



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



20547-S

Distr. LIMITADA

ID/WG.533/4(SPEC.)
31 de enero de 1994

ESPAÑOL

Original: INGLES

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Consulta sobre las Industrias Petroquímica de Productos
Derivados de los Países en Desarrollo
Teherán (República Islámica del Irán)
7 a 11 de noviembre de 1993

INFORME TECNICO:

LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE EN LAS INDUSTRIAS PETROQUIMICAS
DE PRODUCTOS DERIVADOS*

Preparado por el
Sr. Amir Metry

Consultor de la ONUDI

* Las opiniones que el autor expresa en el presente documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. Este documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición.

INDICE

	<u>Página</u>
1.0. INTRODUCCION	3
2.0. FUENTES DE RESIDUOS Y CONTAMINANTES GENERADOS	3
2.1. RESIDUOS SOLIDOS, LIQUIDOS Y GASEOSOS, Y EMISIONES VOLATILES ..	4
2.2. IMPUREZAS DE REACTIVOS, SUBPRODUCTOS, Y RESIDUOS DE MUESTREO, MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO	10
2.3. MATERIALES AGOTADOS (CATALIZADORES, DISOLVENTES, AGUA DE REFRIGERACION, MATERIALES DE MANTENIMIENTO, ETC.)	11
3.0. MINIMIZACION DE RESIDUOS Y CONTROL DE LA CONTAMINACION	11
3.1. REQUISITOS LEGALES	12
3.2. OPCIONES A CORTO PLAZO: REDUCCION DE LA FUENTE Y TRATAMIENTO AL FINAL DEL PROCESO	15
3.3. OPCIONES A MEDIO PLAZO: TECNOLOGIAS DE PROBADA EFICACIA, RECICLAJE Y AJUSTES OPERACIONALES	18
3.4. OPCIONES A LARGO PLAZO: TECNOLOGIAS INNOVADORAS	19
4.0. ECONOMIA DE LA MINIMIZACION DE RESIDUOS Y DEL CONTROL DE LA CONTAMINACION	21
5.0. INSTRUMENTOS PARA LA CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE	23
5.1. GESTION DE RESIDUOS POSCONSUMO	23
5.2. AUDITORIA, REDUCCION DE RESIDUOS Y CUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES SOBRE MEDIO AMBIENTE	26
5.3. EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	28
5.4. ANALISIS DEL CICLO DE VIDA	32
5.5. GESTION DE RIESGOS	35
5.6. PLANIFICACION DEL USO DE LA TIERRA	35
6.0. REFERENCIAS	37

1.0. INTRODUCCION

Las consideraciones medioambientales han pasado a ser, en el mundo entero, parte integrante de muchas operaciones manufactureras. Algunas industrias, como la del acero, vienen luchando desde hace varios decenios con las cuestiones ambientales, debido principalmente a los grandes volúmenes de contaminantes que producen. En el extremo opuesto, industrias que hace tan sólo diez años no habrían podido imaginarse que serían objeto de leyes del medio ambiente se ven en la actualidad afectadas por ellas. Incluso actividades tales como la evacuación de material peligroso, el funcionamiento de equipo quemador de combustible o la descarga de agua residual que contenga materia orgánica, pueden justificar que se tenga en cuenta el medio ambiente.

La industria petroquímica de productos derivados comprende muchas operaciones en las que podrían introducirse mejoras para la conservación del medio. Las descargas al aire, al agua, y los residuos sólidos de industrias tales como las del caucho, los plásticos, y las fibras sintéticas, pueden reducirse mediante la disminución de residuos o el control de la contaminación. En los años que quedan del presente decenio, y más adelante, las cuestiones ambientales plantearán enormes desafíos a los fabricantes de caucho sintético, según los expertos que participaron en la 32a. reunión general anual del Instituto Internacional de Fabricantes de Caucho Sintético (Moore, 1991).

Este documento constituye una introducción a los tipos de desafíos ambientales que tienen planteados actualmente, y a que deberán enfrentarse en un futuro próximo, las industrias petroquímicas de productos derivados. La Sección 2 contiene información sobre los tipos de residuos y contaminantes generados por diversas operaciones de la industria petroquímica de productos derivados. En la Sección 3 se examinan algunas medidas reguladoras establecidas para estimular la minimización de residuos y el control de la contaminación. En dicha sección también se examinan algunas opciones, a corto, medio y largo plazo, para la gestión u ordenación del medio. En la Sección 4, se abordan la economía y la gestión del medio, y se hace un examen de las deficiencias de los métodos utilizados para determinar los beneficios y costos que entrañan la conservación y la degradación del medio ambiente. En la Sección 5 se esbozan algunos de los instrumentos a utilizar para describir las cuestiones ambientales que se les plantean a las instalaciones de producción y los instrumentos que han de utilizarse para alcanzar las metas de conservación del medio. Algunos de esos instrumentos pueden incorporarse a la cultura y a las actividades diarias de las empresas. Otros instrumentos puede que requieran personal especializado o asistencia externa a la empresa. La Sección 6 contiene referencias concretas utilizadas para la preparación de este documento.

2.0. FUENTES DE RESIDUOS Y CONTAMINANTES GENERADOS

Para elaborar un programa de conservación del medio ambiente, deberá procederse, como primera medida, a efectuar un inventario de los residuos generados por una determinada actividad. El inventario deberá realizarse metódicamente, con objeto de lograr que todos los residuos sean identificados. A tal fin, podrá emplearse uno o más de los siguientes métodos.

1. Cuadrícula. En una cuadrícula hipotética, divídanse, en sectores manejables, unas instalaciones completas (comprendidas las siguientes áreas: producción interior y exterior, tratamiento, almacenamiento, carga y descarga, mantenimiento, etc.). A continuación, vigílese cada

sector efectuando periódicamente una visita de inspección en la que se utilizarán registros para los archivos y se hablará con el personal que trabaje en la zona inspeccionada. Identifíquese, en cada sector, cualquier posible fuente de descargas al aire, al agua o de residuos.

2. Balance de masas. La primera ley de la termodinámica puede aplicarse en forma laxa para determinar los insumos y productos de un sistema, y para identificar, por tanto, la naturaleza de las descargas que pueden haberse efectuado en la fase comprendida entre la aportación de los primeros y la obtención de los últimos. Por ejemplo, si en un proceso discontinuo se utilizan diez galones de un disolvente y cinco de ellos se evacúan como residuo, podrá darse por supuesto que aproximadamente cinco galones se habrán volatilizado. El empleo del balance de masas para determinar residuos entraña algunos problemas:

- La medición de parámetros suficientes para poder comprender bien el proceso no siempre es posible;
- Los materiales pueden cambiar considerablemente de forma durante un proceso (por ejemplo, el de incineración o solidificación);
- La contabilidad necesaria para una planta grande puede ser de tales proporciones que no resulte práctica.

3. Análisis por procesos. Analícese cada proceso (producción primaria, procesos auxiliares, investigación y desarrollo, etc.) para averiguar dónde se producen, continua o intermitentemente, emisiones al aire, descargas al agua o residuos. El conocimiento de cada proceso manufacturero y de las materias primas utilizadas es vital para que este tipo de inventario pueda efectuarse de modo completo. Las estimaciones de los volúmenes de material cedidos al medio ambiente en cada proceso pueden realizarse a base de mediciones, juicio técnico o aplicando factores de emisión por industrias.

Un estudio llevado a cabo por el comité de medio ambiente de la Asociación de Fabricantes de Caucho muestra que:

- La mitad de las empresas estudiadas se han fijado metas concretas para la reducción de los residuos;
- Casi la mitad de la corriente de residuos de la industria está relacionada con el producto;
- Casi la mitad de la corriente de residuos corresponde a residuos de envasado o papel;
- Menos del 5% de la corriente de residuos corresponde a aceites y residuos peligrosos (Tullys, 1992).

2.1. RESIDUOS SOLIDOS, LIQUIDOS Y GASEOSOS, Y EMISIONES VOLATILES

Los residuos generados por la industria petroquímica de productos derivados podrían caracterizarse por constituyentes que se encuentran en los monómeros del petróleo y que son análogos a la mayoría de los de los procesos manufactureros de toda la industria. En general, en las industrias

petroquímicas de productos derivados, los productos sólidos que no responden a las especificaciones estipuladas no son reactivos y pueden reciclarse eficientemente. También cabe reciclar el látex líquido que se encuentre en tal situación. Los materiales residuales, como las emisiones de acrilonitrilo, las emisiones de disolventes volátiles, y el petróleo y la grasa quemados tienen propiedades tóxicas que no hacen deseable la liberación al medio ambiente de estas materias residuales.

Además de las materias primas derivadas del petróleo que se utilizan en las industrias petroquímicas de productos derivados, son muchos los revestimientos y aditivos a los plásticos que pueden ser fuentes de residuos. Los aditivos a los plásticos comprenden metales que se utilizan para pigmentos o como estabilizadores. Los clorofluorocarburos son inherentes a las operaciones de moldeo de la industria de los plásticos, y son fuentes potenciales de contaminación del aire. Estos productos químicos están siendo objeto en la actualidad de una mayor inspección legal, y se está pasando a utilizar nuevos compuestos que son menos nocivos para la capa de ozono.

La elaboración de plásticos, también denominados polímeros o resinas, puede entrañar las siguientes operaciones:

- Moldeo por inyección;
- Extrusión;
- Moldeo por soplado;
- Termoformación;
- Moldeo por compresión;
- Moldeo de plásticos reforzados;
- Moldeo por rotación;
- Moldeo por inyección-reacción;
- Colada.

En cada una de estas operaciones, existe la posibilidad de que se produzcan descargas al medio ambiente.

El consumo mundial de plásticos es como mínimo de 57.700 millones de kg. Aproximadamente un 36% se elabora mediante extrusores; un 32%, mediante moldeo por inyección; un 10%, mediante moldeo por soplado; un 6%, mediante calandrias; un 5% en forma de revestimientos o capas protectoras; un 3%, por compresión; un 2%, en forma de polvo; y un 6% mediante otros procesos (Plastics Processing Data Handbook, 1990).

Todas las actividades de transformación de plásticos comprenden las siguientes operaciones:

- Mezcla, fusión y plastificación;
- Transporte de la masa fundida;

- Estiraje y soplado;
- Acabado (incluida la solidificación de la masa fundida).

En la fabricación de plásticos, la mayoría de las operaciones manufactureras tienen lugar en recipientes cerrados. Sin embargo, las principales fuentes de contaminación atmosférica de esta industria son:

- Emisiones de materias primas o monómeros;
- Emisiones de disolventes durante la reacción;
- Emisiones de sólidos sublimados, como el anhídrido ftálico en la producción de alquid;
- Emisiones de disolventes durante el almacenamiento y la disolución de resinas.

En todas las industrias petroquímicas de productos derivados pueden descargarse en el medio ambiente residuos sólidos, líquidos y gaseosos. En las siguientes secciones se describen algunos de los residuos producidos por determinadas industrias.

Fabricación de caucho sintético

En la producción de caucho sintético, el estireno y el butadieno son monómeros esenciales. Durante el proceso de emulsión, el butadieno y el estireno se polimerizan continuamente hasta la transformación de aproximadamente un 60% de los monómeros. Los monómeros que no han reaccionado se recuperan mediante evaporación instantánea al vacío y columnas de destilación por arrastre de vapor, para su reutilización en el proceso. El butadieno no utilizado en el proceso de polimerización se condensa, y los gases de salida del condensador y los productos incondensables pasan a través de una unidad adsorbadora/desorbadora de butadieno, en la que se recupera más butadieno. Algunos productos no condensables y vapores de VOC pasan a la atmósfera o, en algunas plantas, a un sistema de antorcha.

La figura 2-1 representa el proceso de producción de caucho sintético, incluidas descripciones de las materias primas utilizadas en la fabricación y fuentes de emisiones a la atmósfera. Conviene señalar que, además de la unidad adsorbadora/desorbadora de butadieno, existen puntos de emisión en las partes del proceso en que tienen lugar la coagulación y el tamizado, el enjuague de grumos, el desagüe y el secado. Se prevé que en el proceso de coagulación y tamizado se produzcan materiales residuales como ácido sulfúrico y salmuera agotados. Además, en el caso del negro de humo, importante ingrediente de la mayoría de los productos de caucho, es necesaria una evacuación especial de las materias primas y productos que contengan negro de humo y que no respondan a las especificaciones formuladas. En algunas partes del proceso pueden incorporarse lavadores para reducir o eliminar las emisiones volátiles, pero en otros lugares, como en el proceso de enjuague de grumos y el consiguiente desagüe, el control de las emisiones puede ser ineficiente o ineficaz.

Se emiten compuestos orgánicos volátiles (COV) en la fabricación de copolímeros de estireno y butadieno mediante procesos de polimerización en emulsión, como se indica en el cuadro 2-1. Estos factores de emisión reflejan el volumen de emisiones volátiles por unidad de material elaborado.

Quadro 2-1

Factores de emisión relativos a la producción del copolímero
estireno-butadieno de emulsión a/

Proceso	Emisiones orgánicas volátiles b/	
	(g/kg)	(lb/ton)
Grumo de emulsión		
Recuperación de monómeros, incontrolada c/	2,6	5,2
Exhaustación del absorbedor	0,26	0,52
Tanque de mezcla/coagulación, incontroladas d/	0,42	0,84
Secaderos e/	2,51	5,02
Látex de emulsión		
Eliminación de monómeros		
Exhaustación del condensador f/	8,45	16,9
Tanques de mezcla		
Incontrolada f/	0,1	0,2

Fuente: EPA (Agencia para la Protección del Medio Ambiente) de los EE.UU., AP-42, Sección 5.20.

a/ COV de nometano, principalmente estireno y butadieno. Únicamente para procesos de grumos de emulsión y látex de emulsión. No se incluyen los factores relativos al equipo y operaciones conexos (almacenamiento, emisiones volátiles, calderas, etc.).

b/ Expresadas como unidades por unidad de copolímero producida.

c/ Promedio de tres pruebas de chimeneas proporcionadas por la industria.

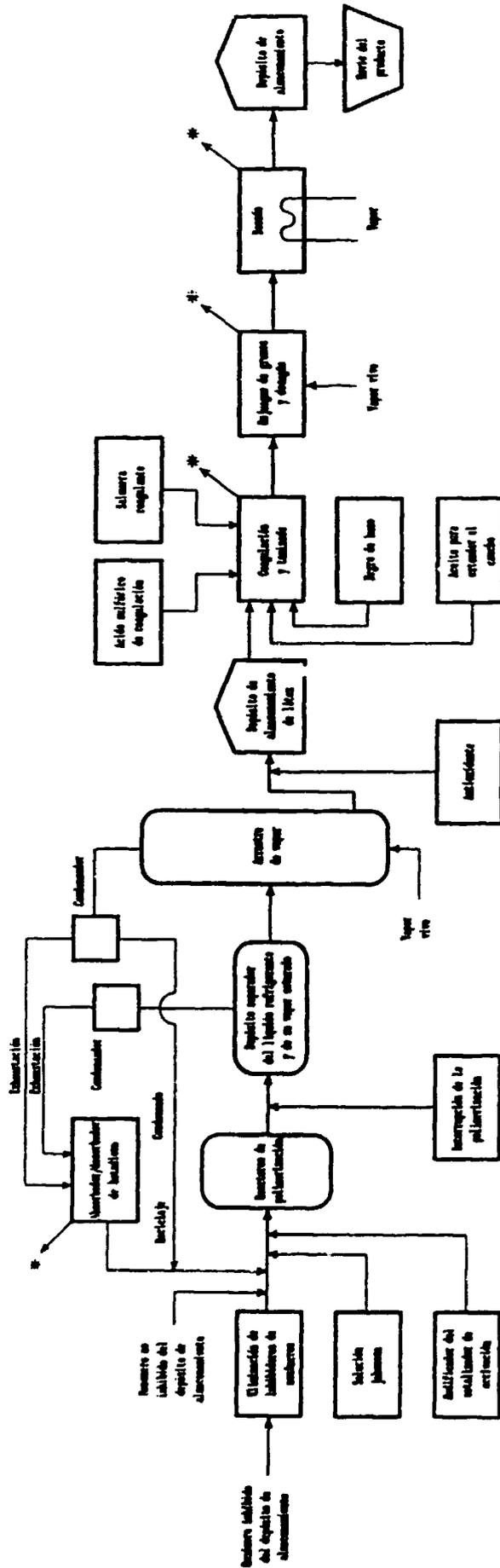
d/ Promedio de una prueba de chimenea proporcionada por la industria y de dos estimaciones de emisiones facilitadas asimismo por la industria.

e/ No existen controles. Promedio de tres pruebas de chimenea y de una estimación proporcionadas por la industria.

f/ Estimaciones de la EPA de los EE.UU., confirmadas por la industria, a base de datos suministradas por ésta.

En el proceso de grumos de emulsión, gases de salida no condensados e incontrolados pasan a la atmósfera a través de un dispositivo de control absorbedor de butadieno -cuya eficiencia puede ser de alrededor del 90%- o de una antorcha. Normalmente, no se efectúa ningún control de los tanques de mezcla o coagulación. Tampoco se controlan por lo común las emisiones de los secaderos en el proceso de grumos ni en la fase de eliminación de monómeros del proceso de látex.

Figura 2-1
Proceso normal para la producción
de caucho sintético



* Iniciadores de compuestos orgánicos volátiles

Donde: OVA (Agencia para la Producción del Latex Sintético) de los EE.UU., 1966 (p. 43), figuras 3, 10-1.

Fabricación de "fiberglass"

El "fiberglass" es una resina de poliéster líquida reforzada con fibras de vidrio y cargada con diversos materiales de relleno inorgánicos, como carburo cálcico, talco, mica o pequeñas esferas de vidrio. En la fabricación de "fiberglass", las superficies de resina fresca emiten compuestos orgánicos volátiles durante el proceso de fabricación, emisiones que se producen asimismo al emplear disolventes (por lo común acetona) para lavarse las manos y para la limpieza de moldes, equipo pulverizador, etc. Las emisiones de disolventes utilizados para limpieza pueden representar más del 36% del total de emisiones orgánicas volátiles de las plantas (Elsherif, 1987). El equipo cortador de fibras puede provocar emisiones a la atmósfera de materia particulada y crear una corriente de residuos sólidos.

Los agentes de entrecruzamiento, como el estireno y el metacrilato de metilo, que se utilizan en la fabricación de resina de poliéster/"fiberglass", se evaporan durante la aplicación y el curado. El método de aplicación afecta al grado de volatilización de los agentes. El cuadro 2-2 contiene información sobre los componentes normales de resinas y, por tanto, de los materiales que podrían ser emitidos en forma sólida, líquida o gaseosa.

Cuadro 2-2

Componentes normales de las resinas

Para formar el poliéster insaturado

<u>Acidos insaturados</u>	<u>Acidos saturados</u>	<u>Alcoholes plurifuncionales</u>
Anhidrido maleico Acido fumárico	Anhidrido ftálico Acido isoftálico Acido adipico	Propilenglicol Etilenglicol Dietilenglicol Dipropilenglicol Neopentilglicol Pentaeritrita

Agentes de entrecruzamiento (monómeros)

Estireno
Metacrilato de metil
Viniltolueno
Acetato de vinilo
Ftalato de dialilo
Acrilamida
2-acrilato de etilhexilo

Fuente: EPA de los EE.UU., AP-42, Sección 4.12.

Fabricación de fibras sintéticas

La industria de las fibras sintéticas puede originar emisiones importantes durante la producción de fibras sintéticas a base de tereftalato de polietileno (PET). El polímero de PET es uno de los plásticos más ampliamente utilizados y está siendo objeto de creciente atención debido a sus posibilidades de reutilización. El polímero de PET se produce a base de etilenglicol y tereftalato de dimetilo (DMT) o ácido tereftálico (TPA). Por su gran solubilidad en el agua, el etilenglicol puede originar descargas como resultado de una reacción incompleta a las plantas de pretratamiento industrial o a las plantas de tratamiento de aguas residuales procedentes de instalaciones manufactureras. La fibra cortada y el hilado de filamentos de poliéster se fabrican mediante hilado directo o por fusión de PET fundido procedente del equipo de polimerización o mediante el hilado de "chips" (gránulos cilíndricos) de polímero recalentado.

Las emisiones de productos de fibra de poliéster contaminantes del aire comprenden: polvo de polímero de las operaciones de secado, monómero residual volatilizado, lubricantes de fibras (en forma de emanaciones o humo de aceite, y el polímero quemado y los productos de combustión procedentes de la limpieza del equipo de hilado. Relacionado con el proceso de hilado en caliente, el hilado por fusión de fibras de poliéster no produce cantidades importantes de monómero o polímero volatilizado, por lo que normalmente en el área de hilado no se aplican medidas de control de las emisiones. Por lo común, los aceites de acabado que se emplean en las operaciones de hilado de fibra de poliéster se recuperan y recirculan. Entre otras emisiones producidas en la fabricación de fibras sintéticas cabe citar las siguientes:

- Emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de la fabricación de fibras acrílicas y modacrílicas, incluidas emisiones de acrinolitrilo (monómero residual volatilizado);
- Disolventes residuales;
- Aditivos residuales; y
- Otros residuos sólidos procedentes de la elaboración de fibras.

Las principales áreas de emisión del hilado en seco de fibras acrílicas y modacrílicas son el área de hilado y la posterior al mismo, hasta la de secado y comprendido éste. La recuperación de disolventes en el hilado en seco de fibras modacrílicas también es un punto importante de emisiones a la atmósfera.

2.2. IMPUREZAS DE REACTIVOS, SUBPRODUCTOS, Y RESIDUOS DE MUESTREO, MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

Las impurezas de los reactivos están constituyendo un motivo de gran preocupación en la industria de los plásticos. En la actualidad, un cuidadoso control de calidad de las materias primas y de los catalizadores puede impedir que las impurezas repercutan en la calidad de los productos. Sin embargo, con la adición de plásticos reciclados como materias primas, las impurezas de los reactivos se están convirtiendo en un importante factor de la producción. El plástico reciclado procedente del mercado previo al consumo conserva un grado

de pureza análogo al de sus monómeros originales, pero las materias recicladas después de su utilización deben limpiarse, secarse y clasificarse antes de ser introducidas en un proceso de refabricación.

2.3. MATERIALES AGOTADOS (CATALIZADORES, DISOLVENTES, AGUA DE REFRIGERACION, MATERIALES DE MANTENIMIENTO, ETC.)

Los materiales auxiliares, tales como catalizadores y disolventes, pueden reciclarse o regenerarse durante un proceso manufacturero para su aprovechamiento por un espacio de tiempo limitado. Después, independientemente de la eficacia del proceso de regeneración o reciclaje, el material pierde su aptitud para modificar el proceso de la manera prevista. Llegado a ese punto, el material auxiliar se convierte en producto residual. En algunos casos, los catalizadores y disolventes pueden devolverse al fabricante para su nueva elaboración. Los disolventes también pueden quemarse con objeto de recuperar energía de ellos, aunque los contaminantes del disolvente (como metales) pueden concentrarse en la ceniza, adquiriendo ésta propiedades tóxicas.

El agua de refrigeración difiere de los catalizadores y disolventes en que, por lo general, se utiliza sin que entre en contacto con el producto. Las aguas de refrigeración sin contacto directo no debieran contaminarse químicamente, aunque sí cabe esperar una contaminación térmica. También cabe esperar que las aguas de refrigeración que entran en contacto con el producto sufran una contaminación química análoga a dicho producto.

3.0. MINIMIZACION DE RESIDUOS Y CONTROL DE LA CONTAMINACION

Una vez identificadas las fuentes de residuos en los procesos de fabricación y en los procesos auxiliares de unas determinadas instalaciones, habrán de tomarse decisiones sobre cómo reducir o controlar las corrientes de residuos. Estas decisiones se verán influidas por los requisitos que deban cumplir las actividades industriales con arreglo a lo estipulado por organismos reguladores locales o nacionales. Las consideraciones relativas a la calidad del producto también desempeñarán un papel a la hora de decidir qué tipo de control deberá ejercerse. Por ejemplo, si un proceso de producción requiere el empleo de agua de excelente calidad, al decidir utilizar un sistema de reciclaje de agua deberá tenerse en cuenta la calidad del agua reciclada que es posible conseguir. Si se emplean grandes cantidades de energía y de productos químicos para tratar el agua reciclada de la calidad requerida, este método puede que no sea el apropiado. Por otro lado, si se ha utilizado agua dulce de gran calidad cuando habría sido suficiente agua reciclada con un mínimo de tratamiento, la modificación sería acertada.

En esta sección se indican algunos tipos de requisitos legales, exigidos en los Estados Unidos y en el Reino Unido, que estimularán la minimización de residuos y el control de la contaminación en las actividades de la industria petroquímica de productos derivados. A continuación se examinan tres clases de opciones relativas a la minimización de residuos y al control de la contaminación:

1. Opciones a corto plazo que entrañan el establecimiento de controles de la contaminación al final del proceso, o la reducción de la fuente sin necesidad de introducir modificaciones importantes en el equipo o en los procesos de producción existentes.
2. Opciones a medio plazo que requieren una comprensión más amplia de los actuales procesos de producción, de modo que puedan incorporarse circuitos de reciclaje o efectuarse ajustes operacionales para reducir los residuos generados.
3. Opciones a largo plazo que entrañan soluciones basadas en los métodos más avanzados, así como una reconsideración del empleo de materiales y de la producción actuales.

Toda "jerarquía" de la gestión de residuos empieza por el control de la contaminación para pasar después a la gestión de residuos, a la minimización de éstos y, por último, a la prevención de la contaminación. Los objetivos de la mayoría de las iniciativas relacionadas con la gestión de residuos debieran comprender disposiciones para ir ascendiendo en la escala de esa "jerarquía".

3.1. REQUISITOS LEGALES

En los Estados Unidos, entre las iniciativas reguladoras encaminadas a minimizar los residuos figuran la Pollution Prevention Act de 1990 y la Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA). Estos reglamentos son ejemplos del abandono del criterio del tratamiento "al final del proceso" y de la preferencia por el de prevención de la contaminación en la fuente de ésta. En el programa de reducción de 33 a 50 tóxicos (de la Pollution Prevention Act) se pedía la reducción voluntaria de 17 productos químicos concretos como punto de partida para alcanzar un 33% en 1992 y un 50% en 1995. La prevención de la contaminación puede conseguirse mediante una mayor eficiencia en el empleo de materias primas, energía, agua u otros recursos. Para poder lograr una mayor eficiencia, será necesario introducir cambios en lo siguiente: equipo o tecnologías; procesos o procedimientos; reformulación o rediseño de productos; sustitución de materiales; mejoras operacionales; o aplicar otras medidas, como eliminar la contaminación, o reducirla al mínimo posible, en los puntos en que se produce, mantenimiento, capacitación, o control de existencias.

El título relativo a la contaminación del aire de carácter peligroso, de la Clean Air Act Amendments de 1990, de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los EE.UU., se centra en los tipos de industria que emiten determinadas clases de contaminantes y regula cada industria individualmente. En el cuadro 3-1 figuran algunos de los tipos de industrias y los plazos fijados para cumplir las normas que actualmente se están elaborando. Los controles para cada tipo de industria van desde los tratamientos al final del proceso con las necesarias eficiencias de reducción hasta procedimientos de mantenimiento que permiten eliminar formas de emisión tales como puntos de posible descarga (bombas y válvulas, por ejemplo).

Cuadro 3-1

Tipos de industrias previstos en la "Clean Air Act" de los EE.UU.
en relación con los contaminantes atmosféricos peligrosos

<u>Tipo de industria</u>	<u>Plazo para el cumplimiento de las normas estipuladas</u>
Producción de acrilonitrilo-butadieno-estireno	1994
Producción de caucho de butilo	1994
Producción de resinas epoxídicas	1994
Producción de neopreno	1994
Producción de caucho de polibutadieno	1994
Producción de resinas acetálicas	1997
Producción de dímeros de butadieno	1997
Producción de resinas fenólicas	1997
Producción de resinas de poliéster	1997
Producción de emulsiones de acetato de polivinilo	1997
Fabricación de productos químicos para la elaboración del caucho	1997

En el Reino Unido, la Environmental Protection Act afecta a la mayoría de las empresas elaboradoras de caucho. Los requisitos previstos en dicha ley son aplicables a las fábricas que mastican o mezclan caucho natural o sintético, para lo que se requiera negro de humo o una ulterior elaboración. Los límites impuestos a las emisiones de las fábricas de caucho son: 50 mg/m³ para las partículas, 10 mg/m³ para el negro de humo y 0,1 mg/m³ para los isocianatos (Rubber, 1992).

Según el Sr. Ken Straugham, director de información de la Asociación de Fabricantes de Caucho Británicos, la Environmental Protection Act de 1990 del Reino Unido impone elevadas cargas, en cuanto a costos de capital, a la industria del caucho (White, 1992). Los procesos utilizados en la elaboración del caucho a los que se refiere dicha ley son los siguientes:

- Combustión de residuos de caucho y de neumáticos (insumo término entre 0,4 y 3 megavatios;
- Procesos en los que se utilicen 5 toneladas de disolvente orgánico durante cualquier período de 12 meses, con un proceso de revestimiento; y
- Procesos de fabricación de revestimientos que utilicen 100 toneladas o más de disolvente orgánico anuales.

Se entiende por proceso de elaboración del caucho todo proceso que entrañe la mezcla y masticación de caucho natural o de elastómero sintético si se utiliza el negro de humo. El reglamento de elaboración del caucho no se aplica a la elaboración del látex. En la industria del caucho, algunos de los efectos más importantes de la Environmental Protection Act del Reino Unido se

dejarán sentir no en las operaciones esenciales del proceso, sino en las auxiliares; por ejemplo, el empleo de disolventes orgánicos y de isocianatos en los adhesivos.

En el cuadro 3-2 se indican los límites de emisión y los requisitos de vigilancia exigidos por la Environmental Protection Act del Reino Unido.

Cuadro 3-2

Requisitos establecidos para la industria del caucho por la "Environmental Protection Act" del Reino Unido

Límites de emisión

Tipo de emisiones	Límite (mg/m ³)
-------------------	-----------------------------

Total de materia particulada procedente del depósito de almacenaje, de la manipulación o de la mezcla del negro de humo	10
---	----

Total de materia particulada procedente de fuente/operaciones distintas de las arriba indicadas	50
---	----

Isocianatos (como grupo del NCO total) excluida la materia particulada	0,1
--	-----

Compuestos orgánicos volátiles (como carbono total, excluida la materia particulada)	0,1
--	-----

Monóxido de carbono (de incineradores)	100
--	-----

Oxidos de nitrógeno, medidos como NO ₂ (de incineradores)	100
--	-----

Requisitos de vigilancia

Magnitud del flujo	Requisitos
--------------------	------------

>300 m ³ /min	Vigilancia cuantitativa continua
--------------------------	----------------------------------

50 m ³ /min-300 m ³ /min	Vigilancia indicativa con cláusula de incumplimiento
--	--

<50 m ³ /min	No se requiere vigilancia
-------------------------	---------------------------

3.2. OPCIONES A CORTO PLAZO: REDUCCION DE LA FUENTE Y TRATAMIENTO AL FINAL DEL PROCESO

En la figura 3-1 se hace un resumen de las técnicas de reducción de residuos. Por reducción de la fuente (véase el lado izquierdo de la figura 3-1) puede entenderse los cambios introducidos en el producto y en sus componentes durante el proceso de fabricación o bien el control de la fuente cuando los insumos materiales puedan cambiarse, sea posible efectuar cambios tecnológicos, o puedan modificarse las prácticas operacionales para reducir los residuos. La reducción de la fuente también puede considerarse como un método en tres etapas consistentes en:

1. Conseguir objetivos fácilmente identificables y que puedan alcanzarse con rapidez y sin gran costo (por ejemplo, medidas encaminadas a eliminar la contaminación, o reducirla al mínimo posible, en los puntos en que se produzca, pequeños ajustes del equipo, etc.);
2. Identificar cambios del proceso (estos requerirán un plazo de uno a cinco años y quizás más inversión de capital); y
3. Volver a las medidas básicas; éstas requerirán un plazo superior a los cinco años, más capital, y cambios tales como nuevas materias primas o el rediseño del proceso.

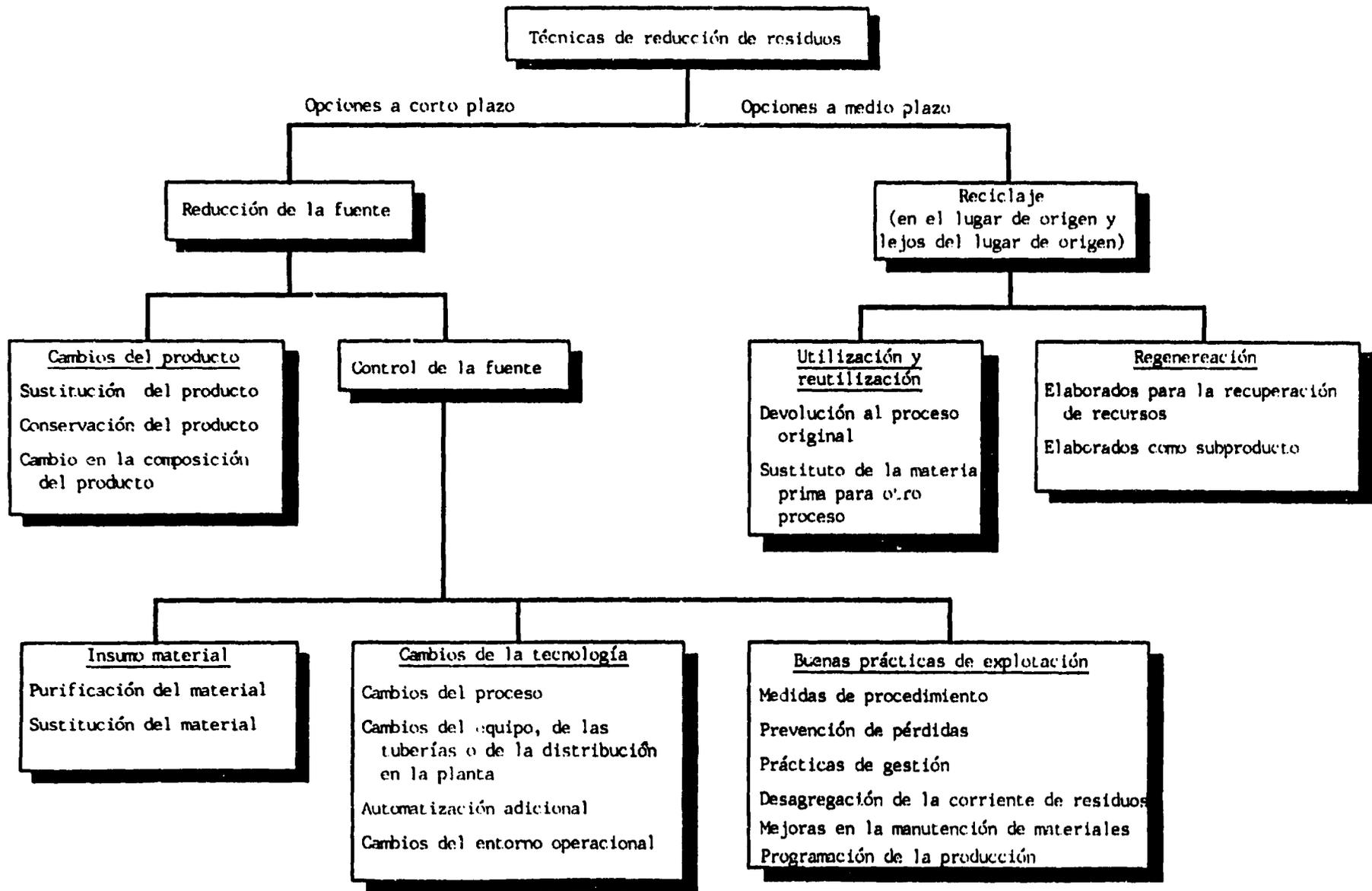
En general, el costo aumenta con cada una de estas etapas, como asimismo el riesgo de que se produzcan incumplimientos. Muchos arguyen que el mejor método de gestión de residuos consiste en no producirlos, con lo que no habrá necesidad de recurrir a ningún medio para solucionar los problemas que plantean. Sin embargo, la reducción de la fuente no siempre será posible.

Puede que sea difícil encontrar formas de reducir la fuente que tengan el grado de eficiencia de muchos tratamientos al final de proceso. A menudo, cuando unas instalaciones han de cumplir requisitos a corto plazo es preciso recurrir a métodos de tratamiento al final del proceso. Estos cambios pueden incluir modificaciones del proceso o de los procesos que puedan introducirse fácilmente, requieran una pequeña aportación de capital y permitan conseguir reducciones de los residuos rápidamente perceptibles. Con frecuencia, estas opciones de control inmediatas suponen economías de costos en cuanto a materias primas o eliminación de residuos.

Además de los cambios del proceso y de la sustitución de materiales, pueden utilizarse controles complementarios para disminuir las emisiones de vapor procedentes de la resina de estireno, aunque las bajas concentraciones de los compuestos orgánicos volátiles de exhaustación y la posibilidad de contaminación del material absorbente hacen que el control resulte difícil. La mayoría de las plantas utilizan ventilación forzada para disminuir la exposición a los vapores de estireno, pero expulsan los vapores a la atmósfera en lugar de hacerlos pasar por un dispositivo de control. Se ha recurrido a la incineración para controlar estos volátiles y, en menor medida, a la adsorción, absorción y condensación del carbono.

En el cuadro 3-4 se indican las emisiones originadas en la fabricación de plásticos, antes de efectuados los controles, en términos de libras de emisiones por tonelada de material elaborado.

Figura 3-1 Métodos de reducción de residuos



La mayor parte del equipo de control de la contaminación utilizado en la fabricación de plásticos va integrado en el equipo de producción de éstos:

- Tanques de techo flotante;
- Sistemas de recuperación de volátiles (adsorbedores o condensadores);
- Líneas de purga conducentes a las antorchas; y
- Sistemas de recuperación sobre líneas de exhaustación por vacío.

Cuadro 3-4

Factores de emisión para la fabricación de plásticos sin controles a/

Tipo de plástico	Partículas		Gases	
	(libras/ tonelada)	(kg/tonelada métrica)	(libras/ tonelada)	(kg/tonelada métrica)
Cloruro de polivinilo	35 b/	17,5 b/	17 c/	8,5 c/
Polipropileno	3	1,5	0,7 d/	0,35 d/
General	de 5 a 10	de 2,5 a 5	-	-

Fuente: EPA de los EE.UU., AP-42, Sección 5.13.

a/ De Shreve, 1967, y Larsen, 1962.

b/ Controlados generalmente con un filtro de tela de una eficiencia del 98% al 99%.

c/ Como cloruro de vinilo.

d/ Como propileno.

En el Reino Unido, la Environmental Protection Act de 1990 establece límites rigurosos a las emisiones de vapor y de partículas originadas en las operaciones de mezcla y masticación del caucho. El empleo de filtros y de equipo de control del polvo son indispensables para poder cumplir con los límites impuestos por dicha ley.

Para la mezcla del caucho, es necesario introducir mejoras en el equipo de proceso, y no limitarse simplemente al empleo de un control adicional de la contaminación. Algunos de los elementos que es preciso emplear son: obturadores contra el polvo, filtros y sistemas de transporte neumático protegidos para la manutención de materiales.

3.3. OPCIONES A MEDIO PLAZO: TECNOLOGIAS DE PROBADA EFICACIA, RECICLAJE Y AJUSTES OPERACIONALES

En el lado derecho de la figura 3-1 se indican las alternativas en cuanto a reciclaje. Estas opciones puede que no existan en todas las fases de producción. Por ejemplo, la sustitución de materiales es más probable que se utilice en operaciones periféricas que en las fases críticas de producción. También es más probable que los materiales sean sustituidos, por ejemplo, en las actividades de desengrase o mantenimiento que en la síntesis y producción de sustancias químicas. El logro de este nivel de control de la contaminación requiere más tiempo (normalmente de uno a cinco años), por lo que no es apropiado para poder cumplir los reglamentos. Este tipo de proyecto entraña por lo general la inversión de capital en tecnología conocida para la reducción de la contaminación, y con frecuencia esas inversiones son superiores a las reducciones de costos que se consigan a largo plazo.

Las emisiones originadas por los disolventes utilizados para limpieza pueden controlarse procurando que los recipientes no queden destapados, regenerando los disolventes agotados y sustituyendo disolventes con componentes volátiles por disolventes con base de agua.

En el cuadro 3-3 figura una serie de métodos de reducción de residuos que han sido adoptados por industrias petroquímicas, tanto en la producción primaria como en los procesos auxiliares.

Desde el punto de vista de los costos, el método más eficaz para reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de disolventes, de los procesos de hilado en húmedo y en seco, es un sistema de recuperación de disolventes. En los procesos de hilado en húmedo, la destilación se utiliza para recuperar y reciclar disolvente de la corriente de disolvente y agua que se mantiene en circulación durante las operaciones de hilado, lavado y estirado. En los procesos de hilado en seco, las técnicas de control comprenden el empleo de lavadores, condensadores y adsorción de carbono. Los lavadores y condensadores se emplean para recuperar emisiones de disolvente procedentes de conductos de salida del tanque de almacenamiento y de las operaciones de mezcla y filtrado. En los procesos de hilado en seco, también se utiliza en columnas de destilación para recuperar disolvente del condensador, del lavador y del agua de lavado.

En los Estados Unidos, existen en la actualidad aproximadamente 12 instalaciones de hornos de cemento en las que se queman neumáticos desechados, es decir, que dichos neumáticos se convierten en combustible alternativo reaprovechable. Según la Agencia para la Protección del Medio Ambiente, de los Estados Unidos, los hornos de cemento parecen ser muy apropiados para la eliminación de neumáticos desechados porque dichos hornos funcionan a temperaturas muy elevadas con largos tiempos de residencia. Los neumáticos tienen un elevado valor calorífico. Esta práctica empezó en 1972 y fue ampliamente ensayada como método de eliminación de residuos, en el que se emplea la mejor tecnología disponible para la eliminación de neumáticos desechados. El convertir los hornos de cemento para que en lugar de carbón quemem neumáticos requiere una pequeña inversión de capital.

Bridgeston/Firestone anunciaron recientemente que su empresa matriz, la Bridgestone Corporation, concederá gratuitamente, a las empresas interesadas, licencia de sus patentes estadounidenses y canadienses relativas al aprovechamiento de neumáticos enteros desechados como combustible para los

hornos de cemento. El empleo en dichos hornos, por el proceso patentado, de neumáticos enteros desechados ofrece mayores ventajas económicas que la utilización como combustible de neumáticos desechados desmenuzados, por lo que la disponibilidad de la patente debiera traducirse en un mayor empleo de neumáticos desechados en los hornos de cemento. Parece ser que el método al que se refieren las patentes de Bridgestone/Firestone es eficaz para el aprovechamiento de neumáticos enteros o cortados en hornos de cemento rotatorios, introduciéndolos en el horno cuando la temperatura de los gases de exhaustación sea de 600 a 1.400°C y en una cantidad no superior al 60% de las necesidades totales de combustible (Holman, 1992).

El Sr. Doug Pearson, director gerente de Watts Industrial Tyres, dice que "en todas partes -en el Reino Unido, en los Estados Unidos, en Europa- la gente quiere calidad, pero también el precio es tan importante que los desechos deben minimizarse por completo. Tenemos que hacerlo bien a la primera". (White, 1992.)

Según el Sr. Bengt Andersson, director de proyectos técnicos, en la Forsheda, empresa mezcladora y transformadora de Suecia, las tasas de desecho son "muy inferiores al 1%". Forsheda tiene una política de minimización de residuos, y sus instalaciones de mezcla están diseñadas para eliminar el polvo. En la mezcla de caucho, el principal problema ambiental es el empleo de negro de humo, capaz de extenderse por toda la superficie de una fábrica y contaminarla. Este problema podría resolverse mediante:

- Una manutención de materiales automatizada;
- Mejores cierres u obturadores del equipo;
- Un buen mantenimiento interno.

Forsheda tiene un sistema de vacío central para trabajos de limpieza y un sistema de evacuación de residuos mediante el cual pueden eliminarse por completo el material de envasado residual.

En la mezcla de caucho, la supresión de polvo puede lograrse de la siguiente manera:

- Almacenando los materiales en recipientes;
- Empleando cierres u obturadores en el equipo de manutención;
- Utilizando polvos que, combinados con polímeros o humectados (a ser posibles), no puedan ser arrastrados por el aire.

3.4. OPCIONES A LARGO PLAZO: TECNOLOGIAS INNOVADORAS

Las opciones a largo plazo para el control de la contaminación pueden caracterizarse como enfoques de "arriba abajo". Los enfoques a largo plazo de la reducción de la contaminación pueden requerir más de cinco años. Este método entraña la investigación de la química y el diseño del proceso básico en un esfuerzo por reconsiderar el método de producción. El control a largo plazo puede suponer la sustitución de materias primas, el rediseño del proceso o modificaciones del producto. Estas modificaciones pueden requerir el rediseño de las instalaciones existentes o la construcción de nuevas plantas.

Cuadro 3-3

Ejemplos de métodos de reducción de residuos

	Producción/proceso	Residuos/emisiones	Volumen de reducción	Porcentaje	Método/cambios
Air Products & Chemicals	Pintura a pistola	Acetona	n.d.*	94%	Sustitución de materiales
	Sistemas de compresión	Aceite lubricante	2.100 galones	70%	Tratamiento/reutilización
	Limpieza química	Solución agotada	81.000 libras	69%	Operacionales
Allied-Signal	Local sin polvo	clorofluorocarburo	26.000 libras	n.d.	Sustitución de materiales
Dow Chemical	Policarbonato	Cloruro de metileno	360.000 libras	n.d.	Recuperación/reciclaje
	Diafragmas de células de cloro	Asbestos	3,3 millones de libras	n.d.	Diseño del producto
Du Pont	Hojas de embalaje	Películas de plástico	2,7 millones de libras	87%	Reciclaje/reventa
	Acabados para automóviles	Metilamilcetona/ metilisobutilcetona Compuestos orgánicos volátiles	1 millón de libras n.d.	n.d. 68%	Recuperación/reutilización Cambios del proceso
	Acilonitrilo	Sulfato amónico	70 millones de libras	70%	Cambios del proceso
Eastman Chemical	Producción de polímeros	Metilciclohexano/metanol	3 millones de libras	n.d.	Recuperación/reutilización
	Fabricación de sustancias orgánicas	Alcohol isopropílico	n.d.	95%	Recuperación
	Acidos acético y butírico	Acido acético	250.000 libras	n.d.	Recuperación
	Corriente de residuos de sustancias orgánicas	Metilisobutilcetona	1 millón de libras	90%	Recuperación
FMC	Peróxido de hidrógeno	Metanol	>200.000 galones	90%	Recuperación/reutilización
Monsanto	p-diclorobenceno	Emisiones	1 millón de libras	n.d.	Recuperación/reciclaje
	Polifenol	Residuos sólidos		n.d.	Quemado para la obtención de energía
Union Carbide	Olefinas	Benceno**	>100.000 libras	40% a 50%	Cambio del proceso/reciclaje
	Resinas vinílicas	Acetona	2 millones de libras	n.d.	Operacionales

* n.d. = No se dispone de datos.

** También empleo de metanol reducido en 3 millones de libras.

4.0. ECONOMIA DE LA MINIMIZACION DE RESIDUOS Y DEL CONTROL DE LA CONTAMINACION

Cuantificar los costos de algunos impactos ambientales puede resultar difícil. Por ejemplo, no es fácil calcular el costo de un producto a la integridad ecológica en comparación con sus beneficios para la salud humana. Existen diversas técnicas para intentar determinar un precio que refleje la utilidad de bienes, servicios y comodidades no comercializados. Todas esas técnicas descansan en supuestos cuestionables. Sin embargo, proporcionan un medio que permite comparar manzanas con naranjas, es decir, productos comercializados con productos no comercializados.

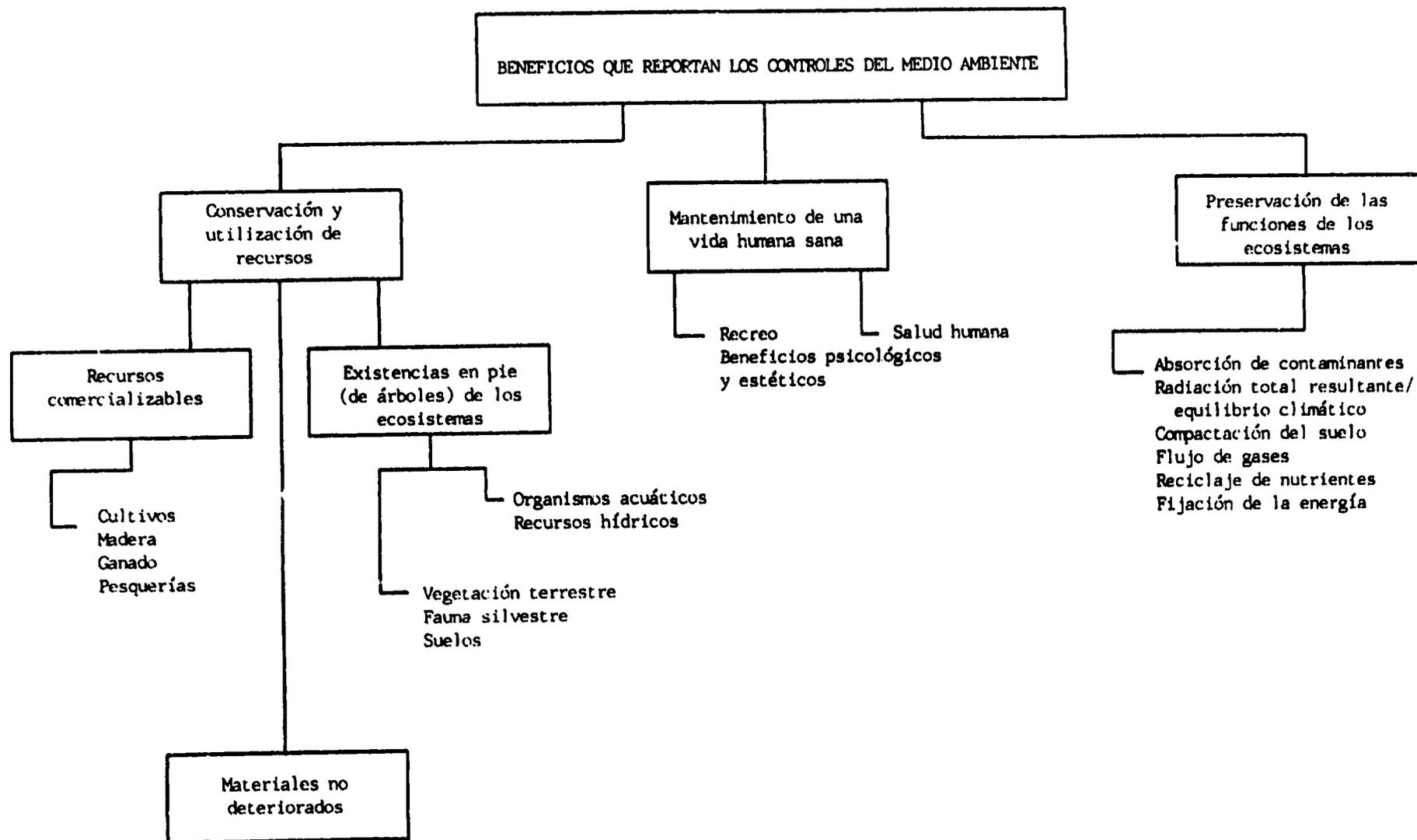
Los "costos" de la perturbación del medio ambiente pueden considerarse como la pérdida de los beneficios gratuitos de la naturaleza cuando ésta no se ve perjudicialmente afectada. En la figura 4-1 se indica una serie de esos beneficios. Algunos de los beneficios proporcionados por la naturaleza tienen precio en el mercado, como, por ejemplo, la madera, ciertas especies de fauna y flora silvestres, suelos y minerales, como puede verse en el lado izquierdo de la figura 4-1. En cambio, las funciones de los ecosistemas, la dinámica de intercambio de masa y energía, son servicios gratuitos de la naturaleza (véase el lado derecho de la figura 4-1). Estos no se venden en el mercado y desde siempre se ha hecho caso omiso de ellos en los análisis costo-beneficio.

Los beneficios que la naturaleza reporta a las personas pueden clasificarse en directos e indirectos. Los directos suelen referirse al disfrute de aspectos de los ecosistemas (por ejemplo, alimentos, medicinas, fibras, recreo proporcionado por plantas y animales, etc.) los indirectos se refieren más concretamente a funciones de los ecosistemas (por ejemplo, intercambio de gases, radiación total resultante y regulación de plagas). Es más normal que en las evaluaciones económicas nos interese por los beneficios que supone mantener la naturaleza libre de impactos en oposición a los beneficios que reporta el desarrollo de recursos. Desde esta perspectiva, las ventajas del control de la contaminación derivan de una disminución de los daños a bienes y servicios gratuitamente proporcionados por la naturaleza (beneficios directos), así como de la reducción de los costos de reparación de daños (beneficios indirectos).

Algunos de los problemas generales con que se tropieza al evaluar en términos económicos bienes no comercializados son los siguientes:

1. Métodos diferentes (por ejemplo, los costos de daños ocasionados en comparación con los costos de reparación) tienen como resultado estimaciones económicas diferentes del mismo recurso; suele desconocerse el grado en que cada estimación esté incompleta, lo que hace difícil elegir entre ellas.
2. Como, para empezar, los bienes y servicios de la naturaleza son gratuitos, su valor económico no es plenamente apreciado, y en muchos métodos de cálculo del precio sombra o virtual se subestima el verdadero valor del recurso para las personas.
3. Como no todas las personas conceden al dinero la misma importancia, los precios no reflejan los diferentes valores asignados a la unidad de evaluación (dinero).
4. Como no todas las personas conceden a los recursos naturales la misma importancia, pero los precios reflejan utilidades sociales agregadas o medias, los diferentes valores asignados a un recurso por públicos diferentes no se indican por separado.

Figura 4-1 Tres clases principales de beneficios que puede reportar la reducción de daños al medio ambiente



Adaptado de Westman, 1985.

5. Algunos bienes y servicios de la naturaleza no se evalúan fácilmente en términos económicos por los métodos existentes, bien porque sean demasiado complejos e incompletamente conocidos (por ejemplo, el clima mundial) o porque no se consideran intercambiables por dinero (por ejemplo, la vida humana); a menudo, estos aspectos no se tienen en cuenta en los análisis económicos, por lo que éstos resultan incompletos (Westman, 1985).

En un reciente estudio del Informe del grupo de investigaciones ambientales radicado en Nueva York, se da cuenta de los esfuerzos realizados en 27 fábricas de productos químicos. En el citado estudio se investigaron más de 180 actividades relativas a la reducción de fuentes. Se vio que, en general, esas actividades proporcionaban beneficios ambientales, gracias a la reducción de un total de 129 millones de libras (1 libra = 0,45 kilos) de residuos anuales, así como beneficios económicos. La mayoría de las actividades de reducción de fuentes requerían perfeccionamientos o modificaciones de los procesos, cambios de equipo o complementos de éste, o bien cambios operacionales. Menos del 15% entrañaban cambios del producto o la sustitución de sustancias químicas. Con respecto a más de la mitad de los proyectos, se comunicó haberse conseguido una reducción superior al 90% en la producción de residuos, siendo la media del 71%. Los plazos de ejecución no eran largos, pues aproximadamente dos tercios de los proyectos se terminaban en menos de seis meses (desde la investigación y el desarrollo a la ejecución). En unos cuantos casos, no se efectuaron gastos de capital en actividades de reducción de fuentes, y en aproximadamente la mitad de esos casos se gastaron menos de 100.000 dólares de los EE.UU. En casi la mitad de los proyectos del estudio se consiguieron economías por un valor de 45.000 a un millón de dólares. En el momento en que se comunicaron los datos, más de dos tercios de las empresas habían amortizado sus gastos en seis meses o menos (Thayer, 1992).

En la planta Union Carbide Seadrift, los cambios del proceso para reducir las descargas de benceno y el empleo de metanol costaron a la empresa ocho millones de dólares. Aunque las reducciones fueron enormes, sólo se ahorran anualmente, como resultado de esos cambios, unos 250.000 dólares (Thayer, 1992). Estas no son buenas escalas de amortización, pero los beneficios económicos solos no constituyen el incentivo del proyecto. Esta planta también está sirviendo como caso de ensayo para el código de conducta, denominado "Cuidado responsable" de la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos. En la planta Seadrift se ha constituido un grupo comunitario de vecinos de la planta para explicar pasadas incidencias y mantener a la comunidad informada sobre las actividades de la planta. La Asociación de Fabricantes de Productos Químicos impone esas directrices, y el incumplimiento de las mismas por una empresa miembro podría tener como resultado la expulsión de ésta.

5.0. INSTRUMENTOS PARA LA CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE

5.1. GESTION DE RESIDUOS POSCONSUMO

La gestión de residuos posconsumo es una actividad que se está difundiendo cada vez más por el mundo entero. Actualmente, la mayoría de los plásticos y de los cauchos sintéticos producidos pasan a la corriente de residuos municipales y no son reciclados. En Europa occidental, una parte importante de los residuos sólidos municipales (incluidos los plásticos y el

caucho) producidos se vierten en depresiones del terreno; el método siguiente de eliminación de residuos más utilizado es la incineración, y, por último, los métodos de reciclaje como el de incineración para la obtención de energía, o el reciclaje de monómeros, desempeñan el papel menos importante en la eliminación de residuos. En el cuadro 5-1 puede verse que otros países, como el Japón, cuentan en la actualidad con programas de reciclaje más activos.

Cuadro 5.1

Comparación de la gestión de residuos de plástico (1990)

	Japón	Estados Unidos	Europa
Fuente	11	24	27
Producción total de plásticos (en millones de toneladas anuales)	4,9 (total) a/	11,8 (únicamente residuos sólidos municipales) b/	12,5 (total)
Corriente de residuos de plástico (en millones de toneladas anuales)	44 (total) a/	49 (únicamente residuos sólidos municipales) b/	46 (total)
Corriente de residuos de plástico (porcentaje de la producción de plásticos)	12	3 (únicamente residuos sólidos municipales)	8
Eliminación c/			
Reciclados (%)	12	3 (únicamente residuos sólidos municipales)	8
Vertidos en depresiones del terreno (%)	23	80 (únicamente residuos sólidos municipales)	64
Incinerados (%)	65 d/	17 (únicamente residuos sólidos municipales)	29
Combustible a base de residuos (%)	insignificante	1,5	n.d. e/
Total (%)	100	100	100

Fuente: Eller, 1992, de Charles River Associates, 1991.

a/ Total= residuos sólidos municipales + residuos industriales.

b/ Excluidos residuos industriales.

c/ Cifras redondeadas; pueden totalizar más del 100%.

d/ En el Japón, el 25% de los residuos de plástico incinerados se transforma en energía eléctrica.

e/ n.d.= no se dispone de datos.

Conviene señalar que el Japón y Europa incluyeron en sus cifras materiales de posconsumo, tales como plásticos industriales de desecho (por ejemplo, delgadas láminas de plástico utilizadas como materiales de embalaje y de transporte), mientras que las cifras correspondientes a los Estados Unidos sólo se refieren a residuos sólidos municipales de posconsumo.

Las actividades de reciclaje están aumentando en los países industrializados de todo el mundo, en los que hay gran demanda de espacio para el vertido de residuos sólidos en depresiones del terreno. Actualmente, en países como los Estados Unidos y los de Europa occidental, se están realizando esfuerzos por promulgar disposiciones estrictas sobre el volumen de plásticos que deben reciclarse anualmente. La Comunidad Europea está procurando que se consiga una tasa de reciclaje igual al 90% de los residuos de plástico producidos en la Comunidad. Las repercusiones de ello se verán aumentadas porque en la Comunidad Europea todo material plástico utilizado como embalaje que sea transportado entre países se considera residuo posindustrial.

Producción de resinas intermediarias

Los residuos de plástico procedentes del posconsumo son parte integrante de los productos con valor añadido. Estos productos contienen diversas cantidades de resinas obtenidas por conducto del mercado de posconsumo. Esas resinas de posconsumo han sido lavadas, clasificadas y peletizadas antes de ser incorporadas a la fabricación del producto.

Regeneración de monómeros

La regeneración de monómeros, o reciclaje terciario, entraña la reducción del plástico a su composición de base, lo que permite el montaje de nuevos polímeros o el empleo de plástico reducido como material de carga o materia prima petroquímica. Esta tecnología es beneficiosa porque puede utilizarse para regenerar desechos de plástico que actualmente no pueden reciclarse mediante la regeneración de resinas (como desechos hospitalarios, residuos autodesmenuzados y residuos mezclados o compuestos). Además, la despolimerización térmica no requiere limpieza ni descontaminación, y puede actuar eficientemente sobre residuos de plástico mixtos.

El reciclaje terciario entraña la escisión química (hidrólisis) o el craqueo térmico (pirólisis) de cadenas poliméricas. Parece ser que los monómeros o sustancias petroquímicas que se recuperan como resultado de ese craqueo no pueden distinguirse de los materiales vírgenes (Randall y otros, 1992). Existen dos tipos básicos de despolimerización: los que disocian o escinden un polímero en sus precursores inmediatos, de modo que puedan convertirse en el mismo plástico mediante una reacción reversible, y los que reducen el plástico a sus monómeros más esenciales que son indistinguibles de los materiales vírgenes. El segundo método se utiliza para los plásticos formados mediante un proceso irreversible.

Las reacciones reversibles comprenden la despolimerización química que viene siendo utilizada desde hace muchos años en la fabricación del poliéster, en que el tereftalato de polietileno (TEP) de los residuos de plantas industriales se descomponían en monómeros. Esta tecnología se está haciendo extensiva al TEP residual de posconsumo producido por el consumo de bebidas refrescantes. La segunda reacción reversible es la despolimerización térmica, que es más adecuada para la regeneración de determinados polímeros, como el

poliestireno. En este proceso, los monómeros se aíslan y purifican antes de ser utilizados para la fabricación de nuevos plásticos. Esta tecnología se está utilizando en la India, donde se emplea para regenerar metacrilato de polimetilo (Randall y otros, 1992).

La conversión pirólítica de materiales comprende el segundo método de recuperación de monómeros. Existen dos tipos básicos de conversión: licuefacción y gasificación. La licuefacción pirolítica es análoga a la despolimerización térmica, salvo que se obtienen como producto precursores líquidos en lugar de monómeros. Este método es ventajoso porque puede tratar aquellos polímeros que pueden ser tratados por despolimerización térmica y aquellas resinas que no pueden ser reducidas por el método térmico, y la separación de plásticos o la limpieza de los materiales es innecesaria porque todos los materiales pueden pirolizarse durante el proceso. Además, el producto resultante de este proceso es un líquido que la mayoría de las instalaciones manufactureras o de refino están en condiciones de tratar. La segunda tecnología, la de gasificación pirolítica, produce gas a partir de las cargas de alimentación petroquímicas, entendiéndose por carga de alimentación la materia prima introducida en una máquina para su tratamiento. Este método, que comprende el craqueo con vapor y la producción de gas de síntesis, utiliza a menudo catalizadores o material de alimentación, como la nafta. Investigadores del sector estiman que éste puede ser uno de los medios más eficientes de regeneración de materiales de plástico debido a la flexibilidad del material de alimentación, la capacidad de aceptar materiales sucios o contaminados, y la relativa sencillez del proceso (Randall y otros, 1992).

Recuperación de energía

La recuperación de energía de residuos de plástico y de neumáticos desechados puede conseguirse por incineración del material de alimentación residual para la obtención de electricidad o vapor, o mediante la ya citada despolimerización. En la actualidad, la incineración de residuos para recuperar energía representa una pequeña parte de la incineración total. Se espera que el empleo de este método de recuperación de energía aumente a medida que aumente el reciclaje legalmente exigido. La Comunidad Europea está negociando ahora, para sus países miembros, un programa de gestión de residuos integrado que comprende el empleo de la incineración, para la recuperación de energía, como medio de reciclaje; sin embargo, será limitado el porcentaje de residuos de plástico que pueden quemarse para la recuperación de energía como parte del 90% del reciclaje de plásticos previsto por la Comunidad Europea. Los materiales despolimerizados también pueden quemarse de la misma manera que la gasolina o los fuelóleos una vez que el material ha sido refinado del mismo modo que el petróleo bruto. La quema de fuelóleos es un método muy difundido de generación de energía, y, por tanto, no es necesario adaptar el equipo actual para recuperar energía de residuos de plástico despolimerizado. Además, los estudios piloto de pirolización indican que los aceites pesados pueden obtenerse rentablemente a partir de plásticos, por lo que este modo de recuperación de energía podría ser un método viable de reutilización de materiales (Randall y otros, 1992).

5.2. AUDITORIA, REDUCCION DE RESIDUOS Y CUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES SOBRE MEDIO AMBIENTE

En los Estados Unidos, la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos ha preparado un código de conducta titulado "Cuidado responsable". Este código esboza seis principios que cada empresa miembro ha prometido respetar; esos principios son:

- Concienciación de la comunidad y respuesta de emergencia
- Prevención de la contaminación
- Seguridad de los procesos
- Distribución
- Salud y seguridad de los trabajadores
- Administración del producto

Esta iniciativa ha permitido establecer directrices, no impuestas por el gobierno federal, que constituyen un código de conducta para todas las empresas miembros de la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos. En relación con dos facetas de ese código (prevención de la contaminación y seguridad de los procesos) se emplean auditorías como medio de identificar los puntos fuertes y los puntos débiles de cada planta transformadora o de preparación. Como cada una de esas facetas tiene diferentes necesidades de auditoría, se evaluará primero la prevención de la contaminación.

La prevención de la contaminación puede efectuarse para cumplir con la guía reguladora o la guía de la industria privada; sin embargo, la reducción o prevención de los residuos también puede tener como resultado una reducción de los gastos. El programa de prevención de la contaminación de la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos exige que las empresas hagan un inventario de los residuos descargados en todos los sectores del medio ambiente, recabar sugerencias de los trabajadores y del público con respecto a planes para una continua reducción, evaluar la reducción de residuos antes de considerar la posibilidad de establecer programas de reciclaje o de tratamiento, tener en cuenta los objetivos anteriores, en materia de investigación y desarrollo, para procesos nuevos o modificados, y establecer un programa que promueva el desarrollo y el mantenimiento de otros programas de prevención de la contaminación. Estudios realizados han puesto de manifiesto que, en la industria química, ese enfoque ha permitido reducir el volumen de residuos en cantidades que se sitúan en torno a los 10 millones de libras anuales. Además, en muchos casos, los gastos de capital para esos tipos de reducciones eran pequeños, consiguiéndose más economías porque, en algunos casos, el costo que entrañaba la reducción de los residuos se traducía en menores gastos de explotación (hasta un millón de dólares anuales) (Ember, 1992). Aunque este tipo de economías no se consigue invariablemente en todas las empresas, en algunas instalaciones industriales se está viendo que la prevención de la contaminación es beneficiosa para sus procesos.

También se atendió al aspecto de la seguridad de los procesos a fin de cumplir con la guía reguladora o con la guía de la industria privada. La meta de esta disciplina es impedir incendios, explosiones o descargas de material como resultado de un accidente. En la seguridad de los procesos se tiene en cuenta, y se supera, la meta consistente en proteger a los trabajadores y a la comunidad contra las descargas peligrosas. Dicha seguridad proporciona un instrumento de gestión para priorizar gasto de capital, minimizar los riesgos que entrañan los procesos manufactureros, el desarrollo de niveles de preparabilidad para impedir la escalada de un suceso, e inculcar a trabajadores, y a quienes hayan de intervenir en casos de emergencia, hábitos de seguridad en el trabajo, señalándoles a tal fin los posibles riesgos que presentan las instalaciones de que se trate. Las auditorías son

parte integrante de este proceso. Las cuestiones identificadas en las auditorías pueden proponerse a efectos de adopción de medidas correctoras e incorporarse a programas de mantenimiento ya previstos.

5.3. EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

No es posible predecir con exactitud los impactos que recibirá un determinado lugar si no se conocen los otros proyectos propuestos para la zona ni la intensidad de las tensiones directas e indirectas que impondrán a dicho lugar. Así, en una bahía, la vida marina puede que sea capaz de resistir el fuerte impacto de una terminal de buques petroleros o de una refinería de petróleo, pero no los impactos combinados de ambas. Para poder predecir con exactitud los impactos acumulativos, el análisis de impactos deberá poderse referir a algún plan para el futuro desarrollo de la región. A su vez, los planes suelen derivarse de una serie de políticas de desarrollo regional y de valores y metas nacionales. En lo tocante a los efectos combinados de las propuestas independientes formuladas para una región, la evaluación de impactos depende de la planificación regional. Para que la planificación sea de gran alcance y sistemática, deberá pasar del nivel de metas nacionales a consideraciones regionales y locales.

En la figura 5-1, se indica una posible secuencia para efectuar una evaluación de impactos. Siguiendo a Westman (1985), a continuación se hacen preguntas que pueden orientar la formulación de las fases de preimpacto de un estudio de impactos.

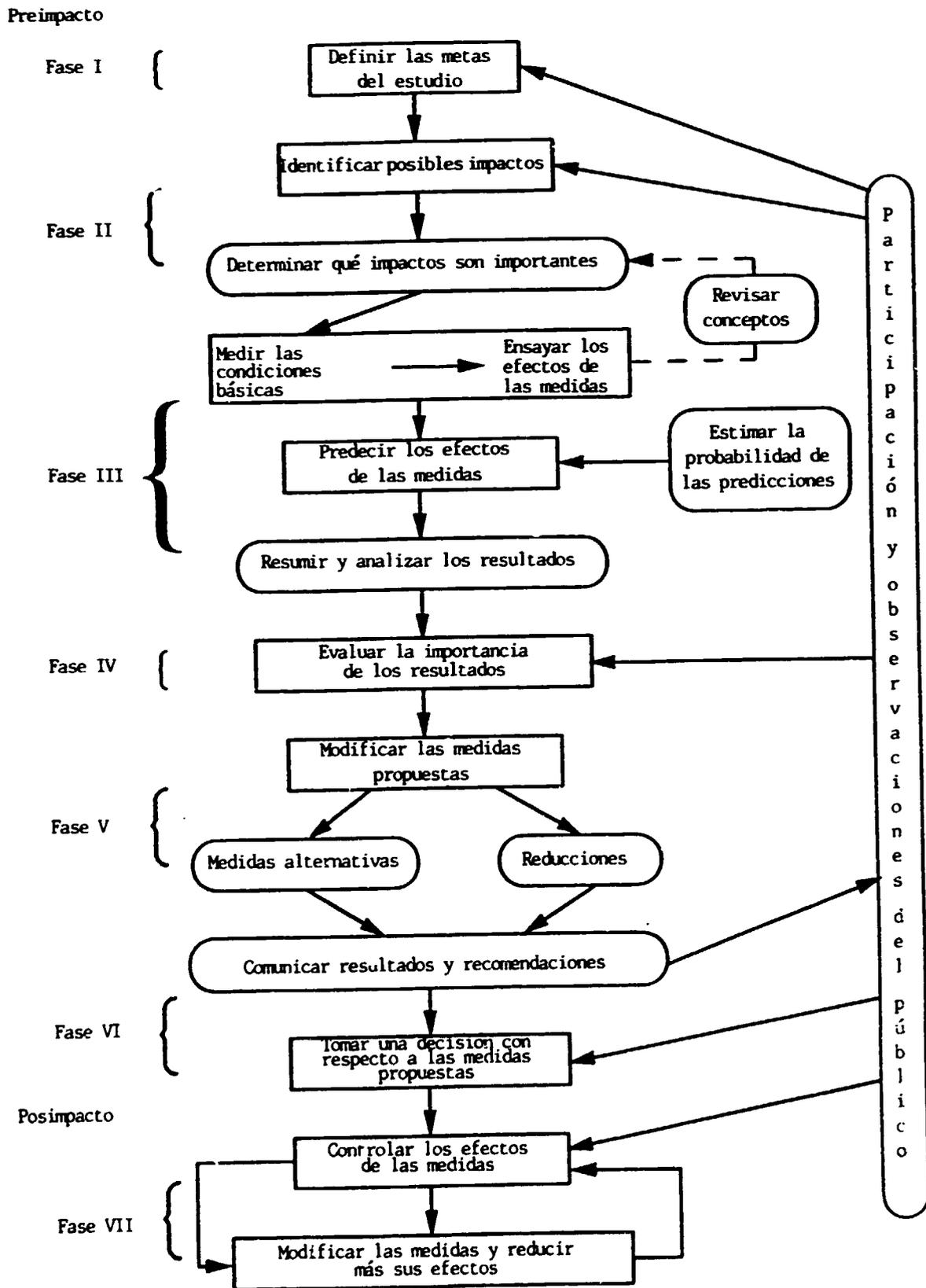
Fase I: Definición de las metas del estudio

1. Qué información se necesita, y con qué grado de exactitud, para:
 - a) Que el proponente minimice el impacto ambiental;
 - b) Que el organismo gubernamental adopte una decisión en cuanto a la aprobación del proyecto;
 - c) Que los grupos interesados sepan cómo se verán afectados.
2. Recursos necesarios para el estudio y recursos disponibles:
 - a) ¿Qué conocimientos especializados se precisan? ¿De qué conocimientos se dispone?
 - b) ¿Cuánto tiempo se necesita para los estudios de referencia y los estudios experimentales? ¿De cuánto tiempo se dispone hasta la iniciación del proyecto?
 - c) ¿Cuánto dinero se necesita para realizar los estudios propuestos? ¿De cuánto dinero se dispone?

Fase II: Identificación de posibles impactos

1. ¿Cuáles son los límites de los posibles impactos?
 - a) Zona afectada;
 - b) Organismos o funciones ecológicas afectados;

Figura 5-1 Fases de la evaluación de los impactos



- c) Duración del proyecto;
 - d) Intervalo antes de que se produzcan los efectos;
 - e) Duración de los efectos con y sin reducción;
2. ¿Cuál es la serie de posibles impactos?
- a) Principales medidas directas;
 - b) Principales componentes ecológicos (aire, agua, tierra, biota y estructuras) afectados;
 - c) Principales procesos ecológicos afectados;
 - d) Interacciones secundarias o de orden superior;
 - e) Efectos indirectos desencadenados en un tiempo futuro o en un lugar diferente;
 - f) Otras medidas (pasadas, presentes, o a adoptar en un futuro razonablemente previsible) que puedan añadirse a las medidas actuales y que causen efectos acumulativos.
3. ¿Qué posibles impactos son los más importantes? Indíquense los efectos que:
- a) Violarán las leyes, los planes o las políticas actuales;
 - b) Causarán efectos perjudiciales importantes en las cifras de población de las especies;
 - c) Originarán una perturbación importante de los procesos de los ecosistemas, afectando considerablemente a las especies;
 - d) Provocarán riesgos para la salud, pérdidas económicas o importantes perturbaciones sociales.

Fase III: Medición de las condiciones de referencia y predicción de impactos importantes

1. Condiciones de referencia: ¿Cuáles son, en la actualidad, las características importantes de los ecosistemas?
- a) ¿Cuál es la actual estructura de fluctuación de los tamaños de población en el caso de especies importantes (medida a lo largo de un tiempo suficiente para caracterizar la amplitud de la variación)?
 - b) ¿Qué especies están desempeñando un papel dominante o crítico en el mantenimiento de los procesos de los ecosistemas? ¿Cuál es su abundancia, distribución y comportamiento funcional?
 - c) ¿Cuál es el estado (calidad, cantidad y dinámica) de los recursos físicos de los ecosistemas?
 - d) ¿Cuáles son las principales vías de interacción entre los componentes ecológicos?

- e) ¿Qué fuentes de tensión de origen natural o humano existen ya (incendios, contaminación atmosférica, pastoreo, etc.)? ¿Con qué intensidad y periodicidad se producen esas tensiones?
2. Predicciones: ¿Cuáles serán los principales efectos de la medida propuesta? ¿Qué se sabe de cada una de las siguientes cuestiones?
- a) Estudios de casos: Extrapolación de efectos de casos análogos de perturbación a los mismos ecosistemas, o a ecosistemas análogos, de otros lugares;
 - b) Modelación: Predicciones de modelos conceptuales o cuantitativos de interacción de ecosistemas;
 - c) Estudios de bioensayos y microcosmos: Efectos de perturbaciones simuladas de los componentes de ecosistemas en condiciones controladas;
 - d) Estudios de perturbaciones sobre el terreno: Respuesta de una parte del área del proyecto propuesto a la perturbación experimental;
 - e) Consideraciones teóricas: Predicciones de los efectos de la teoría ecológica actual.
3. Estimación de la probabilidad:
- a) ¿Qué probabilidad hay de que tengan lugar los sucesos predichos?
 - b) ¿Con qué precisión pueden estimarse la magnitud y la probabilidad de los impactos?
4. Resumen y análisis de resultados:
- a) ¿Cómo pueden resumirse los resultados en forma de cuadros, gráficos, o índices, para que el resultado clave sea evidente?
 - b) ¿Cuál es la interpretación ecológica de los resultados?

Fase IV: Evaluación de la importancia de los resultados

1. ¿Cómo se distribuyen los efectos entre los grupos afectados?
- a) ¿Cuál es la naturaleza y la magnitud del impacto sobre cada grupo afectado?
 - b) ¿Qué valor se asignará a las preocupaciones de cada grupo?
 - c) ¿Qué valor asigna cada grupo al alcance y carácter de los efectos predichos?
2. ¿En qué medida permite la propuesta alcanzar las metas?
- a) ¿Cuáles son las metas del proponente?
 - b) ¿Cuáles son las metas y políticas gubernamentales?
 - c) ¿Cuáles son las metas de los grupos afectados?

3. ¿Cuál es la importancia social general de los efectos ecológicos predichos?
 - a) ¿Cómo pueden expresarse los efectos de modo que permitan una comparación útil con otros bienes, servicios y valores sociales?
 - b) Si se asignan valores monetarios a bienes y servicios que normalmente no tienen precio, ¿qué características se evalúan inadecuadamente por este procedimiento?

Fase V: Estudio de una alternativa a la medida propuesta

1. ¿Qué alternativas existen a la medida propuesta?
 - a) ¿Qué efectos tendría no proseguir el proyecto?
 - b) ¿Cuál sería el efecto de alcanzar las metas últimas del proyecto por medios enteramente distintos (por ejemplo, manteniendo el servicio eléctrico a una población creciente mediante la conservación de energía en lugar de construir una nueva central eléctrica)?
 - c) ¿Qué diseños alternativos permitirían alcanzar los objetivos del proyecto?
2. ¿Qué medidas podrían adoptarse para reducir los efectos ambientalmente perjudiciales del proyecto propuesto?
 - a) ¿Podrían reducirse o eliminarse partes de la propuesta?
 - b) ¿Podrían subsanarse los daños o sería posible una rehabilitación?
 - c) ¿Podrían establecerse, para reducir los daños, procedimientos de gestión actualmente utilizados?
 - d) ¿Podrían reemplazarse los componentes afectados o sería posible compensar a los propietarios?
 - e) ¿Podría modificarse el diseño del proyecto para reducir los efectos?
 - f) ¿Podrían controlarse los efectos, y preverse la futura reducción de los efectos del proyecto cuando se conozcan mejor la naturaleza y el alcance exactos de tales efectos?

5.4. ANALISIS DEL CICLO DE VIDA

El impacto ambiental de todas las fases de la actividad industrial, desde la adquisición de materias primas y la investigación y el desarrollo hasta la eliminación final de un producto y su envase, tiene efectos muy importantes en la calidad del aire y del agua y en la salud pública. Como resultado de ello, la industria, los grupos ecologistas y los gobiernos están intentando identificar medios sistemáticos de evaluación y minimización del impacto ambiental de los productos y procesos. Uno de los métodos sistemáticos más prometedores para identificar y evaluar las oportunidades de mejorar el comportamiento ecológico de la actividad industrial se denomina "análisis del ciclo de vida". El análisis del ciclo de vida proporciona un

marco analítico para investigar la serie completa de impactos ambientales (es decir, emisiones a la atmósfera, aguas residuales, residuos sólidos y peligrosos, recursos renovables, y utilización de la energía).

El análisis del ciclo de vida puede revelar soluciones a problemas de productividad que podrían no parecer obvias. Tres consideraciones principales que se tienen en cuenta al calcular un costo basado en el ciclo de vida son:

- Fabricación;
- Operaciones del propietario; y
- Eliminación final.

Los costos de fabricación comprenden los gastos necesarios para producir un aparato, o, en el caso de una comparación de costos, para fabricar varios aparatos equivalentes. Los costos de operación del propietario comprenden los gastos de funcionamiento para el usuario final (como la gasolina en el caso de un automóvil). Y los costos de eliminación final son los gastos que supone eliminar el objeto una vez acabada su vida útil. En este costo pueden estar incluidos los gastos que entraña el verter el residuo sólido en depresiones del terreno o el reciclaje de dicho residuos.

Un estudio de ciclo de vida permitió ver que, al calcular los costos del ciclo de vida total en el caso de la fabricación de paneles de carrocerías de automóviles, los plásticos eran un material de producción económico. La evaluación de este estudio puso de manifiesto que la cantidad de residuos resultantes de la fabricación de paneles para techar era inferior a la de material base de acero y aluminio, e incluso con el costo añadido del ciclo de vida total del vertido -en depresiones del terreno- de las partes de plástico de automóviles, la construcción en plástico representaba una alternativa muy razonable a las partes de las carrocerías de metales comunes.

Puede considerarse que el estudio del ciclo de vida abarca todos los aspectos organizativos de una operación, incluidas la gestión, el envasado, el transporte, la venta y la comercialización de materiales. Ese estudio puede organizarse y llevarse a cabo por una empresa a base de renglón por renglón, de productos o clase de productos, y por oficinas comerciales o en cada instalación.

Al concepto de "administración del producto" se refiere uno de los seis códigos de prácticas de gestión propugnados por la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos, organización integrada por 182 miembros y que representa los intereses de los fabricantes de productos químicos. El código de administración del producto pide a los fabricantes que asuman la responsabilidad de las consecuencias de los productos desde el punto de vista ambiental, sanitario y de la seguridad, a lo largo del ciclo de vida de esos productos, desde el diseño inicial de los mismos hasta su eliminación final. En la fase de diseño, los fabricantes deben considerar los efectos ambientales (comprendidos los aspectos de la contaminación y del costo de la energía) de ciertas materias primas. Las empresas también deben asumir la responsabilidad de los costos ambientales y humanos relacionados con la eliminación de productos. En su forma definitiva, el código de administración del producto contiene 12 prácticas de gestión:

- Liderazgo de gestión superior;
- Responsabilidad y evaluación de la actuación para aplicar, a todos los niveles de la empresa, el código de administración del producto;
- Asignaciones de recursos;
- Acopio y mantenimiento de información sobre los riesgos que entraña cada producto para la salud, la seguridad y el medio ambiente;
- Caracterización del riesgo del producto;
- Establecimiento de sistemas de gestión de riesgos;
- Sistemas para el diseño y mejora de productos y procesos;
- Formación de trabajadores y retroinformación (retroalimentación) sobre la utilización del producto;
- Selección, formación y evaluación de fabricantes subcontratados;
- Establecimiento de requisitos para los proveedores;
- Selección, formación y evaluación de distribuidores; y
- Obligaciones hacia los clientes y otros receptores directos de productos, así como obligaciones de los clientes para con los proveedores.

El Sr. Bill Haaf, gerente de cuestiones ambientales para asuntos ambientales de las empresas, de E.I. du Pont de Nemours and Company, Inc., Wilmington, Delaware (EE.UU.), ofrece un ejemplo del concepto de ciclo de vida. Para poder hacer un análisis del ciclo de vida de un producto como, por ejemplo, el nailon, es preciso retroceder hasta las materias primas petroquímicas y de carbón y preguntarse: "¿cuánto de ello utilicé para obtener del suelo la materia prima?". Luego, en la planta propiamente dicha, las cuestiones que han de formularse son: "¿cuánta energía se requiere para la fabricación de butadieno y otros componentes de la producción de nailon? ¿cuáles son las emisiones a la atmósfera? ¿cuáles son las emisiones descargadas en las aguas? ¿cuáles son los residuos sólidos?".

Una vez trasladados los productos al lugar en que se fabrica el nailon, Du Pont debe preguntarse "¿cuáles son las emisiones a la atmósfera? ¿cuáles son las emisiones descargadas en las aguas? ¿qué utilización se hace de la energía?" Después, el nailon pasa a poder de alguien que lo utiliza para hacer alfombras, y que a su vez deberá preguntarse "¿cuáles son las emisiones a la atmósfera? ¿cuáles son las emisiones descargadas en las aguas?".

El negarse a vender un producto entra en la lógica de la "administración del producto". Aunque hoy día sea cosa rara, ello podría ocurrir si un fabricante considerase que un determinado cliente pudiera utilizar el producto de una manera peligrosa. Sin embargo, el vendedor no siempre sabe muy bien cómo va a manipularse el producto.

Un problema potencialmente más conflictivo que se plantea con la "administración del producto" es si la responsabilidad colectiva aumenta cuando otros, durante el ciclo de vida del producto, no practican una gestión o eliminación del mismo, en condiciones de seguridad.

El principal centro de investigación y desarrollo de plásticos de los Países Bajos es el TNO Plastics and Rubber Institute de Delft, en el que trabajan unos 150 empleados. El departamento de medio ambiente de esa organización tiene gran experiencia en la preparación de análisis del ciclo de vida, y 5 ó 6 personas se dedican a tales estudios. El TNO participa en varios proyectos de tecnología del reciclaje. En uno de estos proyectos se está tratando de eliminar la fase de regranulación del proceso de reciclaje, a fin de que éste resulte más rentable. La idea es integrar la fase de homogenización y extrusión del proceso de reciclaje en la de transformación del plástico en un producto semiacabado o acabado. (Dutch Research Institute, 1993.)

5.5. GESTION DE RIESGOS

La gestión de riesgos puede efectuarse en todas las industrias petroquímicas de productos derivados, tanto por la dirección como por los trabajadores y a nivel de toda la planta. La gestión de riesgos puede reportar varios beneficios, como:

- Explotación en condiciones de seguridad dentro de la planta, y minimización de accidentes;
- Minimización, mediante la planificación, de descargas accidentales de contaminantes al medio ambiente.

La dirección puede evitar malas adquisiciones o compras evaluando los riesgos de una instalación antes de invertir capital o de hacer correr a algún trabajador riesgos injustificados.

5.6. PLANIFICACION DEL USO DE LA TIERRA

La planificación del uso de la tierra desempeña un papel importante para la industria por cuanto permite saber cómo utilizar mejor los bienes de la empresa y dónde ampliar las operaciones o conservar recursos naturales. Las operaciones comunes a las instalaciones de las industrias petroquímicas de productos derivados que requieren una especial atención a la planificación del uso de la tierra comprenden lo siguiente:

- Vertederos controlados - Deberán estar revestidos y ubicados por encima del nivel freático, y de modo que sus emanaciones vayan a la atmósfera o a una antorcha;
- Estanques de almacenamiento - Deberán estar revestidos y ubicados por encima del nivel freático, debiendo restringirse el acceso a los mismos;
- Patios de tanques - Sumideros, de capacidad adecuada, deberán rodear cada tanque, o grupo de tanques, que almacenen materiales compatibles;

- Tratamiento de aguas residuales - Estas aguas deberán tratarse adecuadamente para que puedan pasar a la masa de aguas receptoras, y la aplicación de fangos cloacales a las tierras sólo deberá efectuarse tras un amplio análisis de dichos fangos.

6.0. REFERENCIAS

- Bishop, Jim. Product Stewardship: The Chemical Industry Defines, Accepts Responsibility for its Wares. HAZMAT World, julio de 1992, págs. 41 a 51.
- Dinger, Peter. Recycling Technology Update. Bottle Reclaim Systems. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 47 a 49.
- Dutch Research Institute Changes with the Times. European Plastics News, febrero de 1993, pág. 35.
- Eller, Robert. Plastics Solid-Wastes Advisory, Japanese Update. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 40 a 43.
- Elsherif, M. Staff Report, Proposed Rule 1162 - Polyester Resin Operations. South Coast Air Quality Management District, Rule Development Division, El Monte, California, 23 de enero de 1987.
- Ember, Louis R. Chemical Makers Pin Hopes on Responsible Care to Improve Image. C & EN, 5 de octubre de 1992, págs. 13 a 39.
- Graff, Gordon. Chemicals and Additives. Urethane Catalysts. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 69 y 70.
- Graff, Gordon. Chemicals and Additives. UV Stabilizers. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 77 a 79.
- Graff, Gordon. Chemicals and Additives. Organic Peroxide. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 79 a 81.
- Graff, Gordon. Chemicals and Additives. Antistats. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 81 a 83.
- Hofmann, Werner. Rubber Technology Handbook, Oxford University Press, Nueva York, 1989.
- Holman, Curt. Cement Kilns May Provide Future of Scrap Tire Recycling. Elastomerics, agosto de 1992, pág. 4.
- Larsen, L.M., Industrial Printing Inks, Nueva York, Reinhold Publishing Company, 1962.
- Leaversuch, Robert D. Chemicals and Additives. Blowing Agents. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 59 y 60.
- Leaversuch, Robert D. Chemicals and Additives. Antioxidants. Modern Plastics, septiembre de 1992, pág. 88.
- Leaversuch, Robert D. Chemicals and Additives. Additive Lubricants. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 90 a 92.
- Lennert, Dave. Recycling Technology Update. Toxicity Reduction. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 63 y 64.
- Lindsay, Karen F. Chemicals and Additives. External Mold Release. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 92 a 97.

Lindsay, Karen F. Chemicals and Additives, Antimicrobials. Modern Plastics, septiembre de 1992, pág. 97.

Lindsay, Karen F. Chemicals and Additives, Miscellaneous. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 99 a 101.

Lowman, Rodney W. Plastics Solid-Wastes Advisory, North American Update. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 33 a 36.

Maack, Horst. Plastics Solid-Wastes Advisory, Western European Update. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 36 a 40.

Moore, John W. Recycling Technology Update, Degradable Plastics. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 58 a 63.

Moore, Miles. Environment and Rubber: SR Producers See Challenge, Chances. Rubber and Plastics News, 27 de mayo de 1991, pág. 6.

Noga, Edward. Wanted - More Breakthroughs. Rubber and Plastics News, 27 de mayo de 1991, pág. 6.

Pavia, Michael. Chemicals and Additives, Property Modifiers. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 84 a 88.

Pavia, Michael. Chemicals and Additives, Heat Stabilizers. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 61 a 63.

Pavia, Michael. Chemicals and Additives, Plasticizers. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 70 a 72.

Plastics Processing Data Handbook, Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1990.

Pollock, Charli. Recycling Technology Update, Film Reclaim Systems. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 50 y 51.

Randall, J.C. Recycling Technology Update, Chemical Recycling. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 54 a 58.

Rattray, Tom. Recycling Technology Update, Source Reduction. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 65 y 66.

Rogers, Jack K. Chemicals and Additives, Colorants. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 58 y 59.

Rogers, Jack K. Chemicals and Additives, Flame Retardants. Modern Plastics, septiembre de 1992, págs. 63 a 68.

Rubber Counts the Cost of Environmental Protection. PRW News, 7 de marzo de 1992, pág. 3.

Shreve, R.N., Chemical Process Industries, 3rd Ed., New York, McGraw Hill Book Co., 1967.

Thayer, Ann M. Pollution Reduction. C & EN, 16 de noviembre de 1992, págs. 22 a 52.

TNO Plastics and Rubber Institute

Teléfono: 31 15 69 66 21

Telefax: 31 15 56 63 08

Tomaszek, Tom. Recycling Technology Update. Automated Separation and Sort. Modern Plastics, mediados de diciembre de 1992, págs. 51 a 54.

Tullys, Julie. Firms Stress Less Waste. Rubber and Plastics News, 11 de mayo de 1992, pág. 15.

United States Environmental Protection Agency. AP-42.

United States Environmental Protection Agency - Pollution Prevention Programs.
Teléfono: 202-544-1404.

Westman, Walter E. Ecology, Impact Assessment, and Environmental Planning, John Wiley & Sons, Nueva York, 1985.

White, Liz. Heavy Load on Rubber Industry. European Rubber Journal, 1992, págs. 14 y 15.

White, Liz. Moulders Feel the Squeeze. European Rubber Journal, diciembre de 1992, págs. 20 a 23.