de estos productos al medio ambiente.)

a)	Incineradores de desechos. Incluidos los co-incineradores de desechos municipales, peligrosos o médicos o de fango cloacal.
b)	Desechos peligrosos procedentes de la combustión en hornos de cemento.
c)	Producción de pasta de papel utilizando cloro elemental o productos químicos que producen cloro elemental para el blanqueo.
d)	Los siguientes procesos térmicos de la industria metalúrgica: i) Producción secundaria de cobre; ii) Plantas de sinterización en la industria del hierro e industria siderúrgica. iii) Producción secundaria de aluminio; iv) Producción secundaria de zinc.

ANEXO C PARTE III

CATEGORÍAS DE FUENTES

(Pueden también producirse y liberarse en forma no intencionada dioxinas y furanos, hexaclorobenceno y bifenilos policlorados a partir de las siguientes categorías de fuentes.)

a)	Quema a cielo abierto de desechos, incluida la quema en vertederos o rellenos sanitarios.
b)	Procesos térmicos de la industria metalúrgica no mencionados en la parte II.
c)	Fuentes de combustión domésticas.
d)	Combustión de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas o calderas industriales.
e)	Instalaciones de combustión de madera u otros combustibles de biomasa.
f)	Procesos de producción de productos químicos determinados, especialmente la producción de clorofenoles y cloroanilinas.
g)	Crematorios.
h)	Vehículos de motor, en particular los que utilizan gasolina con plomo.
i)	Destrucción de carcasas de animales.
j)	Teñido (con cloroanilinas) y terminación (con extracción alcalina) de textiles y cueros.
k)	Plantas de desguace para el tratamiento de vehículos una vez acabada la vida útil.
l)	Combustión lenta de cables de cobre.
m)	Desechos de refinerías de petróleo.

1.4.4. Parte V: Orientaciones generales sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales

A. Medidas generales de prevención relativas a las mejores técnicas disponibles y a las mejores prácticas ambientales

Debe asignarse prioridad al estudio de criterios para evitar la formación y la liberación de los productos químicos incluidos en la Parte I. Entre las medidas útiles podrían incluirse:

- a) Utilizar tecnologías que generen pocos desechos.
- b) Utilizar sustancias menos peligrosas.
- c) Fomentar la regeneración y el reciclado de los desechos y las sustancias generadas y utilizadas en los procesos.
- d) Sustituir materias primas que sean contaminantes orgánicos persistentes o en el caso de que exista un vínculo directo entre los materiales y las liberaciones de contaminantes orgánicos persistentes de la fuente.

- e) Adoptar programas de buen funcionamiento y mantenimiento preventivo.
- f) Mejorar la gestión de desechos con miras a poner fin a la incineración de desechos a cielo abierto y otras formas incontroladas de incineración, incluida la incineración en vertederos. Al examinar las propuestas para construir nuevas instalaciones de desechos, deben considerarse alternativas como, por ejemplo, las actividades para reducir al mínimo la generación de desechos municipales y médicos, incluidos la regeneración de recursos, la reutilización, el reciclado, la separación de desechos y la promoción de productos que generan menos desechos. Dentro de este criterio deben considerarse cuidadosamente los problemas de salud pública.
- g) Reducir al mínimo los productos químicos, objeto del Convenio, como contaminantes en otros productos.
- h) Evitar el uso de cloro elemental o productos químicos que generan cloro elemental para blanqueo.

B. Mejores técnicas disponibles

El concepto no está dirigido a la prescripción de una técnica o tecnología específica, sino a tener en cuenta las características técnicas de la instalación de que se trate, su ubicación geográfica y las condiciones ambientales locales. Las técnicas de control apropiadas para reducir las liberaciones de los productos químicos incluidos en la Parte I son, en general, las mismas. Al determinar las mejores técnicas disponibles se debe prestar atención especial, en general o en casos concretos, a los aspectos señalados a continuación:

- a) **Consideraciones generales:**
 - i) Naturaleza, efectos y masa de las emisiones de que se trate: las técnicas pueden variar dependiendo del tamaño de la fuente.
 - ii) Fechas de puesta en servicio de las instalaciones nuevas o existentes.
 - iii) Tiempo necesario para incorporar la mejor técnica disponible.
 - iv) Consumo y naturaleza de las materias primas utilizadas en el proceso y su eficiencia energética.
 - v) Necesidad de evitar o reducir al mínimo el impacto general de las liberaciones en el medio ambiente y los peligros que representan para éste.

- vi) Necesidad de evitar accidentes y reducir al mínimo sus consecuencias para el medio ambiente.
 - vii) Necesidad de salvaguardar la salud ocupacional y la seguridad en los lugares de trabajo.
 - viii) Procesos, instalaciones o métodos de funcionamiento comparables que se han ensayado con resultados satisfactorios a escala industrial.
 - ix) Avances tecnológicos y cambio de los conocimientos y la comprensión en el ámbito científico.
- b) **Medidas de reducción de las liberaciones de carácter general:** Al examinar las propuestas de construcción de nuevas instalaciones o de modificación importante de instalaciones existentes que utilicen procesos que liberan productos químicos de los incluidos en el presente anexo, deberán considerarse de manera prioritaria los procesos, técnicas o prácticas de carácter alternativo que tengan similar utilidad pero que eviten la formación y liberación de esos productos químicos. En los casos en que dichas instalaciones vayan a construirse o modificarse de forma importante, además de las medidas de prevención descritas en la sección A de la Parte V, para determinar las mejores técnicas disponibles, se podrán considerar también las siguientes medidas de reducción:
- i) Empleo de métodos mejorados de depuración de gases de combustión, tales como la oxidación térmica o catalítica, la precipitación de polvos o la absorción.
 - ii) Tratamiento de residuos, aguas residuales, desechos y fangos cloacales mediante, por ejemplo, tratamiento térmico o volviéndolos inertes o mediante procesos químicos que les quiten la toxicidad.
 - iii) Cambios de los procesos que den lugar a la reducción o eliminación de las liberaciones, tales como la adopción de sistemas cerrados.
 - iv) Modificación del diseño de los procesos para mejorar la combustión y evitar la formación de los productos químicos incluidos en el anexo, mediante el control de parámetros como la temperatura de incineración o el tiempo de permanencia

C. Mejores prácticas ambientales

La Conferencia de las Partes podrá elaborar orientación con respecto a las mejores prácticas ambientales.

II. Avances logrados por México en el contexto del Convenio de Estocolmo

En México han dejado de producirse y/o consumirse los productos considerados como contaminantes orgánicos persistentes, salvo los bifenilos policlorados, para los cuales se ha establecido una Norma Oficial Mexicana que fija plazos para su eliminación y sustitución por otros productos menos peligrosos. En parte, las acciones tendientes a sustituir el uso de estos productos han tenido lugar en el marco del Convenio de Cooperación Ambiental de América del Norte, suscrito en 1994 con Canadá y Estados Unidos y de la Resolución 95-5, adoptada en octubre 1995, y en la cual se promueve el establecimiento de planes de acción regional para reducir o eliminar la liberación al ambiente, de la región de América del Norte, de sustancias que sean tóxicas, persistentes y bioacumulables.

A su vez, México suscribió el Convenio de Estocolmo en mayo 2001 y su ratificación fue aprobada por el Senado de la República en noviembre 2002, por lo cual se encuentra entre los primeros treinta países que se han adherido a este Convenio.

La aprobación en abril 28 de 2003 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, que contiene disposiciones relativas al cumplimiento de las obligaciones derivadas de convenios internacionales y, en particular del Convenio de Estocolmo, representa un avance adicional en el cumplimiento de las obligaciones que derivarán de su entrada en vigor.

A manera de ejemplo, se incluyen a continuación algunas de las disposiciones de la Ley que hacen referencia a los contaminantes orgánicos persistentes, en particular, en relación con el tratamiento térmico de los residuos.

Disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos relacionadas con los contaminantes orgánicos persistentes y los tratamientos térmicos de residuos

DEFINICIONES

XIV. **Incineración:** Cualquier proceso para reducir el volumen y descomponer o cambiar la composición física, química o biológica de un residuo sólido, líquido o gaseoso, mediante oxidación térmica, en la cual todos los factores de combustión, como la temperatura, el tiempo de retención y la turbulencia, pueden ser controlados, a fin de alcanzar la eficiencia, eficacia y los parámetros ambientales previamente establecidos. En esta definición se incluye la pirólisis, la gasificación y plasma, sólo cuando los subproductos combustibles generados en estos procesos sean sometidos a combustión en un ambiente rico en oxígeno;

XLIII. **Tratamiento:** Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad;

XLIV. **Termólisis:** Proceso térmico a que se sujetan los residuos en ausencia de, o en presencia de cantidades mínimas de oxígeno, que incluye la pirólisis en la que se produce una fracción orgánica combustible formada por hidrocarburos gaseosos y líquidos, así como carbón y una fase inorgánica formada por sólidos reducidos metálicos y no metálicos, y la gasificación que demanda mayores temperaturas y produce gases susceptibles de combustión;

XLV. **Tratamientos por Esterilización:** Procedimientos que permiten, mediante radiación térmica, la muerte o inactivación de los agentes infecciosos contenidos en los residuos peligrosos;

MANEJO DE RESIDUOS QUE CONTIENEN CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

Artículo 49.- La Secretaría, mediante la emisión de normas oficiales mexicanas, podrá establecer disposiciones específicas para el manejo y disposición final de residuos peligrosos por parte de los microgeneradores y los pequeños generadores de estos residuos, en particular de aquellos que por su peligrosidad y riesgo así lo ameriten.

En todo caso, la generación y manejo de residuos peligrosos clorados, persistentes y bioacumulables, aun por parte de micro o pequeños generadores, estarán sujetos a las disposiciones contenidas en las normas oficiales mexicanas y planes de manejo correspondientes.

Artículo 59.- Los responsables de procesos de tratamiento de residuos peligrosos en donde se lleve a cabo la liberación al ambiente de una sustancia tóxica, persistente y bioacumulable, estarán obligados a prevenir, reducir o controlar dicha liberación.

Artículo 61.- Tratándose de procesos de tratamiento por incineración, la solicitud de autorización especificará las medidas para dar cumplimiento a las normas oficiales mexicanas que se expidan de conformidad con los convenios internacionales de los que México sea parte.

Artículo 50.- Se requiere autorización de la Secretaría para:

V. La incineración de residuos peligrosos;

IX. La utilización de tratamientos térmicos de residuos por esterilización o termólisis;

Artículo 60.- Los representantes de los distintos sectores sociales participarán en la formulación de los planes y acciones que conduzcan a la prevención, reducción o eliminación de emisiones de contaminantes orgánicos persistentes en el manejo de residuos, de conformidad a las disposiciones de esta Ley, y en cumplimiento a los convenios internacionales en la materia, de los que México sea parte.

Artículo 62.- La incineración de residuos deberá restringirse a las condiciones que se establezcan en el Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, en las cuales se estipularán los grados de eficiencia y eficacia que deberán alcanzar los procesos de combustión y los parámetros ambientales que deberán determinarse a fin de verificar la prevención o reducción de la liberación al ambiente de sustancias contaminantes, particularmente de aquellas que son tóxicas, persistentes y bioacumulables. En los citados ordenamientos se incluirán especificaciones respecto a la caracterización analítica de los residuos susceptibles de incineración, así como de las cenizas resultantes de la misma, y al monitoreo periódico de todas las emisiones sujetas a normas oficiales mexicanas, cuyos costos asumirán los responsables de las plantas de incineración.

La Secretaría, al establecer la normatividad correspondiente, tomará en consideración los criterios de salud que al respecto establezca la Secretaría de Salud.

Artículo 63.- La Secretaría, al reglamentar y normar la operación de los procesos de incineración y co-procesamiento de residuos permitidos para tal efecto, distinguirá aquellos en los cuales los residuos estén sujetos a un co-procesamiento con el objeto de valorizarlos mediante su empleo como combustible alternativo para la generación de energía, que puede ser aprovechada en la producción de bienes y servicios.

Deberán distinguirse los residuos que por sus características, volúmenes de generación y acumulación, problemas ambientales e impactos económicos y sociales que ocasiona su manejo inadecuado, pudieran ser objeto de co-procesamiento. A su vez, **deberán establecerse restricciones a la incineración o al co-procesamiento mediante combustión de residuos susceptibles de ser valorizados mediante otros procesos, cuando éstos estén disponibles, sean ambientalmente eficaces, tecnológica y económicamente factibles. En tales casos, deberán promoverse acciones que tiendan a fortalecer la infraestructura de valorización o de tratamiento de estos residuos, por otros medios.**

Artículo 67.- En materia de residuos peligrosos, está prohibido:

III. El confinamiento de compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados, los compuestos hexaclorados y otros, así como de materiales contaminados con éstos, que contengan concentraciones superiores a 50 partes por millón de dichas sustancias, y la dilución de los residuos que los contienen con el fin de que se alcance este límite máximo;

IV. La mezcla de bifenilos policlorados con aceites lubricantes usados o con otros materiales o residuos;

IX. La incineración de residuos peligrosos que sean o contengan compuestos orgánicos persistentes y

bioacumulables; plaguicidas organoclorados; así como baterías y acumuladores usados que contengan metales tóxicos; siempre y cuando exista en el país alguna otra tecnología disponible que cause menor impacto y riesgo ambiental.

ARTÍCULOS TRANSITORIOS

NOVENO.- El procedimiento para la presentación de los anteproyectos de las normas oficiales mexicanas relativas a los procesos de incineración de residuos deberá iniciarse en un plazo no mayor a ciento veinte días naturales a partir de la publicación del presente Decreto en el Diario Oficial de la Federación.

DÉCIMO PRIMERO.- El plan nacional para la implementación de las acciones para dar cumplimiento a las obligaciones derivadas de convenios internacionales de los que México sea parte, relacionadas con la gestión y el manejo integral de residuos peligrosos, los contaminantes orgánicos persistentes y otras materias relacionadas con el objeto de esta Ley, deberá ser publicado en el Diario Oficial de la Federación en un plazo no mayor a dos años contados a partir de la publicación del presente Decreto.

La edición

MANUAL 3.

***Valorización de residuos, participación social
e innovación en su gestión***

Se terminó de imprimir en el mes de agosto de 2003, en su elaboración se utilizaron los caracteres 8, 9, 10,11, 12, 14 y 24 puntos del tipo Arial Narrow y papel Couché Mate de 66 kg, en sus interiores; Cartulina Sulfatada de 14 puntos, en la portada; con un tiraje de 500 ejemplares, más reposición.