



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

TÍTULO

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUIMICO

PRESENTA

ANSELMO DE LA FUENTE LÓPEZ



MÉXICO, D.F.

AÑO 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: ELVIRA SANTOS SANTOS

VOCAL: Profesor: BENJAMIN RUIZ LOYOLA

SECRETARIO: Profesor: EDUARDO G. MARAMBIO DENNETT

1er. SUPLENTE: Profesor: MARGARITA ROSA GARFIAS VAZQUEZ

2° SUPLENTE: Profesor: MARTIN ADRES IGLESIAS ARTEAGA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

DEPARTAMENTO DE QUIMICA ESPERIMENTAL
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE QUIMICA
BIBLIOTECA DE POSGRADO DE LA FAC. DE QUIMICA
BIBLIOTECA DEL INSTITUTO DE QUIMICA

ASESOR DEL TEMA: BENJAMIN RUIZ LOYOLA

SUSTENTANTE: ANSELMO DE LA FUENTE LOPEZ

AGRADECIMIENTOS...

...A la memoria de mi padre,
que donde quiera que se encuentre
siempre estará cerca de nosotros.

...A la memoria de Argelina
Que gracias a su tenacidad
Lorena y yo seguimos adelante.

...A la memoria de Lucy quien
Siempre me apoyo con su esfuerzo
A la superación constante

...A mis queridos hermanos,
Esperanza, Laura, Mario, Alejandro y
Fortunato que en las buenas y
En las malas siempre
han estado a mi lado.

...A mi querida madre y a Don Fortunato
Por su gran apoyo a toda la familia.

...A los profesores: Dra. Elvira Santos,
Q. Benjamin Ruiz y MC. Eduardo G. Marambio D.
Por su apoyo y colaboración para la elaboración de
Esta tesis.

CONTENIDO

INTRODUCCION	6
1. GENERACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS	
1.1 Definición de los generadores de residuos peligrosos	6
1.2 Perspectiva Industrial sobre los residuos peligrosos	11
1.3 Características	17
1.4 Ciclo de residuos	24
2. SISTEMA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	
2.1 Antecedentes	25
2.1.1. Niveles de seguridad en el manejo de los residuos peligrosos	26
2.2 Manejo de los residuos y su nivel de riesgo	53
2.3 Situación actual de manejo de residuos peligrosos en México	53
2.3.1. San Luis Potosí	53
2.3.2. Cd, Sahagún Hidalgo	54
2.3.3. Mexicali, B.C.N	54
2.4. Alternativas para la destrucción de BPC`S	54
2.4.1. Bifenilos poli clorados	54
2.5. Gestión de los residuos tóxicos y peligrosos	67
2.6. Manejo de los residuos peligrosos a nivel mundial	68
2.7. Información de las sustancias peligrosas	71
2.8. Resumen	72
3. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS	
3.1. Tecnología en el tratamiento de los residuos peligrosos	73
3.1.1 Caracterización	73
3.1.2 Pre tratamiento de los residuos	73
3.1.3 Selección de proceso de pre tratamiento	75
3.2. La recuperación de los residuos en la Industria	79
3.3 El tratamiento de los residuos	80
3.3.1 Tratamientos físicos	80
3.3.2. Tratamiento químicos	80
3.3.3. Tratamientos biológicos	82
3.4 Tecnología de la eliminación de los residuos	82
3.4.1. La incineración	83
3.4.2. Tecnología de la incineración	84
3.4.3. Perspectivas de la incineración	85
3.4.4. Incineración marina	85
3.4.5 Tratamiento térmico	86

4.	DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS	
4.1	Generalidades	88
4.2	Legislación Mexicana	88
4.2.1	Objetivo y ámbito de aplicación de la ley	88
4.2.2.	La importación de residuos al territorio nacional	91
4.3.	Tecnologías para la disposición final de los residuos peligrosos	93
4.3.1.	Confinamientos en cementerios industriales	93
4.3.2.	Riesgos asociados a los vertederos	95
4.3.3.	Lixiviados su generación y tratamientos	95
4.3.4.	Tratamientos	98
4.3.5.	Recuperación y reciclaje	99
4.4.	Inyección de pozos profundos	99
4.5.	Vertido marino	100
4.6.	Estabilización de solidificación de residuos peligrosos	100
4.6.1.	Técnicas de estabilización	101
4.6.2.	Técnicas de solidificación	101
4.6.3.	Métodos Físicos	102
4.6.4.	Métodos químicos	102
4.6.5.	Métodos Inorgánicos	103
4.6.6.	Procesos con cal y cenizas	103
4.6.7.	Procesos con cemento portland	103
4.6.8.	Vitrificación	104
4.6.9.	Encapsulación	104
4.6.9.1.	Métodos orgánicos	104
4.7	Procesos industriales de solidificación	106
4.7.1.	Chemfix	106
4.7.2.	Soliroc	106
4.7.3.	Petrifix	107
4.7.4.	Sistema IUCS	107
4.7.5.	Proceso SEALOSAFE-STABLEX	107
5.	CONCLUSIONES	108
6.	BIBLIOGRAFIA.	110

INTRODUCCION

El desarrollo industrial en México ha generado la necesidad de realizar una adecuada planeación de los centros urbanos para que sea posible la convivencia entre la población y las instalaciones industriales, de aquí la importancia que tiene la regulación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas, en virtud de la gran cantidad de sustancias químicas existentes, con propiedades intrínsecas de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, etc., las cuales se generan, almacenan, transportan o consumen en las actividades comerciales, industriales y de servicios, ya sea como materia prima, productos, subproductos o residuos.

Sobre el particular cabe señalar la política oficial del gobierno en materia de riesgo ambiental, la cual está implementando un método de evaluación de riesgos industriales con la finalidad de que las autoridades de los tres niveles de gobierno (Ejecutivo, Federal y Judicial, cuenten con las herramientas necesarias para atender las tareas a ellos encomendadas.

Con relación a las autoridades locales es necesario que tengan conocimiento de los aspectos considerados en dicho método, los cuales son: la definición y la clasificación de los accidentes ambientales, los criterios de peligrosidad de las instalaciones industriales, el análisis de los usos antagónicos del suelo y los criterios de planeación y abatimiento de riesgo.

El método fue concebido como herramienta de planeación que puede ser utilizada desde la fase de selección del sitio para el emplazamiento, hasta la operación de las instalaciones industriales, comerciales o de servicios.

El contenido del método muestra de manera sencilla los avances tecnológicos para la determinación de zonas de riesgo, así como los criterios para dichas evaluaciones en donde de manera clara y en forma de ejemplos se describen todos ellos. El rápido desarrollo de las tecnologías y de nuevos productos industriales, propios de nuestros días, provoca el incremento de la generación de residuos peligrosos de todo tipo. Si los materiales no son correctamente manejados, pueden convertirse en una seria amenaza para la vida del planeta.

El propósito de este trabajo es proveer de información a la industria pública y privada que genera residuos peligrosos, acerca de las responsabilidades para manejar estos residuos.

Este trabajo ayudara a:

- Comprender el porqué no debemos generar residuos peligrosos.
- Saber que los residuos están regulados bajo normas establecidas.
- Saber que debemos hacer para cumplir con las normas establecidas por el estado.
- Cómo manejar los residuos generados para la disposición final.

- Cómo manifestar el manejo de residuos transportados ante las autoridades.
- Cómo disponer de los residuos propiamente.

Este trabajo servirá como auxiliar, ayudando a los generadores de residuos al adecuado manejo de los mismos.

Este trabajo no intenta reemplazar normas o liberar de obligaciones a los generadores de residuos.

Capítulo 1 GENERACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

1.1 Definición de los generadores de residuos peligrosos

Para efectos de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se entiende como generador a la:

“Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo”

Categorías de los generadores, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos considerados:

- **Grandes generadores**
- **Pequeños generadores**
- **Micro generadores**

Definición del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de acuerdo a la categoría de los generadores de residuos peligrosos

Para efectos del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se entiende por:

Gran generador: el que realiza una actividad que genere una cantidad igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de todo tipo de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

Pequeño generador: el que realice una actividad que genere una cantidad mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de todo tipo de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

Micro generador: el establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de todo tipo de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

Obligaciones de los generadores de residuos peligrosos que señala la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento de acuerdo a su categoría de generación.

Todo generador de residuos peligrosos tiene la obligación de notificar a la Secretaria su actividad generadora, identificar, clasificar y manejar estos de acuerdo a la Ley, al Reglamento y a la Normatividad respectiva, de acuerdo a la categoría que le corresponda.

OBLIGACIONES DE GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS DE ACUERDO A SU CATEGORIA			
Categoría	Gran generador	Pequeño generador	Microgenerador
Cantidad de generación	A partir de 10 Ton	Más de 400 kg a menos de 10 Ton	Hasta 400 kg
Registro ante la SEMARNAT	SI	SI	SI
Presentar a consideración plan de manejo	SI	-----	-----
Contar con bitácora de movimientos	SI	SI	-----
Presentar informe anual (COA)	SI	-----	-----
Contar con seguro ambiental	SI	-----	-----
Sujetar sus residuos a un plan de manejo	-----	SI	SI
Registro ante autoridades Estatales o Municipales (Cuando existan convenios de descentralización)	-----	-----	SI
Llevar sus residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados	-----	-----	SI
Contratar el servicio con empresas autorizadas	SI	SI	SI

Obligaciones de los generadores de residuos peligrosos que señala el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

1. Registrarse ante la Secretaría.
2. Autodeterminar la categoría a la que pertenece de acuerdo a la cantidad de generación de residuos peligrosos.
3. Actualizar la información relativa a los datos de identificación personal y del lugar donde generan los residuos peligrosos.
4. Establecer a través de la SEMARNAT para los grandes generadores de residuos peligrosos el plan de manejo correspondiente.
5. Avisar a la SEMARNAT los motivos por los cuales dejen de generar residuos peligrosos.
6. Avisar a la SEMARNAT el cierre de las instalaciones
7. Llevar las bitácoras de los movimientos de los residuos peligrosos. Sólo grandes y pequeños generadores.
8. Presentar ante la SEMARNAT la Cédula de Operación Anual (COA) durante el primer cuatrimestre de cada año de acuerdo al formato para el cual se encuentre vigente. Sólo grandes generadores.

Los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos deberán:

- I. Identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen;
- II. Manejar separadamente los residuos peligrosos (incompatibles) o residuos peligrosos aprovechables;
- III. Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico.
- IV. Marcar o etiquetar los envases que contienen residuos peligrosos;

V. Almacenar adecuadamente, conforme a su categoría de generación;

VI. Transportar los residuos peligrosos en vehículos y unidades autorizadas por la SEMARNAT.

VII. Llevar a cabo el manejo integral correspondiente a los residuos peligrosos generados.

VIII. Elaborar y presentar ante la SEMARNAT los avisos de cierre de sus Instalaciones.

IX. Las demás previstas en este Reglamento y en otras disposiciones aplicables.

Lo anterior de acuerdo a lo establecido en los Artículos 43, 44, 45, 46, 47, 68, 71 y 72 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Generación estimada de residuos peligrosos reportada por las empresas generadoras que se han dado de alta ante la Secretaría

La generación estimada de residuos peligrosos reportada del año 2004 a diciembre de 2007 por los generadores mediante los Trámites SEMARNAT-07-004-A. Aviso de inscripción como empresa generadora de residuos peligrosos y SEMARNAT-07-017 Registro como generador de residuos peligrosos, fue la siguiente:

DELEGACION FEDERAL DE LA SEMARNAT	GENERACION ESTIMADA DE RESIDUOS PELIGROSOS 2004-2007 (TON)	DELEGACION FEDERAL DE LA SEMARNAT	GENERACION ESTIMADA DE RESIDUOS PELIGROSOS 2004-2007(TON)
Aguascalientes	17,395.482	Nayarit	288.854
Baja California Norte	285,758.077	Nuevo León	1,185,494.660
Baja California Sur	26,352.392	Oaxaca	758.979
Campeche	286,217.042	Puebla	472,943.607
Chiapas	20,765.501	Queretaro	5,604.540
Chihuahua	997,983.154	Quintana Roo	12,511.658
Coahuila	295,114.154	Sinaloa	29,404.987
Colima	295,114.600	San Luis Potosí	5,934.182
Durango	3,049.856	Sonora	10,806.322
Estado de Mexico	9,697.559	Tabasco	187,276.375
Guanajuato	40,375.063	Tamaulipas	36,462.876
Guerrero	1,722.653	Tlaxcala	52,870.103
Hidalgo	37,236.659	Veracruz	16,878.516
Jalisco	88,403.916	Yucatan	9,882.156
Michoacan	5,051.546	Zacatecas	2,663,735.420
Morelos	2,783.627		
GENERACION TOTAL ESTIMADA DE RESIDUOS PELIGROSOS DE ENERO 2004 A DIC 2010			7,103,874.51489 TON

Establecimientos que se considera generan residuos biológico-infecciosos

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Para la Protección ambiental - Salud ambiental-

Clasificación de los establecimientos generadores de residuos peligrosos biológicos infecciosos

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
Unidades hospitalarias de 1 a 5 camas e instituciones de investigación con excepción de los señalados en el Nivel III.	Unidades hospitalarias de 6 hasta 60 camas;	Unidades hospitalarias de más de 60 camas;
Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis de 1 a 50 muestras al día.	Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis de 51 a 200 muestras al día;	Centros de producción e investigación experimental en enfermedades infecciosas;
Unidades hospitalarias psiquiátricas.	Bioterios que se dediquen a la investigación con agentes biológico-infecciosos, o	Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis a más de 200 muestras al día, o
Centros de toma de muestras para análisis clínicos.	Establecimientos que generen de 25 a 100 kilogramos al mes de RPBI.	Establecimientos que generen más de 100 kilogramos al mes de RPBI.
Establecimientos que generen menos de 25 kilogramos al mes de RPBI.		

Trámites se realizan ante la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas

Los trámites que aplica la DGGIMAR para la gestión del registro de generación de residuos peligrosos son los que a continuación se indican:

Homoclave COFEMER	Trámite
SEMARNAT-07-017-A	Registro como generador de residuos peligrosos.
SEMARNAT-07-017-B	Registro para autodeterminar la categoría de generación de residuos peligrosos.
SEMARNAT-07-031-B	Modificación al registro de generación por cambio de categoría.
SEMARNAT-07-031-C	Modificación al registro de generadores por actualización.

1.2 Perspectiva Industrial sobre los residuos peligrosos.

Comenzar un artículo sobre manejo de residuos peligrosos sabiendo que estos son generados en la producción de bienes y servicios puede parecer trivial. En una sociedad industrializada que depende virtualmente de una tecnología en constante avance, esta misma tecnología a menudo da como resultado la generación de residuos, si no

cuantitativa, si cualitativamente mas complejos. Es más irónico que estos residuos puedan representar peligros altamente alarmantes. Al igual que la sociedad de los problemas asociados con la generación y eliminación de residuos. De manera similar, las obligaciones y responsabilidades, de aquellos implicados en algún aspecto del manejo de residuos peligrosos desde su generación hasta su eliminación final, también crece. (2)

En realidad, las perspectiva a largo plazo se vuelve aún más complicada y la necesidad de un manejo de residuos peligrosos se acentúa al irse haciendo realidades las tendencias geográficas y de la densidad de población están directamente relacionadas con los problemas de la eliminación final de los residuos peligrosos, mientras que, desde el punto de vista de la generación de éstos, es bastante obvio que las naciones económicamente más avanzadas e “industrializadas” de hoy en día, están pasando rápidamente de la producción de “bienes” a la de “servicios”. Junto con esta evolución, está el desplazamiento de la industrialización y producción de bienes, hacia las naciones en desarrollo del mundo.

Al cambiar los centros de producción, obviamente cambian de lugar también las fuentes primarias de generación de residuos peligrosos y con ellas, los problemas y la necesidad de un manejo efectivo de estos. Esta es una situación irónica, puesto que tanto desde el punto de vista geográfico como del desarrollo técnico y económico, los nuevos centros de industrialización pueden estar menos preparados para enfrentar los serios problemas de manejo de desechos que se le presentarán.

Aún con esta perspectiva a largo plazo, es indudable que las actuales naciones industrializadas del mundo son las que generan la mayor parte de los residuos peligrosos y por consiguiente necesitan responsabilizarse de su tratamiento adecuado o eliminación. Es esencial que el “problema” de los residuos peligrosos sea enfrentado y es ciertamente algo que está recibiendo atención a nivel mundial. Desde el punto de vista de presencia, reconocimiento y remedios efectivos, así como de acciones preventivas, es justo decir que tal vez no represente la más alta prioridad en la agenda de las preocupaciones ambientales de la industria, pero si se encuentra entre las más importantes. (3)

Existen dos requerimientos básicos que son centrales para cualquier enfoque eficaz.

- a) la necesidad de identificar los residuos peligrosos de acuerdo a criterios aceptables.
- b) La necesidad de controlarlos, en el sentido no sólo del uso de tratamientos de eliminación apropiados, sino también visto más ampliamente, de la reducción en la generación de desechos peligrosos y en aquellos casos en que pueda realizarse la eliminación de su producción. (5)

Definición de residuo peligroso

Son todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico infecciosas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o al medio ambiente

Es importante mencionar que no existe por ahora una delimitación precisa entre los contaminantes emitidos al ambiente por la industria y los residuos peligrosos de la misma, como tampoco hay una demarcación clara entre lo que es un producto peligroso y un

residuo peligroso. A pesar de ello, ha sido preciso proponer definiciones y criterios para establecer la magnitud de cada uno de esos problemas y desarrollar medidas particulares para su control y solución. (6)

Es así que se ha definido como residuo a todo aquello cuyo propietario no considera utilizable y que, en ocasiones, almacena, esperando obtener de él un beneficio económico futuro, o bien que elimina o intenta eliminar de una manera eficiente. Por otro lado, los residuos industriales peligrosos, comprenden los residuos aislados mezclados o en solución, sólidos, líquidos o en forma de lodos que son generados como subproductos de un proceso, así como los residuos resultantes de operaciones unitarias, o de la limpieza de maquinarias e instalaciones, y que por sus características fisicoquímicas y toxicológicas representan un peligro para la vida humana, la salud, los ecosistemas o la propiedad.

En algunos casos podrían también convertirse en residuos las materias primas que caducan o se deterioran durante su almacenamiento, y las que dejan de usarse, así como los productos rechazados por los consumidores, o que se deterioran durante su transporte o almacenamiento.

Lo anterior permite hacer notar que no sólo se generan residuos peligrosos dentro de la industria, sino que también surgen de las actividades de extracción y producción de materias primas de comercialización y transporte, o bien de derivados de la actividad que se lleva a cabo en las iniciativas pública y privada o dentro del hogar. (7)

Etapas dentro de un proceso industrial en las que pueden generarse residuos peligrosos	
Etapas	Caducidad
Materia Prima	Deterioro durante su almacenamiento por no utilizarse
Procesos de Producción	Subproductos de reacción, residuos resultantes de operaciones unitarias (destilación, filtración, evaporización, productos rechazados).
Productos finales	Deterioro durante su transporte o almacenamiento por no haberse vendido.

Por el momento no se ha llegado a un acuerdo internacional para uniformar la definición y clasificación de los residuos industriales peligrosos por lo que en el inventario de los mismos enfrentan numerosos problemas.

En varios países se ha legislado para controlar conjuntamente los residuos industriales peligrosos y los aceites usados o gastados. Los aceites en general y en especial los aceites minerales, tiene diversas aplicaciones como lubricantes aislantes dieléctricos, en

vehículos automotores, en diversas ramas industriales, especialmente en la metalúrgica y en plantas generadoras de energía. Los residuos pueden ser emulsiones o contener agua, en diversas proporciones. El grado y la naturaleza de los contaminantes presentes en los residuos aceitosos dependen del uso que tuvo el aceite. Por ejemplo: los aceites de corte contienen menos de 10% de aceite disperso en agua, además de sustancias emulsificantes, como biocidos (compuestos fenólicos), rebabas metálicas y aditivos especiales; los residuos provenientes de aceites lubricantes de motores contienen principalmente aceite mineral, con un bajo porcentaje de agua, aditivos, combustibles no quemados, partículas de carbón y óxidos metálicos. (8)

Vigilancia y control

La tarea principal en cada sistema de eliminación de residuos es y continuará siendo asegurar que los residuos peligrosos sean dirigidos hacia la ruta de eliminación correcta, del generador de residuos al transportista y de éste hacia una instalación de eliminación donde el residuo será adecuadamente tratado. La vigilancia de este traslado de residuos es tal vez el elemento más difícil de manejar en la totalidad del sistema de control de eliminación, tanto en lo referente a la mano de obra disponible para hacerlo de modo eficiente, como al sin número de revisiones individuales que deben llevarse a cabo.

Los reglamentos existentes deben permitir el control minucioso de los residuos a partir de su fuente y hasta su eliminación en base a un sistema de guía por viaje. (9)

Las empresas deben notificar a las autoridades competentes el tipo, condición y cantidad de residuos generados en sus plantas, así como las variaciones y modificaciones importantes en su producción. Los proveedores de residuos que no pueden ser eliminados conjuntamente con los domésticos (residuos peligrosos en particular) pueden ser obligados por la autoridad responsable a informar sobre el tipo, cantidad y método de eliminación de sus desechos. Además, se les puede requerir llevar registros y archivar documentos de referencia. La autoridad puede entonces examinar los libros y documentos. Este procedimiento se aplica automáticamente con los "residuos especiales", bajo el orden estatutario anteriormente mencionado.

El sistema de documentos de traslado (Sistema de guía por viaje) permite a las autoridades competentes el seguimiento del trayecto de los residuos notificables, desde su fuente hasta su eliminación final. Copias de los formularios de notificación entran en los archivos de las autoridades como certificados de un ordenado transporte y eliminación de los residuos.

Existe una cantidad importante de comercio de residuos peligrosos entre algunos países altamente industrializados de Europa, por ejemplo, exportando a países, que han instalado facilidades apropiadas para el tratamiento eliminación e algunos tipos particulares de residuos peligrosos. (4)

Existe la preocupación de que esta práctica podría extenderse hacia los países en desarrollo que no poseen datos facilidades ni la mano de obra calificada para supervisar cuidadosamente y controlar la adecuada eliminación de los desechos que le son exportados.

Debe darse un fuerte apoyo a la política integrada “desde su fuente hasta su confinamiento final” para el manejo de los residuos peligrosos que tendrá que incluir los marcos de trabajo institucionales necesarios, no sólo para imponer estrictamente los reglamentos promulgados, si no también para proporcionar diferentes estímulos e incentivos a la industria para el uso de procesos que produzcan menores cantidades de residuos peligrosos.

Los residuos industriales, según su estado físico, con que se presentan, son tratados de forma distinta como son:

- RESIDUOS GASEOSOS
- RESIDUOS LÍQUIDOS
- RESIDUOS SÓLIDOS

De estas tres categorías de residuos industriales centraremos nuestra atención en los dos últimos, no porque sean los más preocupantes sino porque presentan una mayor diversidad de problemas y, por ende, de posibles soluciones.

No todos los residuos industriales sólidos poseen la misma incidencia sobre el medio ambiente, por lo que pueden ser clasificados de la siguiente forma:

RESIDUOS ASIMILABLES A RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: Son los producidos en la industria, en lugares tales como oficinas, comedores, embalajes, etc., etc. Estos residuos pueden ser gestionados por la ley sobre desechos y residuos sólidos urbanos.

RESIDUOS ESPECIALES: Se presentan en forma sólida, líquida y semilíquida y constituyen el resto generados por la industria y que no pueden ser eliminados en vertederos o colectores urbanos y debe ser, por lo tanto, objeto de tratamientos especiales.

RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS: Se trata de aquella parte de los residuos especiales que presentan ciertas características de toxicidad y peligrosidad; estos residuos serán los que alteran nuestra atención, principalmente durante el resto de la investigación.

Hasta cierto punto, la cuestión-generación/tratamiento/manejo de residuos peligrosos ha sido simplificado debido a la tendencia a considerar los orígenes de los desechos como limitados a fuentes industriales. Esta tendencia no sólo subestima la realidad de la situación, haciendo caso omiso de fuentes tan diversas como la municipal la cual a su vez es responsable del vertido de desechos peligrosos derivados de la industria. (2)

A continuación presentamos fuentes de residuos peligrosos industriales (5),

- Procesamiento de Productos de Madera
- Curtidurías y Acabados de Cuero
- Fabricación de Acero y Hierro
- Refinerías de Petróleo
- Producción de Químicos Inorgánicos
- Fábricas de Textiles

- Producción de Químicos Orgánicos:
 - Adhesivos
 - Resinas y Químicos de la Madera
 - Productos Farmacéuticos
 - Producción de Explosivos
 - Pesticidas
 - Producción de Metales No Ferrosos
 - Materiales de Pavimentación y Construcción
 - Pinturas y Fórmulas de Tintas e Impresión
 - Producción de Jabones y Detergentes
- Lavanderías Automáticas
- Materiales Plásticos y Sintéticos
- Pulpa, Fábricas de Papel, productos derivados de papel
- Procesamiento de Caucho
- Químicos Diversos
- Manufactura de Maquinaria y productos mecánicos como.
 - Fundiciones de Aluminio
 - Producción de Batería
 - Revestimiento de cables
 - Fundiciones diversas
 - Procesamiento de Plásticos
 - Esmalte de Porcelana
 - Productos Mecánicos
 - Componentes eléctricos y electrónicos
- Galvanizado
- Industrias extractivas como:
 - Minas y Procesos de extracción de metales
 - Minas de carbón

Esta tabla muestra una parte de la complejidad y diversidad de las llamadas fuentes de “Residuos industriales peligrosos” y, por fácil extensión, su variada naturaleza, puesto que cada uno de estos sectores es un generador potencial de desechos peligrosos. Estos, a su vez, pueden ser de composición variada y mixta, por lo que representan fuentes directas de un sinnúmero de sustancias peligrosas.

Esta consideración es importante, pues en parte ofrece una explicación de porqué la técnica en el manejo y control de residuos peligrosos desafían las soluciones simples y universalmente aplicables.

También subraya la necesidad de diferencia entre las operaciones in situ en las plantas y las técnicas de manejo diseñadas para prevenir o reducir la generación de residuos peligrosos, frente a los tratamientos a posteriori o acciones correctivas para responder a problemas de desechos.

En realidad, al igual que es factible identificar ciertas características generales de los residuos de varios sectores industriales y desarrollar algunos enfoques globales de las tecnologías de control para diversas clases de compuesto, sólo cuando se llega a la prevención y al control específico en oposición a los tratamientos a posteriori o acciones correctivas la magnitud del problema y la carga total de la responsabilidad industrial

pueden ser apreciadas en su justa dimensión, puesto que tal prevención y control requieren acciones individuales de planta a planta. (7)

Fuera de todo argumento ético o legal, cualquiera de éstas acciones son parte indivisible de la base económica y científica de la responsabilidad industrial.

1.3 CARACTERISTICAS

Con el objeto de entender tanto los problemas potenciales que pueden ser asociados con los residuos peligrosos, como las diversas consideraciones técnicas al diseñar sistemas de manejo de desechos apropiados, incluyendo su tratamiento y eliminación, es importante reconocer que los desechos representan una gran diversidad de los peligros. (3)

A continuación se enumeran las principales categorías de peligros que pueden encontrarse.

Además de residuos peligrosos dado puede caer en varias de éstas categorías esto es, pueden presentar simultáneamente peligros de toxicidad y corrosividad.

Principales categoría de peligro:

- Corrosividad
- Reactividad
- Explosividad
- Toxicidad
- Inflamabilidad
- Biológico Infeccioso

CORROSIVO

El material es un líquido que tiene un $\text{pH} < 2$ o un $\text{pH} > 12.5$. El residuo del material corroe acero a un promedio mayor a 0.25 in por año.

REACTIVO

El residuo es un material que es reactivo al agua, al calor, a la presión siendo la reacción rápida y violenta. Algunos ejemplos son: percloratos, peróxidos o cianuros.

TOXICO

Esta categoría incluye metales pesados, materiales orgánicos y pesticidas.

Determinación de la cantidad de residuos peligrosos:

Una parte importante de la determinación de residuos peligrosos es la cantidad de residuo que es generada por un particular. En este capítulo presentaremos cuales residuos son incluidos en un total y cuales no. (2)

El generador por lo general determina la cantidad total de residuos producidos en un mes calendario y el volumen total de residuos almacenados. Si los residuos generados son más de 100 kg., almacenados en un lugar donde son almacenados más de 1000 kg., se manejará de acuerdo a la ley federal de protección al ambiente.

Para determinar el estado correcto de un generador de residuos, es requerido el cálculo siguiente: (1)

- Todos los residuos que tienen almacenados en un lugar antes de su tratamiento o disposición o acumulado previamente para reciclar, incluyendo residuos acumulados en recipientes.
-
- Residuos que son empacados para ser transportados (1)
-
- Residuos tratados o manejados en su lugar de origen.

Residuos que no requieren cálculo: (4)

- Residuos reciclados en sistemas cerrados.
- Residuos almacenados en tanques liberándolos por tratamiento de Agua Residual.
- Residuos generados en la obtención de lodos después de su remoción, no será calculada la cantidad de lodo sino que estas serán removidas por degradación de vapor.
- Aceites usados que no estén mezclados con residuos peligrosos previendo que el aceite usado sea reciclado o quemado para recuperar energía (El aceite usado para ser rebajado con polvo o tierra no se considera reciclado).
- Residuos que fueron calculados y preparados para ser reciclados o tratados en el lugar.
- Materiales que fueron reciclados y preparados para ser usados fuera de todo tratamiento o procesos.
- Residuos sobrantes en recipientes vaciados.
- Fragmentos de metales.
- Baterías usadas obtenidas por el fabricante de baterías para regenerarlos.

INFLAMABLE

El residuo es un material líquido o un gas y es almacenado bajo presión estándar capaz de causar el fuego a través de fricción, absorción, humedad o combustión espontánea.

Determinación de la categoría de un generador:

Los generadores de residuos presentan 3 categorías dependiendo de la cantidad de residuo generado y/o almacenado cada mes.

Ahora presentaremos las diferentes categorías:

BIOLOGICO INFECCIOSO:

Cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes (inóculo), en un ambiente propicio (supervivencia), en un hospedero susceptible y en presencia de una vía de entrada. Son aquellos materiales generados durante los servicios de atención médica que contengan agentes biológico-infecciosos definidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental, y que puedan causar efectos nocivos a la salud y al ambiente.

Clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana se consideran residuos peligrosos biológico-infecciosos los siguientes:

La sangre

La sangre y los componentes de ésta, sólo en su forma líquida, así como los derivados no comerciales, incluyendo las células progenitoras, hematopoyéticas y las fracciones celulares o acelulares de la sangre resultante (hemoderivados).

Los cultivos y cepas de agentes biológico-infecciosos

Los cultivos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación, así como los generados en la producción y control de agentes biológico-infecciosos.

Utensilios desechables usados para contener, transferir, inocular y mezclar cultivos de agentes biológico-infecciosos.

Los patológicos

Los tejidos, órganos y partes que se extirpan o remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica, que no se encuentren en formol.

Las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico e histológico, excluyendo orina y excremento.

Los cadáveres y partes de animales que fueron inoculados con agentes enteropatógenos en centros de investigación y bioterios.

Los residuos no anatómicos

Son residuos no anatómicos los siguientes:

Los recipientes desechables que contengan sangre líquida.

Los materiales de curación, empapados, saturados, o goteando sangre o cualquiera de los siguientes fluidos corporales: líquido sinovial, líquido pericárdico, líquido pleural, líquido Céfaló-Raquídeo o líquido peritoneal.

Los materiales desechables que contengan esputo, secreciones pulmonares y cualquier material usado para contener éstos, de pacientes con sospecha o diagnóstico de tuberculosis o de otra enfermedad infecciosa según sea determinado por la SSA mediante memorándum interno o el Boletín Epidemiológico.

Los materiales desechables que estén empapados, saturados o goteando sangre, o secreciones de pacientes con sospecha o diagnóstico de fiebres hemorrágicas, así como otras enfermedades infecciosas emergentes según sea determinado por la SSA mediante memorándum interno o el Boletín Epidemiológico.

Materiales absorbentes utilizados en las jaulas de animales que hayan sido expuestos a agentes enteropatógenos.

Los objetos punzocortantes

Los que han estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, únicamente: tubos capilares, navajas, lancetas, agujas de jeringas desechables, agujas hipodérmicas, de sutura, de acupuntura y para tatuaje, bisturís y estiletes de catéter, excepto todo material de vidrio roto utilizado en el laboratorio, el cual deberá desinfectar o esterilizar antes de ser dispuesto como residuo municipal.

En las áreas de generación de los establecimientos generadores, se deberán separar y envasar todos los residuos peligrosos biológico-infecciosos, de acuerdo con sus características físicas y biológicas infecciosas, conforme a la siguiente tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana. Durante el envasado, los residuos peligrosos biológico-infecciosos no deberán mezclarse con ningún otro tipo de residuos municipales o peligrosos.

TABLA 1

TIPO DE RESIDUOS	ESTADO FISICO	ENVASADO	COLOR
4.1 Sangre	Líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
4.2 Cultivos y cepas de agentes infecciosos	Sólidos	Bolsas de polietileno	Rojo
4.3 Patológicos	Sólidos	Bolsas de polietileno	Amarillo
	Líquidos	Recipientes herméticos	Amarillo
4.4 Residuos no anatómicos	Sólidos	Bolsas de polietileno	Rojo
	Líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
4.5 Objetos punzocortantes	Sólidos	Recipientes rígidos polipropileno	Rojo

Las bolsas deberán ser de polietileno de color rojo traslúcido de calibre mínimo 200 y de color amarillo traslúcido de calibre mínimo 300, impermeables y con un contenido de

metales pesados de no más de una parte por millón y libres de cloro, además deberán estar marcadas con el símbolo universal de riesgo biológico y la leyenda Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (Apéndice Normativo), deberán cumplir los valores mínimos de los parámetros indicados en la tabla 3 de esta Norma Oficial Mexicana.

Las bolsas se llenarán al 80 por ciento (80%) de su capacidad, cerrándose antes de ser transportadas al sitio de almacenamiento temporal y no podrán ser abiertas o vaciadas.

TABLA 2

PARAMETRO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES
Resistencia a la tensión	Kg/cm ²	SL: 140 ST: 120
Elongación	%	SL: 150 ST: 400
Resistencia al rasgado	G	SL: 90 ST: 150

Los recipientes de los residuos peligrosos punzocortantes deberán ser rígidos, de polipropileno color rojo, con un contenido de metales pesados de no más de una parte por millón y libres de cloro, que permitan verificar el volumen ocupado en el mismo, resistentes a fracturas y pérdidas de contenido al caerse, destructibles por métodos físicos, tener separador de agujas y abertura para depósito, con tapa(s) de ensamble seguro y cierre permanente, deberán contar con la leyenda que indique "RESIDUOS PELIGROSOS PUNZOCORTANTES BIOLOGICO-INFECCIOSOS" y marcados con el símbolo universal de riesgo biológico (Apéndice Normativo).

a) La resistencia mínima de penetración para los recipientes tanto para punzocortantes como para líquidos, debe ser de 12.5 N (doce punto cinco Newtons) en todas sus partes y será determinada por la medición de la fuerza requerida para penetrar los lados y la base con una aguja hipodérmica calibre 21 x 32 mm mediante calibrador de fuerza o tensiómetro.

b) Los recipientes para los residuos peligrosos punzocortantes y líquidos se llenarán hasta el 80% (ochenta por ciento) de su capacidad, asegurándose los dispositivos de cierre y no deberán ser abiertos o vaciados.

c) Las unidades médicas que presten atención a poblaciones rurales, con menos de 2,500 habitantes y ubicadas en zonas geográficas de difícil acceso, podrán utilizar latas con tapa removible o botes de plástico con tapa de rosca, con capacidad mínima de uno hasta dos litros, que deberán marcar previamente con la leyenda de "RESIDUOS PELIGROSOS PUNZOCORTANTES BIOLOGICO-INFECCIOSOS".

Los recipientes de los residuos peligrosos líquidos deben ser rígidos, con tapa hermética de polipropileno color rojo o amarillo, con un contenido de metales pesados de no más de una parte por millón y libres de cloro, resistente a fracturas y pérdidas de contenido al

caerse, destructible por métodos físicos, deberá contar con la leyenda que indique “RESIDUOS PELIGROSOS LIQUIDOS BIOLOGICO-INFECCIOSOS” y marcados con el símbolo universal de riesgo biológico (Apéndice Normativo)

En caso de que los residuos líquidos no sean tratados dentro de las instalaciones del establecimiento generador, deberán ser envasados como se indica en la tabla 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

1.4 Almacenamiento

Se deberá destinar un área para el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

Los establecimientos generadores incluidos en el Nivel I de la tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana, quedan exentos del cumplimiento del punto 6.3.5 y podrán ubicar los contenedores a que se refiere el punto 6.3.2 en el lugar más apropiado dentro de sus instalaciones, de manera tal que no obstruyan las vías de acceso.

Los residuos peligrosos biológico-infecciosos envasados deberán almacenarse en contenedores metálicos o de plástico con tapa y ser rotulados con el símbolo universal de riesgo biológico, con la leyenda “RESIDUOS PELIGROSOS BIOLOGICO-INFECCIOSOS”.

El periodo de almacenamiento temporal estará sujeto al tipo de establecimiento generador, como sigue:

(a) Nivel I: Máximo 30 días.

(b) Nivel II: Máximo 15 días.

(c) Nivel III: Máximo 7 días.

Los residuos patológicos, humanos o de animales (que no estén en formol) deberán conservarse a una temperatura no mayor de 4°C (cuatro grados Celsius), en las áreas de patología, o en almacenes temporales con sistemas de refrigeración o en refrigeradores en áreas que designe el responsable del establecimiento generador dentro del mismo.

El área de almacenamiento temporal de residuos peligrosos biológico-infecciosos debe:

a) Estar separada de las áreas de pacientes, almacén de medicamentos y materiales para la atención de los mismos, cocinas, comedores, instalaciones sanitarias, sitios de reunión, áreas de esparcimiento, oficinas, talleres y lavanderías.

b) Estar techada, ser de fácil acceso, para la recolección y transporte, sin riesgos de inundación e ingreso de animales.

c) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles, el acceso a esta área sólo se permitirá al personal responsable de estas actividades.

d) El diseño, construcción y ubicación de las áreas de almacenamiento temporal destinadas al manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos en las empresas prestadoras de servicios, deberán ajustarse a las disposiciones señaladas y contar con la autorización correspondiente por parte de la SEMARNAT.

e) Los establecimientos generadores de residuos peligrosos biológico-infecciosos que no cuenten con espacios disponibles para construir un almacenamiento temporal, podrán utilizar contenedores plásticos o metálicos para tal fin, siempre y cuando cumplan con los requisitos mencionados en los incisos a), b) y c) de este numeral.

Los residuos peligrosos biológico-infecciosos podrán ser almacenados en centros de acopio, previamente autorizados por la SEMARNAT. Dichos centros de acopio deberán operar sistemas de refrigeración para mantener los residuos peligrosos biológico-infecciosos a una temperatura máxima de 4°C (cuatro grados Celsius) y llevar una bitácora de conformidad con el artículo 21 del Reglamento en materia de Residuos Peligrosos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. El tiempo de estancia de los residuos en un centro de acopio podrá ser de hasta treinta días.

1.5 CICLOS DE RESIDUOS

La generación de algunos desechos es el resultado inevitable de los procesos de manufactura. Sin embargo, una revisión de las etapas globales del ciclo de los desechos es sin duda útil para identificar aquellas áreas en las cuales existe la oportunidad de ejercer algunas opciones industriales y administrativas, así como científicas y técnicas para reducir la cantidad de desechos generados. Las diferentes etapas directas de este ciclo se ilustraron de la siguiente manera. (3)

PRODUCTO

Manufactura-Generación-Almacenamiento-Transporte-Procesamiento-Proceso de Eliminación.

La generación de los residuos químicos se lleva a cabo en muchos establecimientos industriales, a menudo en pequeñas cantidades.

El recolectarlas para su tratamiento y eliminación final puede ser costoso para las firmas generadoras. Sin embargo, cuando se organiza de una manera adecuada, mediante la creación de instalaciones de tratamiento y eliminación y la armonización de reglas a nivel internacional. (4)

Capítulo 2

SISTEMAS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

2.1 ANTECEDENTES

En México se ha generado e importado residuos peligrosos durante mucho tiempo

Puede considerarse que ambas acciones se han llevado a cabo de una manera irregular desde el punto de vista técnico y legislativo, tomando en cuenta que la inquietud por parte de los sectores industriales, paraestatales y privado es reciente, y que aún no existen las normas jurídicas completas que hagan factible un control adecuado de los residuos. (6)

En las instalaciones en las que se cuenta y los proyectos actualmente en estudio o en espera de ser aprobados son insuficientes para solucionar efectivamente el problema de los residuos que se han acumulado, ni de los que actualmente se están generando y mucho menos para restablecer el equilibrio ecológico en los sitios afectados. Cabe entonces hacerse la siguiente pregunta: ¿Dónde están los DP en México?

Pueden encontrarse en los más diversos sitios:

- Dentro de los terrenos de las plantas industriales, posiblemente en los llamados almacenes de destrucción.
- Mezclados con la basura doméstica dentro de los tiraderos municipales.
- Contaminando cuerpos de agua superficiales y subterráneas
- Abandonados o enterrados clandestinamente en empresas dedicadas a su recuperación o reciclaje. (3)

Por lo tanto, es necesario que los ciudadanos tomemos conciencia del problema, que los sectores productivos pasen a la acción que permita a México lograr un crecimiento económico de las empresas y del País en general, que sea a la vez compatible con el medio ambiente. Se requiere tomar en cuenta no sólo el costo directo de la protección del medio ambiente sino también los costos sociales tanto inmediatos como a largo y mediano plazo.

Las acciones pueden iniciarse con: La evaluación de los residuos que cada empresa genera para determinar su volumen y peligrosidad: revisar el manejo pasado y presente que a esos desechos se les ha dado; informarse acerca de las opciones tecnológicas disponibles en México para manejarlos adecuadamente; evaluar las posibilidades de recuperación y reúso dentro de cada empresa y, finalmente, sin importar la opción que haya decidido adoptarse, llevar un registro verídico “desde la cuna hasta la tumba” de sus desechos.

Así pues presentaremos algunos ejemplos de manejo de residuos puestos en práctica en México, y más adelante, en los siguientes capítulos, se presentarán las características tecnológicas de cada opción.

Es también importante en el manejo de los residuos, pensar que es preferible el criterio de previsión y prevención del deterioro ambiental a la corrección de los problemas generados por un manejo inadecuado de los residuos peligrosos. La experiencia ha demostrado en otros países que los casos de limpieza de sitios peligrosos y las indemnizaciones que hay que pagar, son siempre mayores a las inversiones que hubieran tenido que hacerse para su tratamiento adecuado DP dentro de la planta que los generó. Para lograr lo anterior es importante tomar en cuenta:

Los niveles de seguridad en el manejo de los residuos peligrosos.
El manejo de los residuos peligrosos y el nivel de riesgo.

2.1.1. Niveles de seguridad en el manejo de los residuos peligrosos.

A lo largo de la historia, los grupos humanos han tenido que encontrar maneras de afrontar nuevos y antiguos riesgos, y entre las respuestas a ellos se encuentran: (7)

- Retirarse del riesgo hacia un ambiente más predecible y seguro.
- Intentar comprender el riesgo, midiendo el daño e identificándolo.
- Controlarlo mediante diversas soluciones.
- Prepararse económica y socialmente para afrontar el daño.

Ninguna sociedad puede alcanzar un estado de cero riesgos; o sea, el vivir en un mundo completamente seguro y continuamente debe decidir y evaluar entre los riesgos que está dispuesta a correr lo que debe afrontar y los que puede evitar.

A continuación se muestra en forma esquemática un procedimiento para la evaluación de peligros por medio de estudios y evaluaciones de riesgo.

PLAN DE MANEJO

Con la entrada en vigor de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos (LGPGIR) y su Reglamento se introdujo un concepto innovador denominado Plan de Manejo el cual pretende ofrecer un panorama de la gestión de los residuos que favorezca la valorización de los residuos.

I) DEFINICIÓN:

¿Que es?: Es un instrumento de gestión que permitirá al particular y a la autoridad diseñar y controlar de una manera flexible el manejo integral de los residuos peligrosos, mediante propuestas de manejo eficientes que minimicen la generación de los residuos y prioricen la valorización de los mismos.

Definición Planes de manejo en el marco legal

La LGPGIR define al Plan de Manejo como un “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 los

Residuos, diseñado bajo principios de **responsabilidad compartida** y **manejo integral** que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de productos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.”

II) MODALIDADES:

Los Planes de Manejo se pueden establecer en una o más de las siguientes modalidades:

I. Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos, podrán ser:

a) **Privados**, los instrumentados por los particulares que conforme a la Ley se encuentran obligados a la elaboración, formulación e implementación de un plan de manejo de residuos, o

b) **Mixtos**, los que instrumenten los señalados en el inciso anterior con la participación de las autoridades en el ámbito de sus competencias.

II. Considerando la posibilidad de asociación de los sujetos obligados a su formulación y ejecución, podrán ser:

a) **Individuales**, aquéllos en los cuales sólo un sujeto obligado establece en un único plan, el manejo integral que dará a uno, varios o todos los residuos que genere, o

b) **Colectivos**, aquéllos que determinan el manejo integral que se dará a uno o más residuos específicos y el cual puede elaborarse o aplicarse por varios sujetos obligados.

III. Conforme a su ámbito de aplicación, podrán ser:

a) **Nacionales**, cuando se apliquen en todo el territorio nacional;

b) **Regionales**, cuando se apliquen en el territorio de dos o más estados o el Distrito Federal, o de dos o más municipios de un mismo estado o de distintos estados, y

c) **Locales**, cuando su aplicación sea en un solo estado, municipio o el Distrito Federal.

IV. Atendiendo a la corriente del residuo.

III) PERSONAS OBLIGADAS A PRESENTARLOS:

En la **Modalidad General**: Productores, Importadores, Distribuidores y exportadores de los siguientes productos que resultan de un determinado proceso se convierten en residuos peligrosos:

- Aceites lubricantes usados
- Disolventes orgánicos usados
- Convertidores catalíticos de vehículos automotores
- Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo
- Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio
- Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio
- Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo
- Fármacos
- Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos
- Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados.

En la **Modalidad de Grandes Generadores**: Todos los grandes generadores de residuos peligrosos, tanto de los listados y de las mezclas de residuos peligrosos con otros, como de los contenidos en la NOM-052-SEMARNAT-2005, asimismo, los Grandes Generadores de Residuos considerados como Biológico Infecciosos por la NOM-087-SEMARNAT-2002

En la **Modalidad por Condiciones Particulares de Manejo**: Todo generador que gozando del beneficio de condiciones particulares de manejo aprobadas, requiera incorporarlas al Plan de Manejo.

En la **Modalidad de la Industria minero-metalúrgica**: Toda la industria minero-metalúrgica que genere residuos de minado tales como Jales, residuos de los patios de lixiviación abandonados, así como los metalúrgicos especificados en el artículo 32 del Reglamento de la LGPGIR.

IV) ELABORACIÓN DE PLANES DE MANEJO Para Grandes Generadores.

Sugerencia:

1. Realizar un diagnóstico del proceso productivo.

Aspectos a considerar:

- Insumos de proceso
- Insumos de servicios
- Balances de materiales
- Puntos de generación de residuos
- Caracterización de los residuos
- Volúmenes de generación

2. Realizar un diagnóstico del manejo actual de residuos.

Aspectos a considerar:

- Infraestructura
- Diagrama de flujo del manejo
- Controles administrativos
- Asignación de recursos.
- Destinos o formas de manejo (prestadores de servicio, tratamientos, etc.).

3. Análisis de los residuos a manejar en el Plan de Manejo.

Aspectos a considerar:

- **Identificación de residuos con potencial de:**
 - **Minimización**
 - **Valorización**
 - **Aprovechamiento**
- **Identificación de la “ruta de manejo”**
- **Búsqueda de contactos para las formas de manejo identificadas**

4. Propuesta de Manejo.

- **Asignación de responsabilidades y manejo administrativo del Plan**
- **Establecimiento de metas trazando la metodología a seguir para cada residuo**
- **Identificación y asignación de indicadores de desempeño**
- **Asignación de recursos**
- **Análisis costo-beneficio de la aplicación del Plan**

V) TRÁMITES

Trámites que se realizan ante la Dirección General

Respecto del Plan de Manejo de residuos peligrosos se realizan los siguientes trámites:

SEMARNAT-07-024A “Registro General de Plan de Manejo”



SEMARNAT-07-024B “Registro de Plan de Manejo de Grandes Generadores”

SEMARNAT-07-024C “Registro de Plan de Manejo con condiciones particulares”

SEMARNAT-07-024D “Registro de Plan de Manejo por adhesión o incorporación”

SEMARNAT-07-024E “Registro de Plan de Manejo de la industria minero metalúrgica”

SEMARNAT-07-031A “Modificación al Registro de Plan de Manejo”

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
		SUBSECRETARIA DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE MATERIALES Y ACTIVIDADES RIESGOSAS FORMATO DE REGISTRO PARA PLANES DE MANEJO

SEMARNAT-07-024-A De productos que al desecharse se convierten en Residuos Peligrosos

SEMARNAT-07-024-B Grandes Generadores de Residuos Peligrosos

SEMARNAT-07-024-C Condiciones particulares de manejo

SEMARNAT-07-024-D Adhesión o incorporación

SEMARNAT-07-024-E De residuos de la industria minero- metalúrgica

(*) SEMARNAT-07-031-A Modificación al Registro de Plan de Manejo

	Marcar la modalidad del Plan de Manejo que se presenta

INFORMACION DEL GENERADOR
(Artículo 24, fracción I inciso a) RLGPGIR)

(*) Nombre, denominación o razón social ¹ :	Teléfono:
Domicilio ² :	Correo electrónico:
Representante legal ³ :	Giro o actividad ⁴ :

DOMICILIO Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN PARA OIR Y RECIBIR NOTIFICACIONES
(Artículo 15, párrafo segundo LFPA)

Domicilio para oír y recibir notificaciones:	Personas autorizadas para oír y recibir notificaciones:
(*) Número de Registro del plan de manejo ⁵ :	

REGISTRO DE PLAN DE MANEJO
(Artículo 24, fracción I inciso b)

Modalidad del Plan de Manejo (de acuerdo al artículo 16 del RLGPGIR)⁶ :

Nombre, denominación o razón social del responsable de la ejecución del Plan de Manejo⁷ :

Residuos Peligrosos objeto del Plan de Manejo
(Art. 24 fracción I inciso c) y d) RLGPGIR)

Nombre del Residuo ⁸	Aplica V o MI ⁹	Características F, Q, o B ¹⁰	Volumen		Formas de Manejo ¹²
			Cantidad	Unidad ¹¹	

Generación de residuos peligrosos que no forman parte del Plan de Manejo¹³ :

Además de la información antes requerida, el interesado deberá anexar los siguientes documentos (De acuerdo a la modalidad):

- I.- Identificación oficial o documento que acredite al representante legal.¹⁴ (A,B,C,D, E) (Art. 24 fracción II inciso a) RLGPGIR)
- II.- Documento que contenga el plan de manejo.¹⁵ (A,B,C,E) (Art. 24 fracción II inciso b) RLGPGIR)
- III.- Instrumentos celebrados para la implementación del plan de manejo.¹⁶ (A,B,C,E) (Art. 24 fracción II inciso c) RLGPGIR)
- IV.- Instrumentos celebrados para la adhesión o incorporación al plan de manejo.¹⁷ (D) (Art. 26 fracción I RLGPGIR)
- V.- Escrito mediante el cual el sujeto obligado acepta la incorporación.¹⁸ (D) (Art. 26 fracción II RLGPGIR)
- VI.- Escrito con la información de las modificaciones al plan de manejo.¹⁹ (SEMARNAT-07-031-A) (Art. 24, último párrafo, RLGPGIR)

(Art. 24 fracción I, inciso a) RLGPGIR)	Sello de la Secretaría
Nombre y firma del representante legal	Fecha de recepción

Bajo protesta de decir verdad y apercibido de las penas en que incurrirán quienes declaran falsamente ante una autoridad distinta a la judicial, el firmante de este documento declara que toda la información aquí contenida es fidedigna y que puede ser verifi

ACTUALMENTE LA SEMARNAT HA OTORGADO LOS SIGUIENTES REGISTROS:

PLANES DE MANEJO REGISTRADOS

NO. REGISTRO	EMPRESA	TIPO DE PM	RESIDUOS	RESPONSABLE/ TELEFONOS	DESCARGAR PLAN DE MANEJO
19-PMR-VI-001-2007	ENHRE (DE MEXICO), S. DE R. L. DE C.V.	GENERAL	ACCUMULADORES DE VEHICULOS AUTOMOTORES CONTIENIENDO PLOMO	ING. FRANCISCO ROBERTO CECILIA LIZARRAGA	PLAN DE MANEJO PUBLICO ENHRE
02-PMG-I-0002-2007	CIA. EXPORTADORA DE AGUAS MINERALES, S.A. DE C.V.	GRAN GENERADOR	PINTURA RESIDUAL, SÓLIDOS CONTAMINADOS CON COMBUSTIBLE Y SOLVENTES, Lodos ACEITOSOS, ACUMULADORES, TIERRA CON ACEITES, ADHESIVO RESIDUAL COMBUSTIBLE RESIDUAL, ENVASES VACÍOS, ACEITE LUBRICANTE GASTADO, SOLVENTES, LODOS DE TRATAMIENTO DE CALDERA, ETC.	DR. GILBERTO ALVARADO / 965 6560684	-
14-PMG-I-0003-2007	VÁLVULAS URREA, S.A. DE C.V.	GRAN GENERADOR	ARENA DE MOLDEO, ESCORIAS DE FUNDICIÓN, VIRUTA DE BRONCE Y LATÓN, POLVO EQUIPO DE CONTROL, BOLSAS DE COLECTOR USADA GUANTES, BOTAS Y TEXTILES IMPREGNADOS, ASERRIN IMPREGNADO, ENVASES IMPREGNADOS, ACEITE LUBRICANTE USADO, ACEITE SOLUBLE USADO, ETC	ING. FRANCISCO SANTOS FELICIANO / 33 3668 3200	-
23-PMG-I-0004-2007	GE ELECTRICAL DISTRIBUTION EQUIPMENT, S.A. DE C.V.	GRAN GENERADOR	SÓLIDOS IMPREGNADOS, LÍQUIDO RESIDUAL, ESCORIA DE SOLDADURA, BATERÍAS RESIDUALES, CONTENEDORES VACÍOS, ACEITE GASTADO	GE ELECTRICAL DISTRIBUTION EQUIPMENT, S.A. DE C.V.	-
15-PMG-IV-0005-2007	STHAL DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	GRAN GENERADOR	SOLVENTES ORGANICOS, ACEITE DE HIDROCARBUROS Y SINTÉTICO, RECIPIENTES DE PLÁSTICO, VIDRIO Y METAL USADOS, LODOS DE PLATA DE TRATAMIENTO, RESIDUOS DE MATERIA PRIMA, Y PRODUCTO TERMINADO; BATERIA DE MONTACARGAS, ASÍ COMO TRAJOS Y GUANTES IMPREGNADOS CON ACEITE, PIGMENTOS Y SOLVENTE.	STHAL DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	-
77-PMG-I-0006-2007	EMPENIOS APASCO, S.A. DE C.V. (PLANTA MACHISPANA)	GRAN GENERADOR	SOLIDOS IMPREGNADOS CON SOLVENTES, GRASAS Y ACEITES; LATAS VACIAS, COJINES DE SOLDADURA; ACEITE Y GRASA GASTADA; PILAS Y BATERIAS AUTOMOTRICES; HERRAJES Y CAPRILLAS; FIBRA DE LINO, LAMPARAS FLORES-CENTRES, SOLVENTES Y SOLUCIONES GASTADAS; ASÍ COMO TONNER.	EMPENIOS APASCO, S.A. DE C.V. (PLANTA MACHISPANA)	-
09-PMG-XII-0007-2007	PEMEX REFINACIÓN	GRAN GENERADOR	CATALIZADORES AGOTADOS.	PEMEX REFINACIÓN	-
08-PMR-XI-0002-2007	UNIÓN MEXICANA DE FABRICANTES Y FORMULADORES DE AGROQUÍMICOS, A.C.	GENERAL	ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS	UNION MEXICANA DE FABRICANTES Y FORMULADORES DE AGROQUÍMICOS, A.C.	PLAN DE MANEJO PUBLICO LISTA DE EMPRESAS ADHERIDAS
05-PMR-VI-0003-2007	ASOCIACIÓN MEXICANA PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, A.C.	GENERAL	EFLUENTES DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES	ASOCIACIÓN MEXICANA PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, A.C.	PLAN DE MANEJO PUBLICO AMPIAC
09-PMR-XII-0004-2007	ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA FITOSANITARIA, A.C.	GENERAL	ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS	ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA FITOSANITARIA, A.C.	PLAN DE MANEJO PUBLICO LISTA DE EMPRESAS ADHERIDAS

* No se presentó versión pública en formato electrónico.

REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

DISPOSICIONES GENERALES

El presente ordenamiento tiene por objeto regular el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

No es materia de este Reglamento, el transporte terrestre de materiales peligrosos realizado por las fuerzas armadas mexicanas, el cual se regula por las disposiciones normativas aplicables.

Para los efectos de este Reglamento se entenderá por:

AUTOTRANSPORTISTA. Persona física o moral debidamente autorizada por la Secretaría para prestar servicio público o privado de autotransporte de carga.

CONSTRUCTOR O RECONSTRUCTOR DE UNIDADES. Persona física o moral que diseña, construye, reconstruye o repara unidades destinadas para el transporte de materiales y residuos peligrosos.

DESTINATARIO. Persona física o moral receptora de materiales y residuos peligrosos.

EMPRESA FERROVIARIA. Empresa u organismo autorizados por el Gobierno Federal para operar el transporte por tren y prestar servicios auxiliares.

EXPEDIDOR. Persona física o moral que a nombre propio o de un tercero, contrata el servicio de transporte de materiales o residuos peligrosos.

ENVASE INTERIOR. Todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto directo con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria.

ENVASE EXTERIOR. Se entiende aquél que contiene al envase primario y que le sirve de protección.

MATERIAL PELIGROSO. Aquellas substancias peligrosas, sus remanentes, sus envases, embalajes y demás componentes que conformen la carga que será transportada por las unidades.

NORMAS. Normas oficiales mexicanas que expiden las dependencias competentes, sujetándose a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

PURGAR. Acción de evacuar o eliminar un fluido de cualquier depósito utilizado para el transporte de materiales y residuos peligrosos.

RESIDUO PELIGROSO. Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

SECRETARIA.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SUBSTANCIA PELIGROSA. Todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla de ellos que independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros, también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades.

REMANENTE. Substancias, materiales o residuos peligrosos que persisten en los contenedores, envases o embalajes después de su vaciado o desembalaje.

TRANSPORTISTA. Autotransportista y empresa ferroviaria.

TREN. Una máquina o más de una máquina que transitan por el ferrocarril, con o sin carros acoplados, exhibiendo indicadores.

UNIDAD. Vehículo para el transporte de materiales y residuos peligrosos, compuesto por unidades motrices y de arrastre.

UNIDAD DE ARRASTRE. Vehículo para el transporte de materiales y residuos peligrosos, no dotado de medios de propulsión y destinado a ser jalado por un vehículo de motor.

VENTEAR. Acción de liberar los gases y vapores acumulados en un recipiente, tanque o contenedor cerrado.

Los términos que no estén contenidos en el presente artículo y que la Secretaría de Desarrollo Social, la Secretaría, o las dependencias correspondientes apliquen, se entenderán definidos en los términos que señalen las leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y, en su caso, las definiciones derivadas de instrumentos internacionales ratificados por el Gobierno Mexicano.

ARTÍCULO 3º.- Sin perjuicio de la competencia de otras dependencias del Ejecutivo Federal, corresponde a la Secretaría la aplicación de este Reglamento en vías generales de comunicación terrestres y sus servicios auxiliares y conexos.

ARTÍCULO 4º.- La Secretaría podrá celebrar acuerdos para la aplicación de este Reglamento, con los gobiernos de las entidades federativas y con los municipios en los términos de la Ley de Planeación.

ARTÍCULO 5º.- Para transportar materiales y residuos peligrosos por las vías generales de comunicación terrestre, es necesario que la Secretaría así lo establezca en el permiso otorgado a los transportistas, sin perjuicio de las autorizaciones que otorguen otras dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. Las condiciones de operación se sujetarán a las disposiciones establecidas en este Reglamento.

ARTÍCULO 6º.- Queda prohibido transportar en unidades que hayan sido autorizadas para transportar materiales y residuos peligrosos:

- I.- Personas o animales;
- II.- Productos alimenticios de consumo humano o animal, o artículos de uso personal; y
- III.- Residuos sólidos municipales.

Cuando por razones económicas el transportista tenga necesidad de transportar otro tipo de bienes en estas unidades, diferentes a los materiales o residuos peligrosos, se ajustará a la norma que al efecto se expida.

CLASIFICACIÓN DE LAS SUBSTANCIAS PELIGROSAS

ARTÍCULO 7º.- Considerando sus características, las sustancias peligrosas se clasifican en:

CLASE DENOMINACIÓN

- 1 Explosivos.
 - 2 Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión.
 - 3 Líquidos inflamables.
 - 4 Sólidos inflamables.
 - 5 Oxidantes y peróxidos orgánicos.
 - 6 Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos.
 - 7 Radiactivos.
 - 8 Corrosivos.
 - 9 Varios.
-

ARTÍCULO 8º.- Los explosivos o Clase 1 comprende:

I. **SUBSTANCIAS EXPLOSIVAS:** Son sustancias o mezcla de sustancias sólidas o líquidas que de manera espontánea o por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daños en los alrededores.

II. **SUBSTANCIAS PIROTÉCNICAS:** Son sustancias o mezcla de sustancias destinadas a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno o una combinación de los mismos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas autosostenidas no detonantes.

III.- **OBJETOS EXPLOSIVOS:** Son objetos que contienen una o varias sustancias explosivas.

Dependiendo el tipo de riesgo la clase 1 comprende 6 divisiones que son:

Dependiendo el tipo de riesgo la clase 1 comprende 6 divisiones que son:

DIVISIÓN	DESCRIPCIÓN DE LAS SUBSTANCIAS
1.1	Substancias y objetos que representan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, es decir que la explosión se extiende de manera prácticamente instantánea a casi toda la carga.
1.2	Substancias y objetos que representan un riesgo de proyección pero no un riesgo de explosión de la totalidad de la masa.
1.3	Substancias y objetos que representan un riesgo de incendio y de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva, de proyección o ambos, pero no riesgo de explosión de la totalidad de la masa. Se incluyen en esta división las substancias y objetos siguientes: a) Aquellos cuya combustión da lugar a una radiación térmica considerable. b) Aquellos que arden sucesivamente con pequeños efectos de onda expansiva, de proyección, o ambos.
1.4	Substancias y objetos que no representan un riesgo considerable.
1.5	Substancias muy poco sensibles que presentan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, pero que es muy improbable su iniciación o transición de incendio o detonación bajo condiciones normales de transporte.
1.6	Objetos extremadamente insensibles que no presentan un riesgo de explosión a toda la masa, que contienen sólo substancias extremadamente insensibles a la detonación y muestran una probabilidad muy escasa de iniciación y propagación accidental.

ARTÍCULO 9º.- La Clase 2, que comprende gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, son substancias que:

I.- A 50°C tienen una presión de vapor mayor de 300 kPa.

II.- Son completamente gaseosas a 20°C a una presión normal de 101.3 kPa.

Para las condiciones de transporte las substancias de Clase 2 se clasifican de acuerdo a su estado físico como:

-Gas comprimido, aquél que bajo presión es totalmente gaseoso a 20°C.

-Gas licuado, el que es parcialmente líquido a 20°C.

-Gas licuado refrigerado, el que es parcialmente líquido a causa de su baja temperatura.

-Gas en solución, aquél que está comprimido y disuelto en un solvente.

Atendiendo al tipo de riesgo la Clase 2 se divide en:

DIVISION DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS

- 2.1 Gases inflamables: Substancias que a 20°C y una presión normal de 101.3 kPa.: Arden cuando se encuentran en una mezcla de 13% o menos por volumen de aire o tienen un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.
- 2.2 Gases no inflamables, no tóxicos: Gases que son transportados a una presión no menor de 280 kPa. a 20°C, o como líquido refrigerados y que:
- a) Son asfixiantes. Gases que diluyen o reemplazan al oxígeno presente normalmente en la atmósfera; o
 - b) Son oxidantes. Gases que pueden, generalmente por ceder oxígeno, causar o contribuir, más que el aire, a la combustión de otro material.
 - c) No caben en los anteriores.
- 2.3 Gases tóxicos.
Gases que:
- a) Se conoce que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos por lo que constituyen un riesgo para la salud; o
 - b) Se supone que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos porque tienen un CL o menor que 5000 Mol/M3 (ppm).

Nota: Los gases que cumplen los criterios anteriores debido a su corrosividad, deben clasificarse como tóxicos con un riesgo secundario corrosivo.

ARTÍCULO 10.- Clase 3 o líquidos inflamables, Son mezclas o líquidos que contienen substancias sólidas en solución o suspensión, que despiden vapores inflamables a una temperatura no superior a 60.5°C en los ensayos en copa cerrada o no superiores a 65.6°C en copa abierta. Las substancias de esta clase son:

Líquidos que presentan un punto de ebullición inicial igual o menor de 35°C.

Líquidos que presentan un punto de inflamación (en copa cerrada) menor de 23°C y un punto inicial de ebullición mayor de 35°C.

Líquidos que presentan un punto de inflamación (en copa cerrada) mayor o igual a 23°C, menor o igual de 60.5°C y un punto inicial de ebullición mayor a 35°C.

ARTÍCULO 11.- Clase 4º o sólidos inflamables, son substancias que presentan riesgo de combustión espontánea, así como aquellos que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.

Atendiendo al tipo de riesgo se dividen en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
4.1	Sólidos inflamables. Substancias sólidas que no están comprendidas entre las clasificadas como explosivas pero que, en virtud de las condiciones que se dan durante el transporte, se inflaman con facilidad o pueden provocar o activar incendios por fricción.
4.2	Substancias que presentan un riesgo de combustión espontánea. Substancias que pueden calentarse espontáneamente en las condiciones normales de transporte o al entrar en contacto con el aire y que entonces puedan inflamarse.
4.3	Substancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables. Substancias que por reacción con el agua pueden hacerse espontáneamente inflamables o desprender gases inflamables en cantidades peligrosas.

ARTÍCULO 12.- Clase 5, oxidantes y peróxidos orgánicos, son substancias que se definen y dividen tomando en consideración su riesgo en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
5.1	Substancias oxidantes. Substancias que sin ser necesariamente combustibles, pueden, genera liberando oxígeno, causar o facilitar la combustión de otras.
5.2	Peróxidos orgánicos: Substancias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O- y se consideran derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno de los átomos de hidrógeno, o ambos, han sido sustituidos por radicales orgánicos; peróxidos son substancias térmicamente inestables que pueden sufrir descomposición exotérmica autoacelerada. Además, pueden tener una o más de las propiedades siguientes: a) Ser susceptibles de una descomposición explosiva; b) Arder rápidamente; c) Ser sensibles a los impactos o a la fricción; d) Reaccionar peligrosamente al entrar en contacto con otras substancias; e) Causar daños a la vista.

ARTÍCULO 13.- Clase 6, tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos, son sustancias que se definen y dividen, tomando en consideración su riesgo en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
6.1	Tóxicos agudos (venenos): Son aquellas sustancias que pueden causar la muerte, lesiones graves o ser nocivas para la salud humana si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel. Los gases tóxicos (venenos) comprimidos pueden incluirse en la clase "Gases".
6.2	Agentes infecciosos: Son las que contienen microorganismos viables incluyendo bacterias, virus, parásitos, hongos, o una combinación híbrida o mutante; que son conocidos o se cree que pueden provocar enfermedades en el hombre o los animales.

ARTÍCULO 14.- Clase 7 radiactivos, para los efectos de transporte, son todos los materiales cuya actividad específica es superior a 70 kBq/kg (2 nCi/g).

ARTÍCULO 15.- Clase 8 corrosivos, son sustancias líquidas o sólidas que por su acción química causan lesiones graves a los tejidos vivos con los que entra en contacto o que si se produce un escape pueden causar daños e incluso destrucción de otras mercancías o de las unidades en las que son transportadas.

ARTÍCULO 16.- Clase 9 varios, son aquellas sustancias que durante el transporte presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases y que también requieren un manejo especial para su transporte, por representar un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad a los usuarios y la propiedad a terceros.

En la norma respectiva se contendrán las listas de dichas sustancias.

ARTÍCULO 17.- La identificación de las sustancias peligrosas se deberá ajustar a la norma que contenga las listas de las sustancias y residuos peligrosos más usualmente transportadas de acuerdo a su clase, división de riesgo, riesgo secundario, el número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, así como las disposiciones especiales a que deberá sujetarse el traslado y el método de envase y embalaje.

CARACTERISTICAS ENVASE Y EMBALAJE

ARTÍCULO 18.- Las disposiciones contenidas en el presente Capítulo, son aplicables a los envases y embalajes nuevos y reutilizables, empleados para el transporte de sustancias o residuos, a excepción de:

I. Envases y embalajes que contengan sustancias de la Clase 7, radiactivos, o sus residuos, los cuales se sujetarán a las normas que expida la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias;

II. Envases y embalajes que se usen para el transporte de gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, Clase 2, los cuales se regirán por la norma respectiva; y

III. Envases y embalajes cuya masa neta exceda de 400 kg. o cuya capacidad exceda de 450 litros, los cuales se deberán apegar a las normas correspondientes para recipientes intermedios a granel.

ARTÍCULO 19.- El envase y embalaje de sustancias y residuos peligrosos deberá cumplir con la clasificación, tipos y disposiciones de las normas correspondientes.

ARTÍCULO 20.- Los envases y embalajes que contengan sustancias peligrosas de todas las clases o sus remanentes, excepto las clases 1, 2 y las divisiones 5.2 y 6.2, se clasifican en los siguientes grupos:

Grupo I.- Para sustancias muy peligrosas.

Grupo II.- Para sustancias medianamente peligrosas.

Grupo III.- Para sustancias poco peligrosas.

La asignación de las sustancias peligrosas a cada uno de los grupos señalados, se indicará en la norma respectiva.

ARTÍCULO 21.- El envase y embalaje, antes de ser llenado y entregado para su transporte, deberá ser inspeccionado por el expedidor de la sustancia o residuo peligroso para cerciorarse de que no presenta corrosión, presencia de materiales extraños u otro tipo de deterioro.

ARTÍCULO 22.- Los envases y embalajes deberán estar cerrados para que una vez preparados para su expedición, no sufran en condiciones normales de transporte, algún escape debido a cambios de temperatura, humedad o presión.

ARTÍCULO 23.- Queda prohibido adicionar al exterior de los envases y embalajes, alguna sustancia incompatible con la que se encuentre contenida en el interior de éste y que sea susceptible de crear o aumentar un riesgo.

ARTÍCULO 24.- Las partes de los envases y embalajes que estén en contacto directo con la sustancia o residuo peligroso no deberán ser afectadas por ninguna acción química o de otra naturaleza.

ARTÍCULO 25.- Los envases y embalajes interiores deberán estar colocados en un envase y embalaje exterior, a fin de que en condiciones normales de transporte, no puedan romperse, perforarse ni dejar escapar su contenido al envase o embalaje exterior.

ARTÍCULO 26.- Los envases y embalajes interiores que contengan sustancias o residuos peligrosos diferentes que puedan reaccionar entre sí, no deberán colocarse en el mismo envase y embalaje exterior.

ARTÍCULO 27.- Las sustancias y residuos peligrosos sólo deberán contenerse en envases y embalajes que tengan la resistencia suficiente para soportar la presión interna que pudiera desarrollarse en condiciones normales de transporte y circunstancias especiales, de acuerdo a la norma que al efecto se expida.

ARTÍCULO 28.- Todo envase y embalaje vacío que haya contenido una sustancia o residuo peligroso o sus remanentes debe ser considerado también como peligroso.

ARTÍCULO 29.- Las especificaciones y características de construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba, de los envases y embalajes, se establecerán en las normas correspondientes. Todo envase y embalaje que presente indicios de haber sufrido cambio en su estructura, en comparación con lo especificado en las normas respectivas, no deberá utilizarse o en su caso, deberá ser reacondicionado, de forma que pueda superar las pruebas aplicables al envase y embalaje de que se trate.

ARTÍCULO 30.- Las especificaciones adicionales para los envases y embalajes destinados al transporte de la Clase 1, explosivos, y las divisiones 5.2, peróxidos orgánicos, y 6.2 agentes infecciosos, se establecerán de acuerdo a la norma respectiva y a la clasificación a que se refiere el artículo 20.

ETIQUETADO Y MARCADO DEL ENVASE Y EMBALAJE

ARTÍCULO 31.- Con objeto de identificar a distancia las sustancias o residuos peligrosos y reconocer su riesgo, así como la designación oficial para su transporte, cada envase y embalaje deberá contar con la etiqueta o etiquetas correspondientes, cuyas características estarán señaladas en las normas respectivas.

ARTÍCULO 32.- Todo envase y embalaje destinado a transportar sustancias o residuos peligrosos deberá llevar marcas indelebles, visibles y legibles que certifiquen que están fabricados conforme a las normas respectivas.

CARACTERÍSTICAS, ESPECIFICACIONES Y EQUIPAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS MOTRICES Y UNIDADES DE ARRASTRE A UTILIZAR DE LAS CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES

ARTÍCULO 33.- Toda unidad motriz que sea utilizada para el traslado de materiales y residuos peligrosos deberá cumplir con las especificaciones adicionales establecidas en las normas correspondientes.

ARTÍCULO 34.- Los autotanques, unidades de arrastre, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna deberán construirse o reconstruirse de conformidad con las normas respectivas, las que establecerán los elementos estructurales, componentes y revestimientos que se deban utilizar, los que deberán ser compatibles con las sustancias o residuos peligrosos a transportar, y con características tales que no alteren o modifiquen sus propiedades. Las unidades mencionadas deberán contar con aditamentos de emergencia y dispositivos de protección, a fin de ofrecer la máxima seguridad, de conformidad con la norma respectiva.

ARTÍCULO 35.- La construcción, reconstrucción y reparación de autotanques, unidades de arrastre, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna, deberán sujetarse al proceso de certificación y verificación de conformidad con las normas.

ARTÍCULO 36.- El constructor deberá conservar por el tiempo que determine la Secretaría, y en su caso proporcionar a ésta o a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, el informe relativo a las pruebas a que hayan sido sometidos los autotanques, carros tanque, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna, en el que se indiquen los resultados obtenidos, así como los materiales y residuos peligrosos para cuyo transporte ha sido aprobada la unidad.

DE LA IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES

ARTÍCULO 37.- Para su identificación, los camiones, las unidades de arrastre, contenedores cisterna y recipientes intermedios para granel destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, tendrán una placa de metal inoxidable permanentemente fija en un lugar de fácil acceso para la inspección, y en el formato que determinen las normas correspondientes.

ARTÍCULO 38.- Los camiones, las unidades de arrastre, contenedores cisterna y recipientes intermedios para granel deberán tener cuatro carteles que identifiquen el material y residuo peligroso que se transporta, de acuerdo a lo establecido por las normas que para el efecto se expidan.

ARTÍCULO 39.- Las unidades de arrastre que transporten o contengan remanentes de sustancias o residuos peligrosos, deberán portar los carteles correspondientes y ser manejadas con los mismos requisitos de seguridad establecidos para las unidades cargadas. Cuando se trasladen remanentes de dos o más sustancias o residuos peligrosos, en el cartel sólo se citarán a dos de los que tengan mayor grado de peligrosidad en relación a los otros y el símbolo utilizado en el cartel deberá ser el de mayor peligrosidad, seguido por el riesgo secundario.

ARTÍCULO 40.- Las claves para identificar el tipo de recipiente intermedio para granel, así como los materiales del mismo se especificarán en la norma respectiva.

CONDICIONES DE SEGURIDAD

DE LA INSPECCIÓN DE LAS UNIDADES

ARTÍCULO 41.- Las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos, deberán someterse a inspecciones periódicas técnicas y de operación que realice la Secretaría o unidades de verificación, aprobadas por ésta, para constatar que cumplan con las especificaciones y disposiciones de seguridad establecidas en el presente Reglamento, sin menoscabo de las atribuciones de otras dependencias.

ARTÍCULO 42.- Durante las inspecciones técnicas se verificarán las condiciones en que se encuentran los materiales de fabricación, elementos estructurales, componentes y accesorios, verificándose que brinden la seguridad adecuada. Estas inspecciones deberán realizarse en los periodos establecidos que para el efecto fije la Secretaría y serán independientes a las que corresponda realizar a las demás dependencias competentes.

ARTÍCULO 43.- Durante las inspecciones en operación se supervisarán las condiciones mecánicas y de mantenimiento de las unidades, las cuales se realizarán cuando la Secretaría lo considere pertinente de conformidad con la norma que se expida. Cuando no se pueda llevar a cabo la inspección, por las características propias del material o residuo, en otro lugar que no sea su origen, la empresa transportista llevará la unidad a su destino final, en donde podrá descargar y se procederá a la inspección correspondiente.

ARTÍCULO 44.- En caso del autotransporte, el costo de ambas inspecciones deberá ser cubierto por el transportista. Cuando el equipo de arrastre ferroviario sea proporcionado por el usuario, se deberá presentar el dictamen de verificación, expedido por las unidades de verificación de las empresas aprobadas por la Secretaría, en el que se avalen las condiciones físicas y mecánicas de operación del equipo, cuya existencia comprobará la empresa ferroviaria.

ARTÍCULO 45.- Los transportistas están obligados a proporcionar y a llevar un control del mantenimiento preventivo y correctivo a sus unidades; así como un registro de los materiales y residuos peligrosos transportados. La Secretaría podrá requerir los mencionados controles y registros, a fin de verificarlos en cualquier momento.

ACONDICIONAMIENTO DE LA CARGA

Las unidades que transporten materiales y residuos peligrosos deberán estar en óptimas condiciones de operación, físicas y mecánicas, verificando el transportista que la unidad reúna tales condiciones antes de proceder a cargar los materiales y residuos peligrosos.

ARTÍCULO 47.- Para que el transporte del material o residuo peligroso sea seguro, éste deberá ser cargado, distribuido y sujeto en las unidades de autotransporte y arrastre ferroviario de acuerdo a las normas expedidas por la Secretaría, de tal manera que no se ocasione ningún daño por efectos de la vibración originada durante su tránsito, debiendo, además, proteger la carga de las condiciones ambientales o de cualquier otra fuente que genere una reacción del mismo.

Los embarques que no estén debidamente acondicionados para su transportación o que no sean cargados conforme a lo previsto en las normas correspondientes, no deberán ser aceptados por los transportistas para su traslado.

Para el almacenamiento y la transportación de materiales y residuos peligrosos en sus distintos grupos de riesgo, se considerará la compatibilidad que tengan, de conformidad con las normas correspondientes.

ARTÍCULO 48.- Las condiciones para el transporte de los materiales peligrosos en cantidades limitadas se establecerán en la norma correspondiente en función de la clase y división a la que pertenezcan y de la cantidad a transportar.

ARTÍCULO 49.- Las unidades cargadas con materiales y residuos peligrosos de diversas clases, deberán llevar la información de emergencia en transportación de cada uno de los materiales, los que deberán indicar las acciones a seguir para cada uno de ellos, así como el registro de su ubicación en la unidad, el cual deberá ser señalado en la propia hoja de embarque. En el caso de transporte de materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas se estará a lo dispuesto en el artículo que precede.

LA DOCUMENTACIÓN

ARTÍCULO 50.- Para el transporte de materiales y residuos peligrosos, el transportista y el expedidor de la carga, deberán tener las autorizaciones correspondientes que en el ámbito de su competencia emitan la Secretaría y demás dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

ARTÍCULO 51.- El fabricante de sustancias o generador de residuos peligrosos deberá proporcionar la descripción e información complementaria del producto que se transporte la que estará a disposición del transportista y las dependencias competentes que la requieran.

ARTÍCULO 52.- En el traslado de materiales y residuos peligrosos será obligatorio que en la unidad de transporte se cuente con los siguientes documentos:

- I. Documentos de embarque del material o residuo peligroso;
- II. "Información de emergencia en transportación", que indique las acciones a seguir en caso de suscitarse un accidente, de acuerdo al material o residuo peligroso de que se trate, la cual deberá apegarse a la norma que expida la Secretaría y colocarse en un lugar visible de la cabina de la unidad, de preferencia en una carpeta-portafolios que contenga los demás documentos;
- III. Documento que avale la inspección técnica de la unidad;
- IV. Manifiesto de entrega, transporte y recepción, para el caso de transporte de residuos peligrosos, expedido por la Secretaría de Desarrollo Social;

V. Autorización respectiva, para el caso de importación y exportación de materiales peligrosos;

VI. Manifiesto para casos de Derrames de Residuos Peligrosos por Accidente:

Cuando por cualquier evento se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de sustancias peligrosas, se deberá dar aviso de inmediato de los hechos a la Secretaría de Desarrollo Social, y presentar a más tardar 78 horas después el manifiesto a que se refiere esta fracción; y

VII. Los demás que se establezcan en las normas.

Será obligatorio además de lo anterior, que en la unidad de autotransporte se cuente con los siguientes documentos:

I. Licencia federal de conducir específica para el transporte de materiales peligrosos;

II. Bitácora de horas de servicio del conductor;

III. Bitácora del operador relativa a la inspección ocular diaria de la unidad;

IV Póliza de seguro individual o conjunto del autotransportista y del expedidor del material o residuo peligroso; y

V. Documento que acredite la limpieza y control de remanentes de la unidad, cuando ésta se realice. La limpieza sólo será obligatoria por razones de incompatibilidad de los productos a transportar.

ARTÍCULO 53.- Cuando se transporte un embarque de materiales o residuos peligrosos de una sola clase en trenes unitarios, directamente de un punto a otro, la "Información de emergencia en transportación" debe acompañarse de la relación completa de las iniciales y números de las unidades que remolcan.

SISTEMA NACIONAL DE EMERGENCIA EN TRANSPORTACIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

ARTÍCULO 54.- La Secretaría en coordinación con la Secretaría de Gobernación, y demás dependencias competentes, autoridades estatales y municipales, así como fabricantes e industriales que produzcan, generen y utilicen sustancias o residuos peligrosos y los transportistas de los mismos, establecerán el Sistema Nacional de Emergencia en transportación de materiales y residuos peligrosos.

ARTÍCULO 55.- El Sistema Nacional de Emergencia tiene por objeto proporcionar información técnica y específica sobre las medidas y acciones que deben adoptarse en caso de algún accidente o incidente, durante el transporte de materiales y residuos peligrosos. El Sistema funcionará las 24 horas del día.

ARTÍCULO 56.- Cuando el Sistema reciba información de alguna emergencia en el transporte de materiales y residuos peligrosos, se alertará de inmediato a la Policía Federal de Caminos y Puertos, al Gobierno de la entidad federativa y las autoridades municipales donde aquella suceda y en su caso a la Secretaría de Gobernación a fin de poner en marcha los operativos de protección civil existentes para la salvaguardia de la población, sus bienes y entorno.

ARTÍCULO 57.- En caso de accidente, tales como fugas, derrames, incendios u otros, el operador de la unidad de autotransporte o tripulación ferroviaria deberán aplicar las medidas de seguridad detalladas en la "Información de emergencia en transportación", cuyo diseño y contenido deberá apearse a la norma que al efecto expida la Secretaría.

TRANSITO EN VÍAS DE JURISDICCIÓN FEDERAL DEL AUTOTRANSPORTE

ARTÍCULO 58.- Ninguna unidad que traslade materiales o residuos peligrosos deberá transportar personas no relacionadas con las operaciones de la unidad.

ARTÍCULO 59.- No deberá abrirse ningún envase y embalaje, recipiente intermedio para granel, contenedor, contenedor cisterna, autotanque o unidad de arrastre entre los puntos de origen y destino excepto en casos en que se presuma un riesgo, para lo cual se deberá actuar de acuerdo a lo previsto en la "Información de emergencia en transportación".

ARTÍCULO 60.- Los operadores de vehículos se abstendrán de realizar paradas no justificadas, que no estén contempladas en la operación del servicio, así como circular

ARTÍCULO 61.- Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, a excepción de las sustancias de la Clase 7 (radiactivos), no podrán circular en convoy.

ARTÍCULO 62.- Se prohíbe purgar al piso o descargar en el camino, calles o en instalaciones no diseñadas para tal efecto; así como ventear innecesariamente cualquier tipo de material o residuo peligroso.

ARTÍCULO 63.- En caso de ocurrir un congestionamiento vehicular o se interrumpa la circulación, el conductor de la unidad deberá solicitar al personal responsable de la vigilancia vial, prioridad para continuar su viaje, mostrándole la documentación que ampara el riesgo sobre el producto que se transporta, a fin de que el mismo adopte las precauciones del caso.

ARTÍCULO 64.- En caso de descompostura mayor de la unidad motriz, el operador y la empresa transportista deberán sustituirla a la brevedad por otra que cuente con los requisitos físicos y mecánicos de operación.

Cuando por descompostura de la unidad de arrastre sea necesario el transvase o trasbordo del material o residuo peligroso, éste se llevará a cabo, de acuerdo con lo que indique el fabricante de la sustancia peligrosa, o generador de residuos peligrosos, quien deberá cuidar que la maniobra se realice bajo estrictas condiciones de seguridad con personal capacitado y debidamente equipado, de conformidad con las características y peligrosidad del material o residuo de que se trate.

ARTÍCULO 65.- Para que una unidad que transporta materiales o residuos peligrosos pueda estacionarse en la vía pública, el conductor además de cumplir con las disposiciones de tránsito vigentes, deberá asegurarse que la carga esté debidamente protegida de conformidad con las indicaciones del expedidor, a fin de evitar que personas ajenas a la transportación manipulen indebidamente el equipo o la carga de tal forma que pudieran propiciar accidentes.

ARTÍCULO 66.- Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, por ningún motivo podrán estacionarse cerca de fuego abierto, o de incendio.

ARTÍCULO 67.- Si durante el transporte del material o residuo peligroso se presentan condiciones meteorológicas adversas, que impidan la visibilidad a una distancia aproximada de 50 metros, tales como tormenta eléctrica, lluvias intensas, niebla cerrada y presencia de vientos fuertes, el conductor del vehículo deberá estacionarlo, absteniéndose de hacerlo en pendientes, declives, curvas, puentes, cruceros, túneles, cruces de ferrocarril, cerca de instalaciones eléctricas de alta tensión u otro lugar que presente peligro para la carga.

ARTÍCULO 68.- Cuando por cualquier circunstancia se requiera estacionamiento nocturno en carretera se deben colocar triángulos de seguridad tanto en la parte delantera, como trasera, a la distancia que permita a los otros usuarios del camino tomar las precauciones necesarias.

DEL FERROCARRIL

ARTÍCULO 69.- La empresa ferroviaria por cuestiones de seguridad deberá establecer rutas troncales para el tránsito de trenes que transporten materiales y residuos peligrosos, las cuales deberán estar adecuadas a los requerimientos de capacidad de peso bruto de las unidades que se desplacen sobre ellas, de acuerdo a la normatividad vigente.

ARTÍCULO 70.- No se deberá transportar por ferrocarril nitroglicerina o fulminantes, con excepción de fulminantes de mercurio en cápsulas, explosivos cebados y dinamita exudada; tampoco se permitirá el transporte de sustancias explosivas de una reactividad tal que puedan reaccionar espontáneamente.

ARTÍCULO 71.- No se deberá exceder el peso máximo permitido por el riel, siendo necesario que las unidades sean pesadas desde su origen, de ser posible en báscula particular certificada y autorizada por autoridad competente.

ARTÍCULO 72.- La unidad que presente algún desperfecto que le imposibilite continuar su movimiento con seguridad, deberá ser cortada del servicio y estacionada en el ladero más próximo, con personal que se encargue de su cuidado, procediendo de acuerdo a la normatividad establecida.

ARTÍCULO 73.- Cuando una unidad sea cortada del servicio por algún defecto y se requiera transvasar o transbordar el material peligroso transportado, deberán observarse las medidas necesarias para garantizar la seguridad de la operación.

ARTÍCULO 74.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos, deberán llevar a bordo y en forma permanente un supervisor de la empresa ferroviaria que verifique el cumplimiento de la reglamentación aplicable.

ARTÍCULO 75.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos permanecerán el menor tiempo posible en estaciones y no podrán ser disgregados de su formación durante su recorrido.

ARTÍCULO 76.- Queda prohibido adicionar al convoy carros con materiales o residuos peligrosos incompatibles a los transportados, por lo que deberá procederse de acuerdo a la normatividad emitida sobre el particular.

ARTÍCULO 77.- No se deberán transportar o remolcar unidades que transporten materiales o residuos peligrosos en trenes asignados para servicio de pasajeros, así como en los de servicio mixto.

ARTÍCULO 78.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos contarán con equipo de radiocomunicación operando y todos sus tripulantes deberán contar con equipo portátil de radiocomunicación.

ARTÍCULO 79.- No deberán abrirse ningún envase y embalaje, unidad de arrastre o carro tanque que transporte materiales o residuos peligrosos entre los puntos de origen y destino, excepto en casos en que se presuma un riesgo, para lo cual se deberá actuar de acuerdo a lo previsto en la "Información de emergencia en transportación".

ARTÍCULO 80.- En condiciones meteorológicas adversas, tales como lluvias intensas, niebla cerrada y presencia de vientos muy fuertes, antes de iniciar la marcha de un tren que transporte materiales o residuos peligrosos, deberá asignarse un motor explorador que alerte sobre los posibles peligros que se puedan presentar en el recorrido.

ARTÍCULO 81.- Al acercarse a estaciones o terminales los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos deberán observar una velocidad de desplazamiento que no exceda los 25 km/hr dentro de los límites de patio.

ARTÍCULO 82.- Con objeto de evitar fallas en camino, en pendientes ascendentes mayores de 1.5% y curvaturas mayores de 10°, las velocidades deberán establecerse tomando en consideración las velocidades mínimas indicadas en los manuales de locomotoras.

ARTÍCULO 83.- La empresa ferroviaria deberá identificar mediante placas especiales, los puntos en los que se restrinja la velocidad para el tránsito de trenes que transporten materiales o residuos peligrosos al ingresar o abandonar zonas de influencia de áreas metropolitanas, ciudades o pueblos que se localicen a lo largo de líneas troncales sobre las que transiten.

ARTÍCULO 84.- Los trenes unitarios que remolquen unidades cargadas con material o residuo peligroso deberán circular a una velocidad menor a 30 km/hr. al ingresar a un área metropolitana, ciudad o poblado.

ARTÍCULO 85.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos, deberán transitar con su sistema de frenos de aire, freno de mano y herrajes de freno en condiciones adecuadas de operación. En caso de que dichos trenes tengan que transitar en zonas topográficas que presenten fuertes pendientes y radios críticos de curvatura, deberán tener en óptimas condiciones de operación el sistema de freno dinámico.

ARTÍCULO 86.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos deberán utilizar los libramientos ferroviarios existentes para evitar el tránsito en zonas urbanas.

ARTÍCULO 87.- Sólo se transportarán materiales y residuos peligrosos en trenes de flete. En caso de explosivos comprendidos en la Clase 1, sólo se admitirán remesas que no excedan un total de 5000 kg. por tren.

ARTÍCULO 88.- Los trenes que transporten materiales y residuos peligrosos deberán contar con el equipo de protección y accesorios de seguridad necesarios para garantizar la seguridad en su tránsito sobre vías troncales, de acuerdo a lo establecido en la normatividad aplicable.

ARTÍCULO 89.- Las unidades cargadas en vías particulares que se reportan listas para su arrastre, deberán ser movidas a su destino a la brevedad posible, donde deberán ser remitidas de inmediato a la vía donde serán descargadas.

ARTÍCULO 90.- Deberán extremarse precauciones al hacer movimiento con carros que contengan materiales y residuos peligrosos, evitando manejos bruscos, especialmente volantes y enganches fuertes. En caso de estacionar las unidades, se hará en condiciones que garanticen su seguridad.

ARTÍCULO 91.- Los movimientos de acoplamiento de unidades deberán realizarse a una velocidad que no exceda de 5 km/hr.

ARTÍCULO 92.- Los carros tanque cargados con gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, Clase 2, que sean cortados en tránsito para ser conectados a otra clase de equipo o bien para ser conectados directamente a carros tanque cargados con materiales similares, deberán ser manejados en cortes de no más de 2 carros.

ARTÍCULO 93.- El manejo de unidades que contengan materiales y residuos peligrosos, deberán realizarse para su estacionamiento, embarque o desembarque, fuera de áreas pobladas.

ARTÍCULO 94.- Los carros que porten carteles indicando la presencia de material o residuo peligroso, deberán colocarse en el tren de acuerdo a lo que establece la tabla de segregación para la colocación de carros contenida en las normas vigentes.

ARTÍCULO 95.- Cuando se requiera realizar movimientos en patio con unidades que contengan materiales o residuos peligrosos, deberán utilizarse dos unidades que sirvan de protección entre la locomotora y la unidad o unidades que contengan dichos materiales, debiendo manejarse con el sistema de frenos de aire acoplado.

ARTÍCULO 96.- Las unidades de arrastre vacías destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos no deberán estacionarse en vías de patio, una vez que hayan sido descargadas se remitirán de inmediato a sus propietarios y en caso de pertenecer a la misma empresa ferroviaria, se enviarán a sus instalaciones de mantenimiento.

ARTÍCULO 97.- Las maniobras y movimientos de unidades en espuelas particulares, deberán efectuarse preferentemente a la luz de día, cuando se tenga que recibir o entregar unidades de arrastre que contengan materiales o residuos peligrosos.

ARTÍCULO 98.- Al hacer movimiento en las vías particulares de industrias, se deberán revisar y asegurar que las unidades por mover estén completamente desconectadas de los

dispositivos de carga y descarga que se encuentran fijos en las instalaciones de las mismas.

ARTÍCULO 99.- Antes de iniciar el movimiento de unidades en vías particulares, el personal de la empresa deberá verificar las diferentes medidas de seguridad que se tengan establecidas en la planta para el manejo de unidades conteniendo materiales o residuos peligrosos.

ARTÍCULO 100.- La empresa ferroviaria deberá verificar que las condiciones físicas de las vías particulares presten seguridad para la realización de maniobras y movimientos con unidades de arrastre que contengan materiales y residuos peligrosos.

ARTÍCULO 101.- Las unidades que sean entregadas en espuelas particulares, deberán ser aseguradas aplicando el freno de mano a cada una de ellas y cuando exista, deberá colocarse el descarrilador sobre la vía.

DISPOSICIONES ESPECIALES PARA EL TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS

ARTÍCULO 102.- El transporte de residuos peligrosos deberá efectuarse conforme a la clase de sustancia peligrosa de que se trate y que dio origen al residuo. Asimismo, para establecer el destino final del residuo peligroso, deberá sujetarse a las normas que se expidan.

ARTÍCULO 103.- Las empresas de transporte terrestre que generen cualquier remanente peligroso por lavado o descontaminación de las unidades utilizadas para el transporte de alguna sustancia peligrosa, deberán apegarse a las normas que expida la Secretaría de Desarrollo Social.

ARTÍCULO 104.- En la carta porte se establecerá claramente el destino final del residuo generado y se notificará a las autoridades correspondientes.

ARTÍCULO 105.- El propietario o generador del residuo peligroso quedará obligado a cerciorarse de que el sistema de transporte y las instalaciones del destinatario de la carga, estén autorizadas por la Secretaría de Desarrollo Social.

ARTÍCULO 106.- Para el traslado de residuos peligrosos la unidad a utilizar deberá cumplir con las especificaciones de construcción determinadas para el transporte de materiales, de acuerdo a la norma correspondiente.

ARTÍCULO 107.- Para la clasificación de los residuos peligrosos se estará a lo que establezca la norma.

ARTÍCULO 108.- Para transportar residuos peligrosos, éstos deberán ser compatibles entre sí, conforme a la norma correspondiente, llevándose las bitácoras de control de residuos.

OBLIGACIONES ESPECÍFICAS

DEL EXPEDIDOR Y DESTINATARIO DEL MATERIAL Y RESIDUO PELIGROSO

ARTÍCULO 114.- Para el transporte de materiales y residuos peligrosos el expedidor tendrá como obligaciones:

- I. Cerciorarse que los envases y embalajes que contengan las materiales o residuos peligrosos cumplan con las especificaciones de fabricación estipuladas en las normas correspondientes;
- II. Identificar los materiales y residuos con las etiquetas y carteles correspondientes en los envases, embalajes y unidades de transporte de acuerdo a las normas respectivas;
- III. Proporcionar la "Información de emergencia en transportación", del material o residuo transportado conforme a lo que estipula este Reglamento, la cual deberá apearse a la norma que expida la Secretaría;
- IV. Indicar al transportista sobre el equipo de seguridad necesario con que debe contar en caso de accidente, de acuerdo al material o residuo peligroso de que se trate;
- V. Proporcionar al transportista los carteles que deberá instalar en las unidades, de acuerdo al tipo de material o residuo peligroso de que se trate;
- VI. No efectuar el envío de materiales o residuos peligrosos en unidades que no cumplan con las especificaciones indicadas en el presente Reglamento o en las normas correspondientes;
- VII. Contar con las autorizaciones necesarias y la documentación complementaria requerida para evitar que se retrase el traslado de la carga;
- VIII. Proporcionar al destinatario todos los datos relativos al embarque de materiales y residuos peligrosos, con objeto de que éste pueda, en cualquier momento, realizar el seguimiento de los materiales o residuos transportados, indicándole además fecha y hora prevista para su llegada al punto de destino; y
- IX. Verificar que las maniobras de carga se realicen exclusivamente por personal capacitado, que cuente con equipo de protección adecuado.

ARTÍCULO 115.- Los destinatarios de los envíos de materiales y residuos peligrosos deberán descargarlos en lugares destinados especialmente para ello, en condiciones que garanticen seguridad, verificando que las maniobras de descarga se realicen exclusivamente por personal capacitado que cuente con equipo de protección adecuado.

ARTÍCULO 116.- Una vez notificado, el destinatario deberá acudir inmediatamente a realizar los trámites correspondientes para que las unidades que le fueron remitidas sean remolcadas hasta sus instalaciones, o bien para recoger y transportar hasta sus bodegas los materiales y residuos peligrosos recibidas.

ARTÍCULO 117.- Cuando así se estipule, los usuarios de unidades pertenecientes a transportistas, deberán retornarlas libres de remanentes de sustancias o residuos peligrosos, debiendo ser el transportista el que exija el cumplimiento de este requisito.

SANCIONES

ARTÍCULO 134.- Las infracciones al presente Reglamento, salvo en materia de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos en unidades de autotransporte federal y

transporte privado en la zona terrestre de las vías generales de comunicación a que se refiere el artículo 134 Bis, serán sancionadas en la forma siguiente:

Artículo reformado DOF 28-11-2005

- I. Se aplicará multa hasta por el equivalente a mil días de salario mínimo, por las infracciones a los artículos 5o, 17, 20, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 61, 63, 65, 69, 71, 74, 75, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 99, 102, 103, 104, 105, 110, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132 y 133.
- II. Se aplicará multa hasta por el equivalente a dos mil días de salario mínimo, las infracciones a los artículos 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 42, 43, 47, 60, 64, 67, 68, 72, 73, 85, 93, 98, 100, 101, 106, 115, y 121.
- III. Se aplicará multa hasta por el equivalente a cinco mil días de salario mínimo, las infracciones a los artículos 6o, 19, 59, 62, 66, 70, 76, 77, 79, 87, 108 y 109.
- IV. Se aplicará multa hasta por el equivalente de cien días de salario mínimo, por infracciones a los límites de velocidad establecidos en los artículos aplicables de este Reglamento y en los ordenamientos de la materia.

En caso de reincidencia, las infracciones al Reglamento se sancionarán con multas hasta por el doble de las cantidades que le correspondan.

ARTÍCULO 134 Bis.- La Secretaría y la Secretaría de Seguridad Pública a través de la Policía Federal Preventiva, impondrán, en el ámbito de sus respectivas competencias y conforme al Tabulador de Multas que forma parte de este Reglamento, las sanciones por el incumplimiento a las disposiciones del mismo, en materia de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos en unidades de autotransporte federal y transporte privado en la zona terrestre de las vías generales de comunicación.

Para la imposición de las sanciones a que se refiere este Reglamento, se atenderán los criterios que establece el artículo 77 de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y los previstos en la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

Las sanciones que se impongan, no eximen al infractor del pago de los daños y perjuicios ocasionados a las vías generales de comunicación y otros bienes de la Nación o a terceros.

En caso de reincidencia, las infracciones al presente Reglamento se podrán sancionar con multas hasta por el doble de las cantidades que correspondan.

Artículo adicionado DOF 28-11-2005

ARTÍCULO 135.- Para la imposición de sanciones administrativas, se tomará como base el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal, en la fecha en que se cometió la infracción. Para determinar la sanción se deberá considerar la condición económica y el carácter intencional del infractor, si se trata de reincidencia y la gravedad de la infracción.

ARTÍCULO 136.- La aplicación de sanciones económicas y administrativas a que aluden los artículos anteriores, será independiente de las que impongan otras dependencias del Ejecutivo Federal en el ejercicio de sus funciones o de la responsabilidad civil o penal que resultare.

TABULADOR DE MULTAS

	ARTÍCULO INFRINGIDO	CONCEPTO DE INFRACCIÓN	MONTO DE LA SANCIÓN EN DÍAS DE SALARIO MÍNIMO GENERAL VIGENTE EN EL DISTRITO FEDERAL	
			Mínimo	Máximo
1	5o.	Transportar materiales y residuos peligrosos sin permiso de la Secretaría.	495	500
2	6o., FRACCIÓN I	Transportar personas o animales en unidades para materiales y residuos peligrosos.	495	500
3	6o., FRACCIÓN II	Transportar en unidades para materiales y residuos peligrosos, productos alimenticios de consumo humano o animal o artículos de uso personal.	495	500
4	6o., FRACCIÓN III	Transportar residuos sólidos municipales, en unidades para materiales y residuos peligrosos.	495	500
5	7o.	Clasificar inadecuadamente de las sustancias peligrosas.	250	255
6	17	Omitir la identificación de las sustancias peligrosas de acuerdo a su clase, división de riesgo, riesgo secundario y número asignado por la Organización de las Naciones Unidas.	250	255
7	18, FRACCIÓN II	Incumplir con la norma respectiva en lo referente a embalajes y transportes de gases clase 2.	100	105
8	19	Incumplir con la clasificación, tipo o disposiciones de las normas correspondientes a los envases o embalajes.	250	255
9	20	Clasificar los envases y embalajes de manera distinta a la la sustancia correspondiente o a su peligrosidad.	250	255
10	20	Asignar envases o embalajes a sustancias que no correspondan, de acuerdo a la norma respectiva.	250	255
11	21	Incumplir con la inspección del envase o embalaje antes de ser llenado y entregado.	250	255
12	22	Omitir el cierre de los envases y embalajes.	250	255
13	23	Adicionar al exterior a los envases y embalajes sustancias incompatibles con su contenido.	250	255
14	24	Afectar los envases o embalajes por contacto directo de la sustancia o residuo peligroso.	250	255
15	25	Omitir la protección exterior de los envases o embalajes interiores.	250	255

2.2. Manejo de residuos y su nivel de riesgo.

Para una misma planta el nivel de riesgo varía de acuerdo con la eficiencia de operación o diseño de la misma. Así, por ejemplo, la incineración usada ampliamente para la destoxificación y reducción de los residuos es una de las de mayor riesgo si se maneja inadecuadamente y un cementerio industrial construido en una zona húmeda, con una gran porosidad y movilidad del suelo, con mantos freáticos cercados a la superficie del terreno, contiguo a pozos y a asentamientos humanos, refleja gran descuido: (6)

La selección geológica del lugar.
El diseño de ingeniería.
La evaluación del riesgo social.

Estos aspectos, aunados a deficiencias en el monitoreo y medidas de control, pueden generar problemas del impacto ecológico y en la salud de la población que no se dan si la misma selección tecnológica se lleva a cabo adecuadamente y la operación se realiza con altas normas de seguridad.

Es así que una de las decisiones críticas, cada vez más complicadas, es la selección de los sitios adecuados y la combinación de las diferentes tecnologías, de acuerdo con las características de cada DP.

Para el manejo adecuado de residuos actualmente existen las siguientes tecnologías, que serán tratadas en detalle en el siguiente capítulo:

- Reducción de los residuos.
- Separación, segregación y concentración de residuos peligrosos.
- Recuperación de materiales.
- Recuperación de energía.
- Tratamiento de los residuos para su destoxificación.
- Disposición o dispersión final.

El éxito de la decisión final será el resultado de ponderar y combinar las más adecuadas para cada caso, del diseño de ingeniería y de la eficiencia de operación.

2.3. Situación actual de manejo de los residuos peligrosos en México.

2.3.1. En San Luis Potosí.

A 21 Km al oeste de la ciudad, se encuentran localizadas las instalaciones de manejo y disposición de desechos químicos S.A., planta que maneja aproximadamente 5,000 ton. Por año, equivalentes a unos 25,000 barriles anuales. (4)

El sitio localizado a 2.5 Km., de asentamiento humano más próximo, es una zona árida con 500mm. De precipitación pluvial y evaporación de 1500mm. Anuales. El sitio esta

bardeado y tiene una extensión de 400m. Por lado. Se hicieron excavaciones de hasta 304m. de profundidad y no se encontraron aguas subterráneas.

La técnica utilizada es la de confinamiento controlado. Existen actualmente 6 u 8 celdas de relleno; cada una con una profundidad aproximada de 3m. y un área de 60 a 100m² aproximadamente, 5 trabajadores laboran en el cementerio industrial.

Cada celda consiste en pilas de 4 tambores; también hay celdas para materiales a granel. Las celdas están cubiertas por 50cm de tierra y una película impermeabilizante de asfalto para evitar la infiltración de la lluvia. Las celdas están cubiertas en su parte inferior con una tapa de plástico.

En sí los tambos están separados por tierra y a intervalos de unos cientos de tambos se encuentra un muro de tierra..

Las operaciones de descarga aparentemente se realizan a mano y se usa maquinaria para las tareas de excavación.

Se perciben olores a solventes en la parte baja de las celdas, mismas que tienen de 5 a 10 tubos de ventilación cada una; cuenta con un sistema de recuperación de fugas.

Los desechos que se reciben son generados en la región, aunque algunos provienen de lugares más alejados como Coatzacoalcos, Ver. En 1986 el precio que se cobraba era de \$ 33,000.00, incluido el transporte (hasta lugares situados a 500km de la planta), el cual se lleva a cabo en camiones de 10 a 30 ton. Que están a cargo de la propia empresa. El cobro para lugares más alejados era de \$ 42,000.00 pesos.

A pesar de los problemas técnicos por las infiltraciones al subsuelo y los riesgos laborales, se trata de un cementerio industrial semejante a los construidos en EU. en la década de los 70's que no pasaría los estándares norteamericanos actuales. En la actualidad es la mejor opción para el manejo y disposición de residuos peligrosos. Con que cuenta el País. (5)

2.3.2. CD. Sahagún, Hidalgo.

Las instalaciones para el manejo de los desechos industriales no peligrosos en Cd. Sahún, reciben residuos de plantas de la localidad y de otras partes de la república.

Estas instalaciones están siendo operadas por el fideicomiso Sahagún. La empresa cobra actualmente por tonelada de residuos industriales.

Frente a éstas instalaciones se encuentra otro sitio identificado como "Confinamiento controlado", localizado aproximadamente a 100m de altura sobre el nivel del mar, más arriba que el centro de la población.

Entre la ciudad y este sitio se encuentran varios pozos municipales y un centro de plantación experimental de maguey y nopal y otros terrenos dedicados a la agricultura.

El sitio consiste en dos celdas de aproximadamente 4m de profundidad, 12m de ancho y 40m de long. Una de ella está completamente llena de tambos y desechos líquidos arrojados a granel y esta cubierta de una capa de tierra de 1m. De espesor.

La celda llena contiene 7,000m³ de desechos industriales, equivalentes a 35,000 barriles, mismos que se llenaron desde 1982. (4)

La celda tiene un tubo para ventilación aunque aparentemente no hasta la parte baja de la celda, la cual tiene como recubrimiento inferior piedras y cemento.

El sitio se instaló en terrenos ejidales donados por la SRA (Secretaría de la Reforma Agraria) cuyas viviendas se encontraban a 75m. De distancia de la celda. La población local ha manifestado dolores de cabeza y mareos, se reporta la pérdida de pelo en ganado que cayó accidentalmente a una de las celdas y murió.

2.3.3. En Mexicali, B.C.

La secretaría de desarrollo social instaló un confinamiento de desechos industriales que garantizará a las ciudades de Mexicali, Tecate y San Luis Río Colorado, la adecuada disposición final de residuos altamente contaminantes.

Se informó que el receptor industrial de “el centinela”, fue construido en 1979 para atender la demanda de 33 empresas dedicadas a la formulación y aplicación de sustancias agroquímicas, cuyos desechos quedaban en las pistas de aterrizaje de avionetas fumigadoras en el Valle de Mexicali, y en ocasiones llegaban a los drenes y canales de riego, con lo que causaban serios problemas de contaminación.

Además se informó que el receptor que entrará en operación se localiza cerca de la carretera de Tijuana a 9km de Laguna Salada y cubre una superficie de 10 hectáreas, con capacidad para 66,000m³ de sustancias tóxicas. En la construcción del nuevo confinamiento que entrará en operación se sustituirá al actual depósito ubicado en el cerro del centinela, al que le quedan dos meses de vida útil, durante los cuales será utilizado para el confinamiento de sustancias agroquímicas solamente.

2.4. Alternativas posibles para la destrucción del BPC`S, elaborado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas.

2.4.1. BIFENILOS POLICLORADOS

I. ¿Qué son los Bifenilos Policlorados?

Los bifenilos policlorados conocidos como BPC, [Nombre químico en inglés Polychlorinated Biphenyls

PCB; en alemán Polychlorierte Biphenyle; y en francés Polychlorure de biphényle] son compuestos químicos de la familia hidrocarburos aromáticos halogenados que comprenden la molécula de bifenilo clorada. El servicio de resúmenes químicos de los Estados Unidos de América asigna a los BPC el número CAS: 1336-36-3

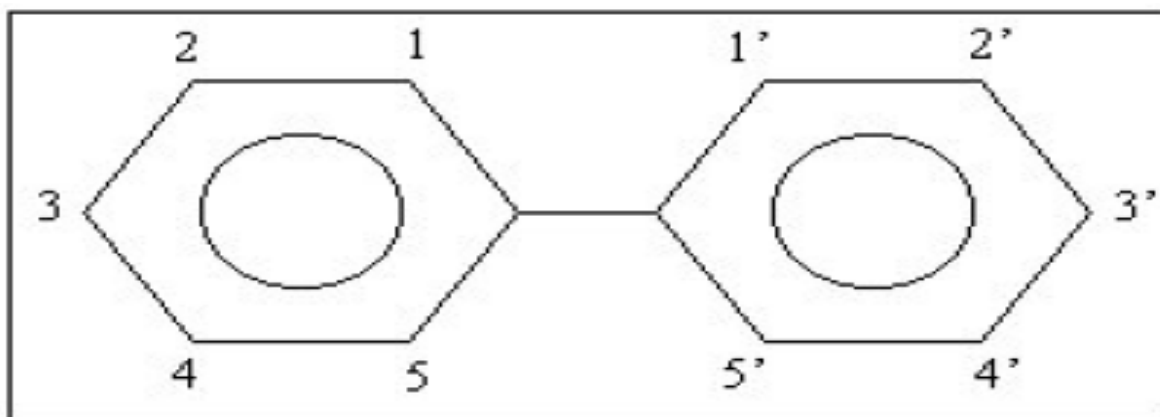
En teoría existen 209 compuestos individuales o congéneres, de los cuales alrededor de 130 están presentes en productos comerciales que contienen BPC.

II. Datos fisicoquímicos básicos.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de los BPC's.

Fórmula empírica	$C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$ donde n es mayor a 2, principalmente 2-7. En caso de que $n=1$ los bifenilos son monoclorados.
Masa molecular relativa	189-499 g
Densidad	1,2 - 1,6 g/cm ³
Punto de ebullición	320-420 °C
Presión de vapor	$0,2-133 \times 10^{-3}$ Pa

Figura 1. Molécula de BPC



III. ¿Que características poseen?

Los BPC's se encuentran principalmente en dos estados líquido y sólido, los líquidos van de color claro al amarillo ligero tienen consistencia resinosa por contener cantidades elevadas de cloro y en estado sólido los BPC son polvo blanco. Los monoclorobifenilos y diclorobifenilos puros son compuestos cristalinos incoloros; los BPC con más de 3 átomos de cloro son líquidos incoloros, de viscosidad entre moderada y alta. Todas las mezclas industriales son líquidas. No poseen olor ni sabor especial, los líquidos presentan viscosidad variable; tienen una alta estabilidad química por lo que son difíciles de destruir, poseen una baja presión de vapor, alta capacidad calorífica, baja conductividad eléctrica y alta constante dieléctrica, no son biodegradables, no son volátiles a temperatura ambiente. La solubilidad en agua es muy limitada, por lo que en derrames pueden quedar inmobilizados en los suelos o pisos y acumularse en los seres vivos expuestos debido a la

reconocida persistencia que presentan, son solubles en disolventes orgánicos, por otro lado la presencia de cloro les confiere excelente resistencia a la inflamabilidad.

Con base en los criterios y procedimientos del Programa de Gestión Ambiental de Sustancias Tóxicas de Atención Prioritaria elaborado por el Instituto Nacional de Ecología (INE), se clasifica a los BPC como una sustancia tóxica con nivel de prioridad 2, pues se sabe, que cumple con lo siguiente:

- Que sea predominantemente de origen antropogénico
- Que sea tóxico
- Que sea persistente
- Que sea bioacumulable

IV. Producción y Uso

Entre 1929 y 1989 la producción total mundial de PCB fue de 1,5 millones de toneladas, lo que hace un promedio de unas 26 000 toneladas al año. Incluso después de que en 1979 se prohibiese en Estados Unidos la fabricación, venta y distribución de PCB, entre 1980 y 1984 la producción mundial se mantuvo en 16 000 toneladas al año y entre 1984 y 1989, en 10 000 toneladas.

Por las ventajas de sus características físicas y químicas, los usos de los PCB se pueden clasificar como cerrados o abiertos. En las aplicaciones cerradas se trata de evitar toda pérdida de BPC conteniéndolo dentro de la unidad sellada. En ese tipo de aplicaciones la contaminación del medio ambiente es consecuencia de fugas del equipo.

Las principales aplicaciones cerradas:

- Sistemas completamente cerrados:
- Transformadores eléctricos;
- Condensadores eléctricos (incluidas las reactancias de lámparas fluorescentes);
- Interruptores, capacitares, balastos, interruptores de alta tensión, bobinas reguladoras, relees y otros accesorios eléctricos;
- Cables eléctricos;
- Motores eléctricos y electroimanes (cantidades muy pequeñas);

Sistemas nominalmente cerrados:

- Sistemas hidráulicos;
- Sistemas de transmisión de calor (calentadores, intercambiadores de calor);

La diferencia principal entre los BPC's comerciales utilizados en capacitares y transformadores, es que en los primeros se utilizaban puros y en los segundos se diluían con triclorobenceno.

En las aplicaciones abiertas los BPC's quedan expuestos al medio ambiente y es inevitable que se produzcan algunas pérdidas. Además, los BPC's fueron parte de la formulación de muy diversos productos.

Sistemas abiertos:

- Plastificante en cloruro de polivinilo, neopreno y otros cauchos artificiales;
- Ingrediente en pinturas, barnices, ceras de pisos, plastificantes en resinas y otros materiales de recubrimiento;
- Ingrediente en tintas y papel de autocopias;
- Ingrediente en adhesivos;
- Aditivos de plaguicidas;

- Ingrediente en lubricantes, materiales de sellado (composiciones obturadoras en la industria de la construcción) y de calafateo;
- Ignífugo en telas, alfombras, espuma de poliuretano, etc.;
- Lubricantes (lubricantes para microscopios, guarniciones de frenos, lubricantes para cuchillas, lubricantes de otros tipos).

PORCENTAJES DE APLICACIONES DE BPC's.

USOS	PORCENTAJE %
Capacitores	~50
Transformadores	~27
Plastificantes	~9
Fluidos hidráulicos y lubricantes	~6
Papel para copia sin carbón	~3
Usos industriales misceláneos	~2
Fluidos de transferencia de calor	~2
Aditivos de petróleo	<1

V. Identificación comercial.

A continuación se relacionan algunos de los nombres comerciales de los BPC's, incluyendo algunas mezclas de éstos.

Tabla 3.

NOMBRES COMERCIALES Y SUS PRODUCTORES de BPC's

NOMBRE COMERCIAL	COMPAÑÍA MANUFACTURERA	PAÍS
Clophen	Bayer	Alemania Occ.
Dk	Caffaro	Italia
Fenclor	Caffaro	Italia
Inclor	Caffaro	Italia
Apirolio	Caffaro	Italia
Aroclor o Aroclor B	Monsanto	Reino Unido y E.U.
Pyroclor	P.R.Mallory	Europa
Pyralene	Prodelec	Francia
Phenoclor	Prodelec	Francia
DP	Prodelec	Francia
Delor	Chemco	China
Sovol, Sovtol, Soviol	Sovol	Rusia
Asbestol	American	EU
Diachlor o Diachlor	Sangamo Electric	EU
Therminol	-	EU
Askarel	-	EU
Montar	-	EU
No Flamol	Wagner Electric	EU
Inerteen	Westinghouse	Canadá y EU
Clorinol o Clorinal	Sprage Electric Co.	EU
Dycanol o Dikanol	Cornell Dubille	EU
Elemex	McGraw Edison	EU
Hyvol	Aerovox	EU
Saf-T-Kuhl	Kuhlmann Electric	EU
Inerteen	Westinghouse	Canadá y EU
Pyranol	General Electric	Canadá y EU
Kanechlor	Kanegafichi	Japón
Santotherm	Mitsubishi	Japón
Aceclor	Acec	Bélgica

VI. ¿Que efectos produce al medio ambiente y a los seres vivos derivado de su exposición?

Medio Ambiente.

Hasta hoy se sabe que aproximadamente el 40 % de la producción de BPC's ha entrado al ambiente.

Se han encontrado niveles altos de ellos en las cadenas alimenticias. Este proceso ecológico se inicia por el transporte de los BPC's por aire, suelo y agua que a su vez es generado por el mal manejo de los mismos; de esta manera llega hasta los mares hasta entrar en contacto con el plancton, de ahí pasa a los peces, a los pájaros, hasta llegar a los humanos.

Los bifenilos policlorados entran en el aire de forma indirecta dado que derivado de una inadecuada combustión pueden generarse como productos de combustión dioxinas y furanos mismos que son

100 veces más tóxicos que los mismos bifenilos policlorados.

En el agua se sabe que un litro de bifenilos policlorados crea una capa superficial de más de 8,000

m² y contamina aproximadamente un millón de litros de agua potable; en lagos, lagunas, ríos y mares afectando a la fauna presente, biomagnificándose en la cadena alimenticia, esto es, que su movimiento a través de la misma genera incrementos de concentración.

Dada la alta densidad de los mismos en los derrames al suelo tienden a depositarse en la superficie de los mismos y por su condición de persistencia permanecen en ellos durante años ya que la fauna microbiana presente no es capaz de degradarlos.

Seres Humanos

El ser humano al ser expuesto a dosis bajas causa daños fatales ya sea inhalado, ingerido o al ingresar al organismo a través de la piel, puede provocar efectos agudos o crónicos, incluyendo cáncer; los efectos adversos en la salud se presentan de acuerdo el período de exposición, dosis, ruta de exposición (inhalación, oral y dermal), que pueden causar efectos: sistémicos (respiratorio, cardiovascular, sanguíneo, hepático, renal), inmunológico, neurológico, de desarrollo, reproductivo, genotóxico y cancerígenos.

En humanos, la toxicidad de los BPC's afecta principalmente la piel, el hígado y se pueden presentar efectos en el desarrollo embrionario. Los efectos metabólicos, reproductivos, endocrinos e inmunodepresivos se han observado en animales, así también se presentan efectos dermatológicos, reproductivos y de desarrollo, afecciones del sistema respiratorio, afecciones del sistema cardiovascular, gastrointestinal, hepáticos, del sistema nervioso. Los efectos conocidos hasta hoy son dolor de cabeza, mareos, depresión y fatiga.

TABLA 4.
EFFECTOS EN LA SALUD POR VÍA DE EXPOSICIÓN*.

EFECTO	VÍA DE EXPOSICIÓN		
	INHALACIÓN	ORAL	DERMAL
SISTEMICO CRÓNICO	X	X	X
INMUNOLÓGICO	X		
NEUROLÓGICO	X	X	
DESARROLLO	X	X	X
REPRODUCTIVO	X	X	
GENOTÓXICO	X		
CÁNCER	X		

*FUENTE: TOXICOLOGICAL PROFILES FOR PCB'S

VII. Formas de manejo ambientalmente adecuadas.

Procesos Térmicos

Todas las tecnologías que conforman los procesos térmicos se basan en la reacción de oxidación a través de una combustión controlada. Bajo condiciones adecuadas de operación, algunos sistemas de destrucción cuentan con niveles de eficiencia de combustión de 99.99% y una eficiencia de destrucción y remoción de 99.9999% manteniendo los niveles permitidos para emisión de partículas y contaminantes orgánicos. Algunas de las tecnologías para la incineración de Bifenilos Policlorados más empleadas a escala mundial son las siguientes:

Tabla 5. Procesos Térmicos.

TECNOLOGÍA	% DE USO
Incinerador de inyección líquida	~ 60
Horno rotatorio	~ 20
Incinerador de Lecho fijo	~ 12
Incinerador de Lecho fluidizado	~ 4
Incinerador de calderas múltiples	~ 2
Arco de Plasma, Otros	~ 2

Procesos no térmicos

Los procesos no térmicos para la destrucción de BPC's se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos con una gran variedad de tecnologías para cada uno de ellos. Estos procesos tienen como finalidad la destrucción y/o remoción eficiente (99.9999%) de BPC's, algunos de ellos se mencionan a continuación:

- Reducción química en fase gaseosa.
- Reducción por metal alcalino (Sodio disperso a baja temperatura o utilizando Níquel como catalizador).
- Descomposición catalítica por bases (Decloración catalítica en medio básico).
- Hidrodecloración catalítica.
- Método del terc-butóxido de potasio.
- Reacción de decloración fotoquímica en combinación con reacción de decloración catalítica.
- Oxidación a baja temperatura.
- Ozono lisis con luz ultravioleta.
- Clorólisis
- Método electroquímico.
- Métodos biológicos o biorremediación.

Descontaminación con disolventes.

Actualmente en el país es posible recurrir a la descontaminación de equipo eléctrico como condensadores y transformadores entre otros, dicha operación se realiza empleando disolventes que solubilizan el aceite contaminado (extracción líquido-líquido) con BPC's para reducir la concentración de BPC's en las superficies de dicho equipo eléctrico.

VIII. ¿Cómo deben manipularse?

*Etiquetado

Para el correcto etiquetado de los equipos y materiales residuales que contienen o están contaminados con BPC's, se debe considerar el anexo 1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-133- SEMARNAT-2000, Protección ambiental - bifenilos policlorados (BPC's). Especificaciones de manejo.

* Procedimientos de Limpieza y Recolección

En caso de derrame en el área de almacenamiento o fuera de él, se pueden utilizar varios materiales absorbentes de BPC's, la Tabla siguiente, muestra algunos de ellos.

Tabla 6.
MATERIALES ABSORBENTE PARA BPC'S

MATERIAL	EMPRESA FABRICANTE
Aserrín	-----
Vermiculita	-----
Imbiner Bedds	Dow Chemical
Hy Dry	Tennier Chemical
Diasorb	Diamond Shamrock
Stay-Dry	Waverly Minera Products
Oil -Dry	Waverly Minera Products
Carbón Activado	-----
Tiera con gran cantidad de humus	-----

Los procedimientos de limpieza varían de acuerdo a la severidad y localización del derrame.

IX. Métodos de identificación de los Bifenilos Policlorados

Todos los transformadores tienen una placa de identificación en la que debe aparecer el tipo de fluido aislante y su cantidad.

- Si el nombre de éste corresponde a los arriba mencionados, o
- Si la especificación de este líquido empieza con la letra "L" (como LFAF, LFAN, LFWN, LNP, LNS, LNW y LNWN) dicho transformador contiene BPC's.
- Si el fluido aislante empieza con "O" indica que el transformador contiene aceite.

* Métodos de determinación

Las personas físicas o morales, públicas o privadas que con motivo de sus actividades generen residuos, están obligadas a determinar si éstos son peligrosos. Para la determinación de bifenilos policlorados, se pueden emplear algunos de los siguientes métodos:

A. Método de Prueba No. EPA-8080

Varios métodos han proporcionado las orientaciones para realizar los análisis de pesticidas organoclorados y PCBs en matrices acuosas y en suelos por GC/ECD.

Los pesticidas y los congéneres de PCBs ahora son analizados por métodos separados, para asegurar unos datos de PCBs más precisos y eliminar las complicaciones que aparecen en los análisis combinados.

Los análisis de los congéneres individuales de PCB simplifican gratamente los estudios cuantitativos, y mejoran los datos, respecto a los difíciles estudios cuantitativos de PCBs como mezclas (ej. Mezclas

Aroclor®) -especialmente con mezclas oxidadas por larga exposición en el ambiente.

Los análisis por GC de pesticidas organoclorados y

PCBs pueden ser muy problemáticos a causa de las largas calibraciones, problemas de linealidad, y de rotura potencial de alguno de los pesticidas. Además de la resolución adecuada de los analitos de interés, la columna para este análisis debe exhibir un bajo sangrado. Una columna semicapilar de 0,53 mm de

ID está listada en el método US EPA Método 8081A y 8082A para pesticidas organoclorados, pero se podría usar una columna capilar para el análisis con una sola columna. Nuestra nueva columna de fase Rtx®-XLB de

B. Método de Prueba EPA No. 8081

APÉNDICE: Métodos de prueba de los criterios

A. Criterios ecológicos

Criterio 1

Métodos de prueba: US EPA 8081 «Plaguicidas órgano clorados y PCB como arocloros por cromatografía de gases: técnica de la columna capilar», US EPA 8141 A «Compuestos órgano fosforados por cromatografía de gases: técnica de columna capilar» y US EPA 8151 «Herbicidas clorados por CG utilizando metilación o pentafluorobencilación: técnica de columna capilar». Los eventuales resultados positivos deben confirmarse de acuerdo con el método US EPA 8270 «Compuestos orgánicos semivolátiles por cromatografía de gases/espectrometría de masas. Tecnología de columna capilar».

Pruebas anteriores al tratamiento húmedo del hilado utilizado en la fabricación del producto. No deberá superar los 0,05 mg/kg de hilado (si lo permite la sensibilidad del método de prueba) el contenido de ningún producto fitosanitario ni producto de ayuda a la cosecha citada en el citado

C. Método de Prueba EPA No. 8082

D. Método ASTM 4059-D

X. ¿Que especificaciones de embarque de BPC's se deben observar para su exportación?

Cumplir con lo establecido en el Capítulo IV artículos 43 al 46 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

- Tambores nuevos con especificaciones de la ONU.
- Contenedores especiales que cuenten con dique para contener en caso de derrame.
- Identificación de que tipo de residuo está dentro de los contenedores de acuerdo con el formato de etiqueta descrito en el anexo 1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-133-SEMARNAT-2000.
- Seguros y fianza internacionales.
- Establecimiento de la fracción arancelaria para Bifenilos Policlorados, que debe ser la No. 382490 o la correspondiente.
- Constatar que la exportación y la disposición de los residuos BPC's se lleve a cabo a través de la verificación del pedimento de exportación así como certificados de destrucción emitidos por la empresa receptora.

XI. ¿Qué actividades se realizan en la recolección de BPC's para su exportación?

- Acondicionamiento del sitio tendido de liner en suelo natural o plancha de concreto, sellado de alcantarillas y sistema de drenaje, acordonado de área y señalización donde se realizaran las actividades, estas son las siguientes:
 - Drenado
 - Trasvasado
 - Acondicionamiento de equipo contaminado BPC's
 - Acondicionamiento en tambores, supersacos o contenedores especiales.
 - Empaquetado, etiquetado y estibado.
 - Compactado de recipientes.

XII. Obligación del marco legal vigente referentes a BPC.

Todo generador de residuos es responsable de determinar si su residuo es peligrosos o no lo es, por lo tanto, para el caso del un generador de BPC's de acuerdo a la NOM-133-SEMARNAT-2000, el poseedor de cualquier equipo eléctrico, debe verificar si dicho equipo emplea líquidos que contienen

BPC's y realizar las pruebas de laboratorio pertinentes para determinar la concentración los mismos.

Para esto se debe contratar los servicios de un laboratorio debidamente acreditado.

Disposición	Artículo/Fracción	Texto
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	Artículo 31.-	Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:
	Fracción X	Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados;
	Artículo 45.-	Los generadores de residuos peligrosos, deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. En cualquier caso los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.
	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 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 67.	En materia de residuos peligrosos, está prohibido:
	Fracción 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;
	Fracción IV.	La mezcla de bifenilos policlorados con aceites lubricantes usados o con otros materiales o residuos; de menor impacto y riesgo ambiental.
	Fracción 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.
	Artículo 68.	En la importación de residuos peligrosos se deberán observar las siguientes disposiciones:
	Fracción II	En ningún caso se autorizará la importación de residuos que sean o estén constituidos por compuestos orgánicos persistentes,
Norma Oficial Mexicana	NOM-133-SFMARNAT-2000 Protección ambiental- Bifenilos policlorados (BPC's)-	Todo el texto aplica

**Tabla 6.
Límites de concentración de BPC's en residuos para decidir el manejo correspondiente.**

CONCENTRACIÓN EN [PPM o mg/Kg]	NORMA APLICABLE	TIPO DE EMPRESA DE MANEJO
Mayor a 50 BPC0 a 4	Es un residuo peligroso BPC y debe ser manejado de acuerdo a lo indicado en la NOM-133-SEMARNAT-2000.	Empresa autorizada por SEMARNAT para el manejo de residuos peligrosos BPC'
5 hasta 50	Es un residuo peligroso y debe ser manejado de como tal	Empresa autorizada por SEMARNAT para el manejo de residuos peligrosos
0 a 4	Es un residuo no peligroso.	Empresa de manejo de residuos no peligrosos.

Se estima que las cantidades de PCB que tiene la CFE en equipo, en servicio y fuera de servicio son las siguientes;

EQUIPO	LITROS DE PCB
766 TRANSFORMADORES	826,210
60 TAMBORES	12,000
2,000 CAPACITORES	45,000

Para eliminar en un periodo de 15 años como máximo, han propuesto como viables las siguientes soluciones:

- Incinerar sólidos y enterrar sólidos en México
- Enterrar líquidos y sólidos en México

El estudio incluye consideraciones sobre las posibles alternativas para incinerar PCB, contratando los servicios de compañías en EU. O la renta de incineradores transportable (montados en plataformas de trailer) para efectuar la incineración en México o la compra e instalación de incineradores especiales. En la propuesta presentada al INE consideran la incineración en hornos de cemento como opción más viable. Esta opción fue considerada por PEMEX para la incineración de sus residuos de PCB.(2)

Para el entierro se hacen recomendaciones para la construcción de la fosa en terrenos aptos para el desecho por entierro científico de basuras. A ésta fosa la denominan "Basufovea".

Como lugares apropiados para la construcción de éstas fosas se proponen diversas poblaciones de los estados de Coahuila, Durango, Nuevo León, S.L.P. y Zacatecas.

Por otra parte, para la limpieza del equipo, recomiendan el lavado, la aplicación de queroseno y la incineración posterior de las mezclas resultantes de PCB y queroseno.

Es conveniente mencionar que la comisión de Higiene y Seguridad de la CFE y el Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana (SUTERM) han publicado un instructivo para el manejo preventivo de PCB, en el que incluyen recomendaciones para la identificación de las áreas de confinamiento; la construcción de dichas áreas, las vías posibles de exposición de PCB; el tratamiento inmediato y posterior en caso de entrar en contacto; las ropas y protección que deben emplearse cuando se maneja equipo con PCB; las normas para el etiquetado de recipientes o equipo que contenga PCB.

2.5 Gestión de los residuos tóxicos y peligrosos.

Antes 1960 pocas alternativas existían para situar los residuos tóxicos y peligrosos en vertederos, los únicos procesos disponibles eran internos a cada empresa y consistían en tratar algunas descargas acuosas para adecuarlas a los límites legales vigentes. Los residuos tóxicos eran depositados en vertederos propios, pocos incinerados por las propias empresas, durante este periodo el vertido de los residuos industriales era gobernado por los siguientes conceptos: (5)

- Todo lo que no tuviese función productiva debía de representar un gasto mínimo.
- El vertido de los residuos industriales era considerado de poca incidencia y, por tanto relegado a bajos niveles de gestión.

El siguiente paso para deshacerse de los residuos peligrosos industriales, fue el delegar la tarea a contratistas independientes y los métodos utilizados por las empresas hasta entonces.

La filosofía que prevaleció durante éste periodo fue la de desentenderse del residuo que generaban y así pagar un mínimo por su eliminación. (3)

Pero aparecieron los problemas y éstos salieron a la luz. Las protestas del público se fueron generalizando, lo que obligó a los gobiernos a dictar primero medidas de control sobre el vertido de residuos y después proponer e incentivar el desarrollo de la gestión de los residuos tóxicos y peligrosos.

Para poder gestionar y eliminar correctamente los residuos peligrosos éstos se suelen clasificar de la siguiente manera:

- Recuperables.
- Susceptibles de tratamiento físico-químico.
- Susceptibles de ser colocados en vertederos de seguridad.
- Incinerables.

Categorías de las cuales nos ocuparemos en los apartados siguientes y que definen a los 4 tipos genéricos de tratamientos en que debe pensarse ante un residuo dado:

- Recuperación
- Tratamiento
- Vertido controlado

- Incineración

2.6 Manejo de los residuos industriales a nivel mundial.

El público, a nivel mundial, ha llegado a una creciente toma de conciencia a cerca de que su salud y el medio ambiente están siendo arriesgados como resultado de las anteriores prácticas de eliminación incontrolada que han provocado la muerte de especies animales y, en un creciente número de incidentes, han causado problemas de salud en los seres humanos. Un riesgo potencialmente más serio para la salud humana es la contaminación de las reservas superficial y subterránea del agua.

La publicidad que ha rodeado al love canal lo ha convertido ciertamente en uno de los lugares de eliminación y vertido más conocidos, pero de ningún modo, es único; existen otros depósitos de desechos que podrían ser una amenaza aún más seria. Es de creciente preocupación la falta de información fiable acerca de la cantidad de desechos peligrosos producidos por la industria, quien los produce, que son y que sucede con ellos.

Los países deben aprender de los errores del pasado, ciertamente, el costo de la limpieza de viejos depósitos en los cuales no ha habido control en cuanto a las cantidades y tipos de desechos depositados, esto se vuelve esencial, tanto APRA las autoridades como para los generadores, el poner estricto control sobre los residuos peligrosos. (12)

Una de las maneras de lograrlo es mediante la introducción de una legislación. Al mismo tiempo que se reconocen los efectos de los desechos peligrosos y los importantes riesgos potenciales que representan para la vida y los sistemas de apoyo vitales, un creciente número de países están promulgando una legislación específicamente dirigida al control de los desechos peligrosos.. Para apoyar e imponer éstas medidas específicas necesita también establecer la estructura administrativa y organizativa apropiada. Debido a la naturaleza tóxica y peligrosa de los desechos, a menudo se necesitan instalaciones de gran especialización y sofisticación para asegurar que la eliminación haya sido efectiva sin mayor peligro para la salud humana.

Existe la necesidad de una creciente educación y formación de personal, en particular en los países en desarrollo, para enfrentar el problema del manejo y control de los residuos peligrosos.

Los problemas planteados por la producción, transporte, almacenamiento y eliminación de desechos peligrosos son numerosos, ya sea que uno se refiera al pasado y sus riesgosas prácticas o la planificación para el futuro, Un problema, por ejemplo, en el control y manejo de los desechos es su identificación.

Así como no existe aún una definición internacionalmente aceptada de lo que es un residuo peligroso, aunque los criterios técnicos tales como toxicidad, inflamabilidad, corrosividad, combustibilidad y reactividad han sido propuestos y hasta cierto punto utilizados.

Otro Problema se presenta debido a la ignorancia de la localización exacta de los viejos depósitos de desechos peligrosos y los materiales que éstos contienen; de hecho, los

desechos son a menudo depositados sin tener una real conciencia de su compatibilidad entre sí, y han ocurrido ya serios daños por la mezcla de desechos incompatibles. El problema ha aumentado con depósitos de desechos que han sido abandonados.

Mediante la identificación, localización e inspección de estos sitios, el impacto que cada uno provoca sobre la salud y el medio ambiente podría ser evaluado. Sería entonces que podrían formularse e implementarse las medidas atenuantes apropiadas para los sitios abandonados no fueran utilizados para actividades que podrían dar como resultado problemas para el medio ambiente y la salud, a menos que hayan sido descontaminados en condiciones seguras.

Una de las tareas más importantes para la legislación sobre el manejo de desechos peligrosos es la asignación de responsabilidades para su alimentación. Algunas medidas para regular esta responsabilidad son ya utilizadas. Básicamente, éstas implican que las autoridades asuman la responsabilidad, o sea la asignan al generador, o una combinación de ambas. Cada enfoque tiene sus ventajas y desventajas, no importa quien proporcione el servicio de eliminación, en la responsabilidad de la eliminación correcta debe tenerse en cuenta la selección de un transporte apropiado y de los métodos de eliminación para los desechos en cuestión, además de una correcta declaración e identificación de acuerdo a los requerimientos legales, Mientras que los desechos peligrosos se encuentran en tránsito, el procedimiento manifiesto de carga es uno de los principales usados con propósitos de control además de contener el nombre del generador, la identificación del transportista, la descripción de los desechos, la cantidad y la certificación de autenticidad de la información proporcionada, el documento también debe llevar consigo instrucciones acerca del procedimiento a seguir en caso de accidente.

Algunos métodos han sido utilizados para eliminar los desechos peligrosos. Estos incluyen el relleno, el vertido en los mares, la incineración y la eliminación subterránea o en pozos profundos. De manera similar, se practican algunos métodos de tratamiento basados en principios físicos, químicos y biológicos.

Cada uno de estos métodos de eliminación y tratamiento tiene ciertas ventajas y problemas técnicos y/o económicos, los cuales dependen de la cantidad y tipo de desechos peligrosos. Se debe hacer una evaluación cuidadosa antes de determinar una técnica particular para que puedan obtenerse los resultados más efectivos en términos de costo. (22)

En aquellos casos en que existan muchos pequeños generadores de desechos peligrosos, que no puedan pagar ni la técnica ni las instalaciones, las autoridades podrían proporcionar asesoramiento y asistencia técnica. Aún más, la posibilidad de establecer un fondo, mediante contribuciones de los generadores de desechos peligrosos, con propósitos tanto correctivos como preventivos, podrían también ser considerados. Es claro que la estrecha cooperación y colaboración entre las autoridades reguladoras y los generadores es importante.

El relleno es aún el método de eliminación en muchos países. Pero en algunas instancias, los sitios de relleno, no son escogidos apropiadamente en términos de las propiedades geofísicas y topográficas y de las condiciones hidrológicas así como del clima.

En un sitio cualquiera existe la necesidad de una cuidadosa consideración del potencial de contaminación de la tierra y del agua superficial por polución de migración de lixiviante o por escape del sitio. Sin embargo aún cuando un sitio pueda parecer apropiado desde el punto de vista de las propiedades geofísicas su selección y uso no representan una absoluta garantía de que la contaminación del agua subterránea pueda ser evitada. Por esto debe mantenerse una continua supervisión del sitio y sus alrededores para comprobar que la eliminación de los desechos peligrosos pueda continuar sin presentar una amenaza al medio ambiente y al público en general. Para reducir éste peligro, los sitios de relleno tienen que ser revestidos, por ejemplo con materiales plásticos, para prevenir la lixiviación hacia las capas subterráneas de agua. Un problema particular que se presenta con la reciente preocupación del público por la contaminación proveniente de los desechos peligrosos y hasta no peligroso es la resistencia a aceptar un sitio de desecho en las inmediaciones de su población.

De este modo, aunque haya podido localizarse un sitio de desecho con todas las características necesarias para asegurar una eliminación adecuada, la opinión local puede impedir su utilización. De manera creciente, el relleno con desechos peligrosos es impedido en los sitios de continuidad hidráulica con un manto acuífero que es o que puede ser potencialmente usado para la extracción de agua de uso público.

Los costos de limpieza de un viejo sitio de eliminación son tan prohibitivos que tanto los gobiernos como la industria ahora reconocen que toda la cadena de procesos que llevan a la producción y eliminación de desechos peligrosos deben ser mantenidos bajo una continua vigilancia si se requiere que exista la posibilidad de un control y manejo efectivo. Por esto la política de manejo de desechos debe ser integral y global, comenzando con el uso de materias primas y los procesos de manufactura y siguiendo con el transporte, almacenamiento, tratamiento y por último la eliminación de los desechos.

Desde un punto de vista económico, así como de la obtención de una práctica ambiental sólida, la meta debe ser minimizar las cantidades de residuos producidos. Esto involucraría un incremento de la reutilización y el reciclaje de los residuos y la promoción de un mayor uso de tecnología de bajo y nulo desecho.

Sin embargo, ciertos desechos tales como los derivados de la dioxina, son muy persistentes y tóxicos en concentraciones extremadamente bajas y ya han causado problemas al ser diseminados en el medio ambiente.

Existe una preocupación respecto al uso de los mares para el depósito de estos desechos, lo que ha llevado a varias convenciones como la de Londres en 1972 y Oslo en el mismo año cuyo efecto es el de prohibir la eliminación en el mar de varios desechos peligrosos al mismo tiempo que requiere controles estrictos sobre otros. También hay preocupación sobre la incineración de los desechos en el mar, y desde un punto de vista ambientalista éste método debe llevarse a cabo con un control y vigilancia adecuada.

En los casos en que existen cálculos acerca del costo de la limpieza, éstos son extremadamente altos. Sin embargo, no importa limpiar el medio ambiente antes de que el daño, incluyendo la contaminación de las reservas de tierra y agua, llegue más lejos. Aún

más, al considerar los costos, también tienen que ser tomados en cuenta los beneficios para la salud y el ecosistema. (12)

Existe una cantidad importante de comercio de desechos peligrosos entre algunos países altamente industrializados en Europa, por ejemplo, exportando a países que han instalado facilidades apropiadas para el tratamiento/eliminación de algunos tipos particulares de desechos peligrosos. Existe la preocupación de que ésta práctica podría extenderse hacia los países en desarrollo que no poseen tales facilidades ni la mano de obra calificada para supervisar cuidadosamente y controlar la adecuada eliminación de los desechos que le son exportados.

Debe darse un fuerte apoyo a la política de integración “de la cuna a la tumba” para el manejo de los desechos peligrosos no solo para imponer estrictamente reglamentos promulgados, sino también para proporcionar diferentes estímulos a la industria para el uso de procesos que produzcan menores cantidades de residuos peligrosos.

2.7. Información sobre sustancias peligrosas.

Es claro que en la industria es necesario saber lo que es una sustancia peligrosa y cuando un desecho es peligroso para poder tomar las medidas precautorias adecuadas.

En una situación “dentro del trabajo”, la definición que paulatinamente está siendo utilizada es aquella contenida en la clasificación, empaque y etiquetado de sustancias peligrosas del consejo de Europa. (12).

Sin embargo, en las operaciones de transporte, es también necesario utilizar la clasificación de las Naciones Unidas para productos peligrosos.

La primera determina las siguientes categorías:

- Explosivos, oxidantes extremadamente inflamables, muy tóxicos, tóxicos, dañinos, corrosivos, irritantes, peligrosos para el medio ambiente, carcinógenos, teratogénicos y mutagénicos.

La segunda agrupa los productos peligrosos en las siguientes categorías:

Explosivos, gases comprimidos, líquidos disueltos a presión o muy refrigerados, sólidos inflamables, sustancias propensas a combustión espontánea, sustancias que al entrar en contacto con el agua emiten gases inflamables, sustancias radiactivas, corrosivas y sustancias peligrosas diversas.

Habiendo identificado las propiedades peligrosas mediante sistemas de clasificación, es deseable que estos materiales sean manejados de tal manera que no puedan ser liberados por accidente. Ofreciendo por consiguiente un riesgo para la fuerza de trabajo o para el público. Es igualmente recomendable que todos los implicados, patronos, empleados y el público mismo sean conscientes del peligro en primera instancia, y que el manejo de tales materiales sólo sea llevado a cabo por organizaciones expertas en éste campo y que puedan tomar medidas precautorias necesarias.

El control de las organizaciones que manejan los materiales peligrosos debe ser llevado a cabo por una autoridad competente en la materia y que disponga de personal con la suficiente experiencia como para supervisar los trabajos de tal organización. (4)

2.8 Resumen

Los sistemas para el manejo adecuado de los desechos peligrosos, se han desarrollado para satisfacer las demandas de: Reducción y eliminación de desechos desde su origen hasta su disposición final; limpieza de sitios contaminados por desechos. Respecto a la reducción y eliminación de desechos, la filosofía ambientalmente adecuada apunta a disminuir las emisiones y posteriormente manejar “Desde la cuna a la tumba” todo el complejo sistema hasta la disposición final, mientras que las desarrolladas para limpiar sitios contaminados han sido desarrolladas para responder a las demandas urgentes de limpieza de lugares usados para desechar residuos peligrosos.

Si bien muchas empresas químicas están empezando a implantar procesos que toman en cuenta la conservación del ambiente y la salud humana, la realidad es que las plantas químicas durante muchos años generaron e hicieron una disposición inadecuada de desechos y algunas siguen y lamentablemente seguirán con éstas prácticas en el futuro, debido a la imposibilidad de cambiar en un lapso corto sus métodos de producción.

CAPITULO 3

TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

3.1 Tecnología en el tratamiento de los residuos peligrosos.

Se entiende por tratamiento, las operaciones cuya finalidad sea reducir o anular la toxicidad y demás características peligrosas para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente, así como facilitar el transporte, almacenamiento, eliminación y recuperación de los recursos contenidos. (10)

A tal fin, todo residuo tóxico y peligroso deberá de ser sometido a uno o más de los siguientes procesos, desde el momento de su generación, hasta que se pueda considerar que ahí mismo ha dejado de ser un peligro para la salud humana y el medio ambiente, a continuación se muestran algunos procesos:

- Caracterización
- Pretratamiento
- Recuperación de materiales
- Recuperación de energía
- Tratamiento Químico i Biológico
- Eliminación

3.1.1. Caracterización.

Con el objeto de entender tanto los problemas potenciales que pueden ser asociados con los desechos peligrosos, como las diversas consideraciones técnicas al diseñar sistemas de manejo de desechos apropiados, incluyendo su tratamiento y eliminación, es importante reconocer que los desechos representan una gran diversidad de peligros.

La información relativa a las propiedades físico-químicas de los residuos es importante, a la hora de evaluar los equipos y sistemas de tratamiento adecuado al caso. (12)

3.1.2. Pretratamiento de residuos.

Entendemos por pretratamiento a aquellas operaciones que, con frecuencia, se deben llevar a cabo sobre los residuos peligrosos, para hacerlos más fácilmente manejables por los subsiguientes pasos a los que deberá ser sometido. Estas operaciones se pueden clasificar en tres grupos: (9,10)

- Procesos Físicos
- Procesos Químicos
- Procesos Biológicos

Los procesos de tratamiento físico son los más utilizados en esta etapa de pretratamiento, por lo que los vamos a estudiar a continuación, dejando los restantes para más adelante.

La misión de estos procesos consiste generalmente en realizar una de las siguientes funciones:

a) Separación de fases:

En los residuos que se presentan en forma de lechadas, lodos y emulsiones; la separación de fases permite, generalmente, una reducción significativa de su volumen, sobre todo si el componente peligroso se encuentra mayoritariamente en una de ellas. Además suele ser muy indicado el concentrar dicha fase, para así facilitar las etapas posteriores a las que será sometido el residuo.

Los procesos de separación de fases son, generalmente mecánicos y sencillos de aplicar y, por tanto, baratos. El principio básico de todos estos procesos es conseguir que las fases sólidas se separen de la líquida, mediante el uso de fuerzas de gravedad, hidrostática, centrífuga o magnética.

El proceso de separación más utilizado, en el caso de las lechadas, es la sedimentación; siendo los productos resultantes un lodo y un líquido decantable. También se pueden utilizar la filtración y la centrifugación, principalmente. Cuando se trata de lechadas coloidales se recurre, generalmente a la floculación, por ser el proceso más simple; en un futuro inmediato, sea ampliamente aplicada en tales procesos.

Por lo que respecta a los lodos, la separación de fases más conveniente es la deshidratación, la que se suele realizar por filtración.

Las emulsiones, en la mayoría de los casos, son muy difíciles de separar. Se puede intentar variando su temperatura, cambiando su pH, por extracción, separadores API, etc.

Si la fase líquida que acompaña al residuo, en los casos anteriores, es volátil, se puede tratar el residuo por evaporación o bien por destilación, para conseguir la separación de fases.

b) Separación de componentes

La separación de algunas de las especies químicas contenidas en los residuos peligrosos, se pueden realizar sin tener que recurrir a la reacción química y, por tanto, se trata de un proceso físico. Las operaciones básicas más utilizadas al respecto son:

- Absorción
- Intercambio iónico
- Extracción de disolventes
- Extracción mediante fluido supercrítico
- Osmosis inversa
- Ultra filtración
- Electrodialisis

3.1.3. Selección del proceso de pretratamiento.

No se puede, ni se pretende, dar aquí una receta o solución mágica al problema, ya que las diversas personas que intervengan en la selección (fabricante de equipos, ingenieros, químicos, vendedores, autoridades reguladoras, encargados de plantas, etc.), del proceso óptimo poseerán diferencias de perspectivas sobre el problema y, por tanto, ninguna solución propuesta será necesariamente correcta para todos. No obstante, si que se puede apuntar que la selección de los procesos de pretratamiento vendrá condicionada por los siguientes factores: (12)

a) Naturaleza del residuo

Tenemos que considerar en este punto, la forma física del mismo, el tipo de componentes peligrosos (metales pesados, compuestos orgánicos, etc.) y la concentración de los componentes. El conocimiento de la misma es muy importante, ya que nos indicará, por ejemplo, si el residuo es compatible con el equipo de proceso considerado, los materiales constructivos, los sistemas de vehiculación, la instrumentación y las medidas de seguridad necesarias.

b) Objetivo del tratamiento

Las corrientes o productos resultantes del proceso de pretratamiento pueden no ser aptas para las siguientes etapas a que, como queda dicho, deberá de ser sometido el residuo. Es imprescindible el conocer de antemano o definir las características que deberá poseer el residuo una vez tratado en esta etapa inicial. Si el objetivo del tratamiento es, por ejemplo, la recuperación de algunos de los componentes del residuo, se deberá de seleccionar aquel proceso que conduzca directamente a un producto reutilizable o que convierta el residuo en una forma, a partir de la cual la recuperación deseada sea más fácil. (10)

c) Adecuación técnica de las diversas alternativas

Lo más probable, para un residuo dado, es que dispongamos de más de una alternativa para su pretratamiento. En este punto no basta que un proceso funcione bien para el residuo parecido, habrá que considerar, entre otros factores: La disparidad de concentraciones en las corrientes de alimentación, la interferencia de otros componentes que no sean comunes, etc.

d) Consideraciones económicas.

Desde el punto de vista industrial este es el punto más importante, a la hora de elegir un proceso de pretratamiento o de cualquier otro tipo. Hay que evaluar, en estos casos con precisión.

- El consumo energético del proceso.
- El costo de los reactivos.
- El costo del equipo y su mantenimiento
- El costo de las medidas de seguridad
- El costo de la mano de obra.

A nivel internacional, las tarifas para el manejo y disposición de desechos son muy variables. Esto obedece principalmente a:

- Falta de consenso, respeto a los niveles de control que se deben tener con los desechos.
- Las variaciones en la eficiencia de una tecnología en función de un desecho específico.
- La naturaleza dinámica de los precios en distintos países con base en las legislaciones, reglamentos y normas específicas.
- Las características fisicoquímicas y toxicológicas de cada desecho.

Los estudios de estos costos se hacen generalmente considerando dos aspectos:

- El costo del manejo de un desecho específico y del método de un tratamiento seleccionado. En este sentido los costos dependen más de las características del desecho y del tipo de proceso de destrucción química o térmica que ha de emplearse.
- Los costos posteriores al desecho, por responsabilidad social y otros costos derivados del manejo inadecuado anterior de los desechos.

En la RFA el costo de disposición en cementerios industriales fluctúa entre 15 y 30 dls., por tonelada, mientras que el costo de tratamientos térmicos llega a los cientos de dólares. En Francia, los precios para 1995 eran: Para disposición en confinamientos controlados entre 120 y 150 francos; para incineración de 120 a 200 francos; pero si se trata de incinerar derivados halogenados, entonces el costo se eleva a 800 y 1,700 francos.

En una encuesta realizada en el Reino Unido los costos de disposición de desechos iban en 1995 desde 15 dls. / Tonelada hasta 2,000 dls. / Tonelada para el tratamiento de desechos especialmente peligrosos. (10)

Costos de incineración o tratamiento en 1985 en Estados Unidos

Tipo de Residuo (dls)	Costo por tonelada Incineración	Tratamiento
Aceites residuales	94	40
Residuos de pinturas	453	94
Solventes no halogenados	94	61
Solventes halogenados	206	161
Cianuros	211	297
Costo para la disposición en cementerios industriales		
Barriles	168	240
Granel	55	83

Fuentes: Suess, M.J., Huismans, J.W., Management of hazardous waste, policy Guidelines and Code of Practice WHO Regional Publications, European Series No. 14.

e) El precio del manejo adecuado de desechos industriales peligrosos.

El presupuesto en Estados Unidos para la limpieza de sitios contaminados creció de 210 millones de dls. En 1983 a 620 millones de dls. Para 1985.

Las estimaciones iniciales hechas en 1980 suponían un presupuesto para 5 años 4,200 millones de dls; sin embargo, este se vio reducido a 1,600 millones para la limpieza de 400 sitios clasificados como prioritarios (se calculó un presupuesto de 4 millones por cada sitio).

La EPA calcula que existen alrededor de 18,000 sitios contaminados por desechos. El costo de atención a Love Canal hasta 1981 era de 42.1 millones de dls. (14)

El presupuesto para la demolición de las casas habitación construidas en Lekkerkerk, Holanda, ascendió en 1980 a 1,200 millones de florines y el costo de limpieza del sitio ascendió a 410mil dls.

El condado de Yorkshire, en el Reino Unido, tuvo que pagar 250mil libras esterlinas a los habitantes de Ravenfield para iniciar las tareas de limpieza del entierro contaminado con ácido sulfúrico de un sitio abandonado donde se recuperaba aceite gastado. (13)

El sistema Danés para la eliminación de residuos químicos.

Dinamarca es un país escandinavo, que cuenta con 5.1 millones de habitantes, los cuales se encuentran concentrados principalmente en Copenhague (el 20%) y en otras ciudades como: Aarhus, Aalborg y Odense.

El desarrollo industrial de Dinamarca se dio en la década de los 50 y 60. No posee industrias que puedan considerarse grandes a escala internacional y está conformada por pequeñas y medianas industrias que, sin embargo, producen desechos similares a los de los otros países industrializados.

La generación anual de desechos se estima alrededor de 150,000 toneladas, lo equivalente a 30kg por habitante clasificados en 51 categorías.

Las opciones con que cuenta la industria para el manejo de estos desechos:

- Tratamiento o reciclaje in situ, para lo cual hay que obtener un permiso.
- Enviar los desperdicios a una central autorizada para su tratamiento o reciclaje.
- Venta de desperdicios por medio de una empresa intercambiadora de residuos.

Kommunenkemi:

Kommunenkemi es una empresa patrocinada en parte por los municipios, de los cuales recibió un subsidio indirecto en forma de préstamos libres de interés hasta 1985. Esta empresa, creada para el manejo y disposición adecuada de los desechos generados por la industria danesa, que no puede tratar por sí misma, se encuentra en la Ciudad de Nyborg

situada en la isla de Fyn al este de Odense, en el centro de Dinamarca. Esta Ciudad cuenta con 18,000 habitantes y es uno de los puertos más importantes de Dinamarca.

Algunas de las operaciones tecnológicas que Kommunekemi ofrece son las siguientes:

- Refinación de aceites residuales y obtención de aceite combustible (fuel oil).
- Tratamiento químico de destoxificación de residuos inorgánicos, principalmente cianuros alcalinos, cromatos y soluciones de fierro ácidas.
- Incineración para residuos orgánicos, derivados halogenados o que contengan azufre; para el tratamiento de residuos sólidos, en forma de pasta o líquidos.
- Terrenos para confinamientos controlados de residuos sólidos, en terrenos localizados a 20km de Neyborg. En ellos e entierran residuos de los procesos de recuperación y destoxificación y no se aceptan residuos líquidos.

Chemcontrol:

Debido al interés mundial al que despertó el sistema de control de residuos industriales de Kommunekemi, se fundó Chemcontrol como una empresa consultora en el campo de tratamiento de los desperdicios químicos. Esta empresa ha prestado sus servicios en: Finlandia, el Estado de Massachussets en EUA, Holanda, Noriega, Suiza y Austria.

La asesoría que brinda esta empresa puede hacerla por colaboración directa con los gobiernos de los países que lo solicitan o por colaboración con empresas privadas de cada país.

Las bases sobre las cuales Chemcontrol considera debe hacerse la planeación para un manejo adecuado de desechos químicos son los siguientes:

- Legislación adecuada.
- Eficiencia y seguridad en los sistemas de recolección y manejo.
- Facilidad y seguridad en los sistemas de transporte
- Tratamiento completo e instalación para la disposición final.

Además, todos los componentes del sistema deben estar ligados por un adecuado sistema de registro y manifestación de los desechos que se manejan.

Fuente: Laugren, p. El sistema Danés para la eliminación de residuos químicos. Técnicas de laboratorio, (108); 940-945, 1985. Chemcontrol Statement of Qualifications, Chemcontrol A/S Dagmarhus DK 1553 Copenhgen V. Denmark.

3.2. La recuperación de los residuos en la industria

Se entiende por recuperación, a todo proceso industrial cuyo objeto es el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos tóxicos y peligrosos, ya sea en forma de materias primas o de energía.

El diseño de muchas de las instalaciones químicas o industriales modernas, incluyen el reciclado de un amplio muestrario de materiales utilizados en el proceso; cuando el costo del equipo, su operación y mantenimiento, son económicamente favorables.

El producto obtenido del reciclado, debe de estar de acuerdo con las especificaciones de proceso, para garantizar que su reutilización no provoque una disminución de la calidad en el producto final. Además los procesos de reciclado no deben ser operativos solo con los productos finales obtenidos, si no que deben ser también aplicados a los disolventes, catalizadores, absorbentes, etc. (12)

Muchas veces una compañía puede considerar, que su capacidad y experiencia técnica se debe de considerar en la fabricación de productos altamente especializados y que sus recursos humanos no deben ser malgastados en problemas secundarios, tales como el reciclado o el aprovechamiento de subproductos.

Además, cualquier problema en un reciclado puede acarrear graves consecuencias en la producción final de la empresa. Por ello, muchas industrias prefieren que la recuperación de subproductos sea llevada a cabo por otras empresas especializadas, especialmente cuando se trata de recuperar absorbentes y catalizadores.

Uno de los problemas principales en los sistemas de reciclado consiste en los productos indeseables presentes en las corrientes de retorno. Si el contaminante no puede ser fácilmente mantenido a concentraciones bajas en los sistemas en continuo, debe de pensarse en un sangrado frecuente del residuo.

La decisión de si la recuperación de subproductos se realiza y ésta se lleva a cabo como una parte integrante del proceso continuo, o como un proceso en batch, o bien eliminados como residuos, se encuentra determinada por una serie de factores tales como:

- Los económicos: El costo de la inversión, el costo de la operación y mantenimiento, el costo de los reactivos, el costo de la energía y el costo del tratamiento de los residuos generados.
- Si la recuperación no entorpece el buen funcionamiento de la instalación principal.
- Si el espacio que ocupa la instalación auxiliar, no podría ser aprovechado para la producción en otros productos de más interés.
- Estos principios son aplicables a los residuos industriales, sean o no peligrosos. Si la corriente de residuo reciclada es de baja calidad, puede ser utilizada para la fabricación de un producto de anterior categoría, o bien utilizada para otro propósito.

3.3. El tratamiento de los residuos

El objeto de todo tratamiento físico, químico o biológico de un residuo consiste en prevenir la introducción, por el hombre, en el medio ambiente de sustancias o energía responsables de causar:

- Daño a la salud humana
- Perjudicar a los seres vivos y sistemas ecológicos

El manejo adecuado de cualquier tipo de desechos comprende la generación, el transporte, el almacenamiento, tratamiento y disposición final. Es claro que muchas de las características de peligro, tales como: Flamabilidad, toxicidad por ingestión, inhalación o absorción por piel, pueden causar problemas en cada una de las etapas. Por otra parte, ciertos desechos que no ofrecen peligros para su manejo inicial pueden causar serios daños y problemas para su disposición a largo plazo.

Las principales tecnologías existentes para el tratamiento y la destoxificación de los desechos son los siguientes: (12)

- Tratamientos físicos
- Tratamientos químicos
- Tratamientos biológicos
- Tratamientos térmicos.

3.3.1. Tratamientos Físicos

Como se ha visto anteriormente, los tratamientos físicos se usan primordialmente, en el denominado pre-tratamiento de los residuos. No obstante, algunas veces tales técnicas se pueden usar como complemento a los métodos químicos y biológicos; por otro lado la fotólisis o fotodegradación se ha utilizado con éxito para tratar a los DDT, PCBs, y CDDs, (cloro-dibenzo-p-dioxinas). Las microondas pueden ser útiles para tratar productos orgánicos con puntos de ebullición por debajo de su temperatura de descomposición.

3.3.2. Tratamientos Químicos.

Los métodos de tratamiento químico son usados para efectuar una completa ruptura de los residuos peligrosos en gases no tóxicos y, más generalmente, para modificar las propiedades químicas del residuo, o por ejemplo: Para reducir la solubilidad en agua o para neutralizar la acidez o la alcalinidad. (8,9)

Esta opción es aplicable a residuos inorgánicos principalmente, los cuales pueden ser sometidos a una gran variedad de procesos, encaminados a convertir los componentes tóxicos en otros productos inocuos y solubles en agua, o bien en productos insolubles e inertes, los cuales se pueden separar del medio acuoso por decantación o filtración. El efluente no tóxico resultante es evacuado a una alcantarilla o a un curso natural de agua. El sólido inerte es depositado en un vertedero adecuado.

Por ejemplo, los cianuros pueden ser oxidados a cianatos (solubles y no tóxicos), por tratamiento con cloro gas, hipoclorito, etc.

Metales pesados en solución son convertidos en hidróxidos insolubles u óxidos hidratados tratándolos con álcalis, como hidróxido de sodio o calcio. Algunos iones metálicos de elevado número de valencia deben ser residuos antes de poder ser precipitados, en forma de hidróxidos como por ejemplo el cromo hexavalente, que es reducido por el SO₂.

Los principales tratamientos químicos se pueden clasificar en los siguientes grupos:

a) Neutralización

La neutralización consiste en la reacción entre un ácido o una base y un residuo peligroso para ajustar su pH a niveles aceptables (generalmente entre 6 y 8). Como principales precauciones a tener en cuenta, cabe destacar:

- Los productos de reacción no deben ser peligrosos.
- Se puede generar una gran cantidad de calor.

Generalmente este tratamiento de etapas posteriores para eliminar metales disueltos o en suspensión o productos orgánicos. Muchas veces se trata de una etapa previa necesaria a otro tratamiento para adecuar el pH a sus límites óptimos para aumentar su eficacia o rentabilidad.

b) Precipitación

La precipitación química consiste en transformar un contaminante disuelto en un sólido poco soluble, facilitando así su posterior eliminación por filtración o sedimentación. Su aplicación más extensa consiste en la eliminación de metales pesados procedentes de residuos acuosos tóxicos; precipitándolos en forma de hidróxidos, sulfuros o carbonatos.

c) Oxidación

La oxidación química se utiliza para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos en disolución acuosa. Los oxidantes más utilizados son el cloro, permanganato y el ozono, los principales residuos sometidos a éste proceso son: cianuros y mercaptanos, etc.

d) Reducción

Este proceso es aplicable a residuos líquidos en los cuales no se encuentran presentes compuestos orgánicos. Los reactivos más empleados son el sulfito y el dióxido de azufre. Los residuos principalmente tratados de ésta forma son: El cromo hexavalente, el mercurio, metales complejados (cobre y níquel) etc.

e) Clorolisis

Se entiende por clorolisis la reacción de cloro, a 800 grados centígrados y presiones de 70 atm. Y residuos conteniendo hidrocarburos clorados. Los productos resultantes del tetracloruro de carbono percloroetileno ácido clorhídrico e hidrocarburos.

3.3.3. Tratamientos Biológicos

Ciertos productos orgánicos pueden ser degradados en derivados relativamente inofensivos por la acción biológica de microorganismos. Una característica general, que poseen estos residuos biodegradables, es ser miscibles con el agua y presentarse en bajas concentraciones. Generalmente éstos residuos orgánicos industriales, se disponen en gran cantidad, poseyendo una demanda biológica de oxígeno DBO; y se diferencia enormemente de los residuos domésticos, por los compuestos orgánicos presente, la concentración de los contaminantes biodegradables, el contenido de nutrientes inorgánicos y la presencia de sustancias tóxicas en la biomasa. (10)

Los principales tratamientos biológicos son los siguientes:

a) Lodos activados

Este proceso implica la producción de una masa activa en microorganismos capaces de estabilizar sustancias aeróbicamente biodegradables. La biomasa es reciclada, en presencia de oxígeno y descompone la materia orgánica por hidrólisis y oxidación; siendo los productos finales de este proceso, bióxido de carbono agua y lodo. El proceso que nos ocupa es capaz de reducir apreciablemente una gran variedad de compuestos orgánicos; sin embargo, es solo aplicable a disoluciones acuosas diluidas.

b) Filtros percoladores

Se trata de un proceso aerobio que elimina que elimina materia orgánica de corrientes acuosas, siendo la materia orgánica degradada por una población de microorganismos contenidos en el filtro. Se introduce la disolución en forma de fina lluvia, por la parte superior de una columna de relleno, en el cual se adhieren los microorganismos. Las aplicaciones de esta técnica son similares a la de lodos activados. (9)

3.4 Tecnología en la eliminación de residuos peligrosos

Se entiende por eliminación a todos los procedimientos como el vertido controlado, la incineración sin recuperación de energía, la inyección en el subsuelo y el vertido al mar, que no implique aprovechamiento alguno de los recursos.

3.4.1. La incineración

La incineración, una de las medidas más efectivas para tratar los residuos tóxicos y peligrosos, es un proceso en el cual la oxidación térmica a alta temperatura modifica sus componentes.

Las consecuencias de la incineración son la reducción del volumen (que suele llegar al 1% del original) y la práctica destrucción de los compuestos orgánicos, siendo los productos obtenidos, bióxido de carbono, vapor de agua y cenizas. Antes de 1985 generalmente la incineración no resultaba un proceso económico, salvo en el caso de los residuos con un alto contenido energético (como disolventes), o bien como aquellos residuos que podrían ser quemados en incineradores municipales o industriales existentes.

En los demás casos, ésta técnica resultaba más costosa que el vertido en los depósitos de seguridad. Esta circunstancia hacía poco atractiva la incineración a los ingenieros, por lo que su desarrollo fue mínimo en esta época. A partir de 1985 la incineración se está convirtiendo en una técnica mucho más interesante, económicamente hablando, debido, sobre todo a que las disposiciones legales sobre los vertederos se hacen más exigentes, lo que va encareciendo éste método respecto a la incineración.

La destrucción térmica de los residuos peligrosos consiste pues, en exponerlos a elevadas temperaturas (900°C o más) y generalmente en un medio oxidante, para convertirlos en productos no peligrosos. Para poder ser destruido por incineración, el residuo o al menos la mayoría de sus componentes peligrosos deben ser combustibles. Estos procesos permiten la destrucción de los compuestos orgánicos peligrosos, a la vez que reducen el volumen ocupado por el residuo, y en algunos casos, se puede recuperar alguna cantidad apreciable de energía y también algunas especies químicas de interés industrial.

Por estos motivos, la incineración se está convirtiendo en una alternativa cada vez más atractiva a los métodos más tradicionales de eliminación de residuos en vertederos controlados.

No obstante, el diseño, o uso inapropiado de tales técnicas puede suponer una amenaza para el medio ambiente y la salud humana debido a las emisiones de sustancias potencialmente peligrosas.

Los factores más importantes a tener en cuenta al diseñar un incinerador, son las siguientes: (12)

- La temperatura de combustión
- El tiempo de permanencia del gas en combustión
- La eficacia de la mezcla del residuo con el aire de combustión y combustible adicional.
- Las propiedades químicas y termodinámicas del residuo (son imprescindibles para poder determinar el tiempo y la temperatura de reacción): Composición, poder calórico inferior, formación de mezclas explosivas, corrosión.
- La cantidad a eliminar
- Los condicionamientos ambientales
- Los condicionamientos económicos.

3.4.2. Tecnología de la incineración

Hoy en día, son cuatro procesos típicos de incineración, a saber:

- Incineradores de inyección líquida: Es el tipo más utilizado se puede aplicar ésta tecnología a los residuos que se pueden bombear. Se trata normalmente de cilindros recubiertos de materiales refractarios y equipados con varios quemadores. Los residuos, que son inyectados a través de los quemadores, se atomizan en finas gotas y se queman en suspensión en el interior del cilindro. Los cilindros de eje vertical se usan principalmente cuando el residuo contiene sales inorgánicas; mientras que los de eje horizontal, se tratan residuos con poco ceniza.

- Hornos rotativos: Son los más versátiles, ya que se pueden utilizar para todo tipo de residuos incinerables. Se trata de un recipiente cilíndrico ligeramente inclinado, recubierto interiormente de un material refractario. La rotación del horno provoca el desplazamiento y agitación del residuo en el interior del mismo. Para garantizar una combustión completa, en éste tipo de horno, se añade generalmente una cámara de postcombustión.

- Incineradores de parrilla fija: también llamados de aire controlado (o de aire en defecto) y pirolíticos, son los terceros en importancia, por lo que respecta a su difusión y los emplean principalmente aquellas empresas que eliminan los residuos que ellas mismas generan. Se trata básicamente de un proceso de combustión en dos etapas, el residuo se introduce en una cámara primaria, donde se quema entre un 50 y 80% (por falta de aire). Este efecto de aire ocasiona la destrucción pirolítica de la mayor parte de la fracción volátil, gracias al calor generado por la oxidación del carbón. Los productos resultantes de ésta primera etapa, entran a continuación en la cámara secundaria; en la que se inyecta aire adicional para que la combustión sea completa.

- Incineradores de lecho fluidizado: Esta tecnología ha sido, hasta el momento poco utilizada, conociéndose aplicaciones en la industria petroquímica y papelera. Un incinerador de lecho fluidizado es un reactor cilíndrico vertical, recubierto interiormente de material refractario, y conteniendo un relleno formado por partículas granulares inertes. Se introduce aire forzado por la parte inferior del recipiente, éste atraviesa el plato distribuidor correspondiente y se desplaza hacia arriba atravesando el relleno, lo que provoca una fuerte agitación en el mismo. El lecho de partículas es calentado en la puesta en marcha, por un quemador auxiliar y el residuo inyectado radialmente en el medio precalentado, con el que se inicia la combustión del residuo. El lecho fluidizado genera, en primer lugar, una elevada turbulencia, lo que facilita la mezcla entre el residuo y el aire caliente y, en segundo lugar, posibilita que las partículas grandes de residuo permanezcan suspendidas hasta que se complete su combustión, aumentando, de esta manera la eficacia de la misma.

Como se ha indicado anteriormente, todas las instalaciones de incineración requieren normalmente, algún tratamiento adicional a los gases que se generan en la combustión. Este tratamiento consiste, en la mayoría de los casos, en hacer circular los gases de combustión a través de una torre de lavado, siendo los más utilizados:

- Lavadora ventura

- Torres de rociado
- Columnas de relleno
- Columnas de platos perforados

3.4.3. Perspectivas de la incineración.

La incineración es una técnica aprobada, disponible en el mercado que ha demostrado ser apropiada para una amplia gama de residuos. Se estima, no obstante, que solo se trata de un 2% de los residuos generados por este método. Se han realizado pruebas para incinerar residuos peligrosos incorporándolos a otros procesos industriales, tales como hornos de cementos y calderas.

Existen dos razones fundamentales para tal proceder:

- Muchos procesos térmicos industriales poseen condiciones de temperatura y tiempos de estancia parecidos o superiores a los correspondientes a los incinerados típicos.
- En la mayoría de los casos se consigue un ahorro energético en el proceso industrial al quemar un residuo debido al aporte calórico del mismo.
- Los resultados más satisfactorios han sido obtenidos en los hornos de cemento, ya que los mismos funcionan a temperaturas y tiempos de estancia superiores a los mejores incineradores. (12)

La zona de combustión proporciona un elevado grado de mezcla y turbulencia que facilita la destrucción del residuo; que unido al ambiente altamente alcalino del horno (el cual facilita la absorción de los gases ácidos de la combustión), elimina la necesidad del sistema de lavado de los gases de salida del horno.

3.4.4. Incineración Marina.

La incineración a bordo de barcos posee algunas ventajas económicas frente a la incineración en tierra, tales como:

- En la incineración de productos altamente clorados, no es necesario el lavar concienzudamente los gases formados en la misma.

El CH_1 formado es dispersado en la atmósfera y eventualmente absorbido por el mar. Este hecho contrasta con el costo de la neutralización del gas resultante en las plantas terrestres.

- Esta actividad no se encuentra sometida a las hostilidades de la comunidad local y no se necesitan permisos legales para la misma.

3.4.5. Tratamiento Térmico

Las ventajas del uso de altas temperaturas son que el tratamiento es permanente, se puede aplicar a diversos tipos de residuos y el volumen final de residuos por confinar se reduce enormemente. Además, existe la posibilidad de recuperación de energía o materia. Por el alto poder calórico de algunos tipos de residuos peligrosos se pueden obtener grandes cantidades de vapor a alta presión para producir calor o electricidad. (10)

Conviene en este punto hacer una distinción entre los dos posibles procesos térmicos empleados: Incineración y pirólisis. La incineración se realiza en presencia de un exceso de oxígeno y la pirólisis en ausencia de este elemento. Mientras que en la primera se trata de llegar a obtener como productos finales bióxido de carbono, agua y cenizas inorgánicas, en la segunda se obtienen sustancias provenientes de la ruptura térmica de las moléculas iniciales, y en ocasiones se forman polímeros durante este proceso térmico, aunque la reducción de residuos peligrosos es considerable, este proceso es uno de los que exige equipos más especializados como es el requerido para tratamiento de hidrocarburos, muchos de los cuales son no inflamables, y se recomienda el tratamiento térmico solo si se cuenta con el equipo especial para la recuperación del HC1 (gas) generado.

La incineración de residuos peligrosos líquidos es, en general, más fácil que la de sólidos, ya que aquellos pueden fácilmente inyectarse a la cámara de combustión. Para la incineración de líquidos se pueden usar diversos tipos de incineración mientras que para los sólidos el más utilizado es el horno rotativo. (9)

Respecto al proceso de combustión, los requerimientos para funcionar adecuadamente son:

- Vigilar la turbulencia y entrada de oxígeno en el caso de incineración para asegurar una combustión completa.
- Controlar el tiempo de residencia en las zonas de alta temperatura para permitir la completa descomposición de los DIP.
- Las principales opciones tecnológicas respecto a los incineradores son las siguientes:
 - Incineración por inyección líquida.
 - Hornos rotativos.
 - Hornos de cemento
 - Calderas.
 - Incineradores de niveles múltiples.
 - Combustores de cama fluidizada.
 - Incineración en alta mar.

Esta última opción ofrece ventajas para la incineración de ciertos tipos de DIP con características especiales, tales como son los derivados organohalogenados, ya que se puede combinar la incineración en altamar y la disposición de los residuos de incineración en el mar. La empresa Ocean Combustión Services con sede en Róterdam, Holanda, filial de la empresa Norteamericana Chemical Waste Management Inc. Operan barcos equipados especialmente para recolectar, transportar, incinerar en altamar y eliminar los residuos de incineración; con capacidades desde 15,000 lt/hr hasta 22,500 lt/hr. (10)

La incineración en altamar entre 1969 y 1978 fue cerca de 6000,000 ton. De residuos provenientes de Europa Occidental principalmente del mar del Norte. La incineración en altamar está regulada por la convención de Oslo de 1972 la cual estaba limitada al Mar del Norte, y por la convención de Londres en 1975, aplicable a todo el mundo. Debe ser estrictamente regulada y llevada acabo de acuerdo a los procedimientos establecidos por dicha convención. Por lo tanto, sólo deben ser incinerados residuos que puedan ser completamente destruidos por incineración y que todas las operaciones sean cuidadosamente monitoreadas para asegurar que no cause daño alguno al ambiente marino.

Sin embargo, algunos países consideran esta opción como una solución temporal. Se han realizado incineraciones en el Mar del Norte, algunas en el Golfo de México, aunque la legislación Norteamericana y la legislación Mexicana no hayan aprobado este método de disposición final.

Por último existen otras tecnologías que operan a altas temperaturas y que son las siguientes:

- Reactores de sal fundida.
- Reactores de Arcos de Plasma
- Oxidación húmeda
- Agua supercrítica

CAPITULO 4

4.- Disposición de los residuos peligrosos

4.1. Generalidades

Las prácticas sociales que tienden a concertar las acciones para que la producción, Transporte y disposición final de los residuos peligrosos sean ambientalmente adecuadas, pueden denominarse como gestión ambiental.

El proceso de ordenamiento ambiental consiste propiamente en la toma de decisiones que defina: Las acciones, como realizarlas y en que plazos, en último término, consiste en la selección paso a paso de las opciones posibles y más adecuadas en un proceso de desarrollo, que aseguren beneficios económicos-sociales y ambientalmente racionales para las generaciones presentes y futuras. (2)

Algunos de los componentes básicos de la gestión ambiental para el caso de los residuos peligrosos son:

- Legislación y administración
- -Vigilancia, monitoreo y sistemas de emergencia
- Concientización, educación y adiestramiento
- Incentivos fiscales y estímulos
- Participación ciudadana.

4.2.- Legislación actual Mexicana

Entre los componentes de la gestión ambiental, el más importante es el conjunto de Normas Jurídicas que permitan su regulación y control, por lo que conviene revisar la Legislación actual mexicana, que de una manera u otra considera el problema de los los residuos peligrosos.

4.2.1 Objeto y ámbito de aplicación de la ley

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para:

I. Aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos;

II. Determinar los criterios que deberán de ser considerados en la generación y gestión integral de los residuos, para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud humana;

III. Establecer los mecanismos de coordinación que, en materia de prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de residuos, corresponden a la Federación, las entidades federativas y los municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;

IV. Formular una clasificación básica y general de los residuos que permita uniformar sus inventarios, así como orientar y fomentar la prevención de su generación, la valorización y el desarrollo de sistemas de gestión integral de los mismos;

V. Regular la generación y manejo integral de residuos peligrosos, así como establecer las disposiciones que serán consideradas por los gobiernos locales en la regulación de los residuos que conforme a esta Ley sean de su competencia;

VI. Definir las responsabilidades de los productores, importadores, exportadores, comerciantes, consumidores y autoridades de los diferentes niveles de gobierno, así como de los prestadores de servicios en el manejo integral de los residuos;

VII. Fomentar la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica y económica, y esquemas de financiamiento adecuados;

VIII. Promover la participación corresponsable de todos los sectores sociales, en las acciones tendientes a prevenir la generación, valorización y lograr una gestión integral de los residuos ambientalmente adecuada, así como tecnológica, económica y socialmente viable, de conformidad con las disposiciones de esta Ley;

IX. Crear un sistema de información relativa a la generación y gestión integral de los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, así como de sitios contaminados y remediados;

X. Prevenir la contaminación de sitios por el manejo de materiales y residuos, así como definir los criterios a los que se sujetará su remediación;

XI. Regular la importación y exportación de residuos;

XII. Fortalecer la investigación y desarrollo científico, así como la innovación tecnológica, para reducir la generación de residuos y diseñar alternativas para su tratamiento, orientadas a procesos productivos más limpios, y

XIII. Establecer medidas de control, medidas correctivas y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones que corresponda. (15)

Los preceptos más pertinentes son los de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), que tratan los residuos dentro del tema de la contaminación de los suelos (Artículos 34, 35,36 y 37). De entre ellos, hay que destacar los artículos 34 y 35 que facultan a SEMARNAP para restablecer las normas a que deben sujetarse para autorizar el funcionamiento de los sistemas relativos a residuos sólidos, líquidos o gaseosos, prestando especial atención a los de naturaleza peligrosa o potencialmente peligrosa. (15)

Estas normas deben entenderse en el contexto de las altas atribuciones que la misma LGPGIR confiere a la SEMARNAP en el campo de la contaminación ambiental, en general (art. 5, 12, 14, 15 y 16). Entre estas atribuciones se encuentran por ejemplo: Las de promover entre las dependencias componentes la imposición de las restricciones necesarias, entre otras, en materia de disposición final de las sustancias contaminantes o peligrosas para el ambiente (art. 15). (15, 16,17).

La Ley Federal de Salud, trata en forma general el tema de los desechos químicos y biológicos de procedencia industrial que son peligrosos para el medio ambiente en su conjunto y desde la perspectiva de los efectos del ambiente en la salud. Compete a la Secretaría de Salud establecer los valores de concentración máxima permisibles de contaminantes en el ambiente.

Desde un punto de vista más general, el Reglamento para establecimientos industriales o comerciantes molestos insalubres o peligrosos, establece algunas restricciones que tienen que ver con el tema, pero bajo la perspectiva de, las relaciones de vecindad y cita las disposiciones pertinentes.

El tema se encuentra más desarrollado desde el punto de vista de la protección de los suelos, de las aguas y de la atmósfera. Así en materia de protección de los suelos se establece la necesidad de tratamiento de los contaminantes que se acumulan en estos y se sanciona como delito la descarga, depósito o infiltración de contaminantes peligrosos en los suelos (Art. 36 y 37 LGPGIR). (18)

En materia de protección de aguas, existen disposiciones similares a las anteriores de la LGPGIR y en el reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas, en concurrencia con otras de la ley Federal de Aguas. Estos ordenamientos jurídicos se ocupan de especialmente de la cuestión de las aguas residuales.

En materia de protección de la atmósfera, hay disposiciones que también serían relevantes si se considera la hipótesis de que ciertos desechos industriales peligrosos se transformen partículas en suspensión. Estas disposiciones se encuentran en la LGPGIR y en el reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos.

Todas las normas antes citadas se encuentran complementadas por otro tipo de normas (Acuerdos Presidenciales o Secretariales, instructivos, etc.), especialmente Normas Oficiales Mexicanas sobre residuos y aguas.

Las Normas sobre protección al medio ambiente marino se ocupan también del mismo tema, aunque siempre de una manera más general. A parte de las disposiciones relativas de LGPGIR son importantes en esta materia diversos tratados y convenios internacionales, empezando por la convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, que fue suscrita por México. (19)

En conclusión, se puede decir, que la legislación y la administración de los residuos peligrosos en México han trabajado de manera importante para hacer respetar los reglamentos y normas que obliguen a un manejo ambientalmente adecuado de los residuos peligrosos.

La experiencia internacional ha demostrado que la acción sigue a la Legislación y no al contrario, es decir, la existencia de una Legislación adecuada no garantiza por si misma el buen manejo de los residuos peligrosos, la carencia de esta legislación si asegura su mal manejo.

4.2.2. La importación de residuos peligrosos al territorio nacional.

Progresivamente se ha intensificado el interés de los medios de comunicación por el problema que plantean los residuos peligrosos de origen industrial. La reunión de las partes de la convención de Basilea celebrada durante el mes de marzo de 1993, así como el ingreso de México a la OCDE, ha contribuido a sensibilizar a la opinión pública hacia este problema que resulta de particular importancia para la política ambiental de México. (20)

En esta reunión, las partes de la Convención de Basilea, México se sumo ala mayor parte de los países del orbe en su demanda de prohibir la exportación de residuos desde los países industrializados miembros de la OCDE, hacia países no pertenecientes a esta organización internacional.

La importancia que otorgó México y la mayoría de las naciones representadas ante dicha convención, se tradujo en una resolución ampliamente difundida por la prensa, en la cual se establece esta prohibición a partir de un plazo que vence en 1997.

El ingreso de México a la OCDE plantea la necesidad de decisiones en torno al movimiento Transfronterizo de residuos. Estas deben partir de criterios objetivos y de una reflexión cuidadosa que todo esto implica.

Con respecto a la prohibición a las importaciones de residuos peligrosos, es posible argumentar con los elementos siguientes:

- Existen diferencias reales y reconocibles en las capacidades de vigilancia y control entre México y los países industrializados. Estas capacidades requieren la construcción de instituciones y de infraestructura física y humana que es costoso desarrollar y operar. En principio por razones de eficiencia económica, e incluso ambiental, podría aceptarse el movimiento transfronterizo hacia México con fines de reciclaje o recuperación de materiales secundarios, sin embargo es muy probable que los costos de transacción involucrados en el monitoreo estrecho requerido (laboratorio de caracterización y capacitación aduana, etc.) y en la prevención y control de los daños ambientales

vinculados al reciclaje y recuperación, superen las ventajas potenciales de eficiencia económica.

- La posibilidad legal de importar residuos peligrosos a México significa mantener abiertos los canales a favor de un flujo de materiales cuyo destino puede ser la disposición final encargada de un supuesto reciclaje o recuperación en condiciones inadecuadas de salud ocupacional y de impacto ambiental. Esto plantea costos sociales/ambientales que asumiría México a nombre de otras naciones.

- Es factible que la prohibición sea un mecanismo eficaz para redistribuir costos hacia los países industrializados, que entonces tendría que afrontar el costo de manejar adecuadamente la totalidad de sus residuos dentro de sus propias fronteras. Siendo que esas naciones tienen ventajas institucionales y tecnológicas, la prohibición total permitiría minimizar costos globales de manejo de residuos peligrosos.

- Conforme se desarrollan los sistemas regulatorios en los países industrializados se inclina más la relación de presión a favor de la exportación de residuos como alternativa a su manejo interno, esto significa una presión continua y creciente sobre México y otras naciones. La prohibición pudo ayudar de manera determinante a equilibrar esa relación de precios, ya que el único camino posible sería el del tráfico ilegal, el cual, dada una alta probabilidad de ser reprimido por un sistema de control y monitoreo eficaz (en los propios países de la OCDE que están obligados a impedir exportaciones de residuos hacia países que lo prohíban) y las elevadas sanciones consecuentes, arrojaría costos sumamente elevados.

- Bajo muchos puntos de vista, el problema de los residuos peligrosos no se resuelve exportándolos, sino afrontando su manejo, de tal forma que se establezcan plenamente los costos relevantes, lo que establece un marco de incentivos para una reconversión tecnológica que minimice su generación. Sin embargo, siempre estará la pregunta sobre el cual es el nivel o la unidad óptima de la estabilización: La empresa, la industria, la región, el país, el bloque de países, o el planeta.

- La respuesta estará, desde el punto de vista de la eficiencia ambiental y económica, en términos de ventajas comparativas, economías de escala en diferentes sistemas de manejo, capacidades de asimilación de distintos sistemas biofísicos, costos de transporte, costos de transacción en cada opción, y preferencias sociales en cada región involucrada. (20)

- Los residuos pueden ser una fuente valiosa de materiales secundarios, que impiden la explotación de recursos naturales, sustituyendo insumos cuya preparación y utilización puede provocar enormes impactos ambientales (chatarra, minerales, aceites, plásticos, papel y cartón etc.); de hecho, varios países que no son miembros de la OCDE y que carecen de recursos naturales propios a costos accesibles, han desarrollado una importante base industrial, de la cual dependen miles de empleos y un considerable volumen de ingresos. Tal sería el caso de Taiwán, Korea, Hong Kong y otros. Incluso muchos de estos materiales ostentan precios positivos, lo que demuestra que económicamente no se trata de desechos o de basura.

Conviene que los países mantengan soberanía sobre decisiones internas de desarrollar industria de reciclaje y recuperación de materiales si es que así conviene a sus intereses, siendo necesario ponderar con serenidad costos y beneficios.

4.3. – Tecnologías empleadas para la disposición final de los residuos peligrosos.

La disposición de los residuos peligrosos que pueda llevarse a cabo sin un tratamiento previo de destoxificación y de los residuos de los procesos de destoxificación o recuperación previa de residuos peligrosos, finalmente tiene que confinarse en sitios con tecnologías adecuadas para disminuir los riesgos de exposición que serán descritos posteriormente; sin embargo, debe mencionarse nuevamente que ningún método de confinamiento es totalmente seguro.

Para la disposición final existen las siguientes opciones:

- Confinamiento en cementerios industriales.
- Lagunas superficiales.
- Inyección en pozos profundos.
- Disposición de minas abandonadas.
- Tiraderos en el mar.

4.3.1.-Confinamiento en cementerios industriales.

Los cementerios industriales consisten en el entierro de los desechos en celdas o zanjas. Los residuos peligrosos pueden estar a granel o en contenedores. (21,22)

La experiencia internacional ha demostrado que con el tiempo los residuos peligrosos tienden a escapar del cementerio industrial, ya sea en forma líquida hacia el subsuelo, lo que se denomina lixiviación, o en forma de gases que se volatilizan o se absorben en el subsuelo.

El objetivo de la tecnología de cementerios industriales es reducir las fugas y a la vez evitar que estas entren en contacto con el ambiente. Los líquidos en un cementerio industrial provienen de disposición de residuos peligrosos líquidos, escurrimiento de lodos y de los semisólidos, infiltración de la precipitación pluvial a través de la cubierta, infiltración de las aguas freáticas. (23)

Los cementerios industriales pueden recibir virtualmente cualquier tipo de residuos peligrosos, aunque son menos efectivas en el caso de los desechos volátiles o solubles.

Un cementerio industrial o confinamiento controlado tiene básicamente tres aspectos que requieren un control de ingeniería.

El recubrimiento inferior, el sistema de colección de lixiviados y la cubierta. (24)

Todos los materiales empleados como recubrimientos presentan algún grado de migración o sea que permiten el paso de los líquidos como resultado de la presión hidráulica. Con base en estudios de laboratorio y de campo se han demostrado que la migración de las membranas sintéticas es de: $10E-11$ a $10E-14$ m/s para recubrimientos de arcilla.

Actualmente existen en el mercado internacional una amplia variedad de membranas plásticas comerciales, que tienen una gran resistencia física para evitar perforaciones, especialmente cuando se depositan los residuos peligrosos, y una baja reactividad química para evitar efectos de incompatibilidad química entre la membrana y los residuos peligrosos.

La instalación adecuada del recubrimiento requiere de considerable experiencia técnica. Para recubrimientos de arcilla, el contenido de humedad y el método de compactación son factores críticos, así como para recubrimientos sintéticos, lo es la unión de las tiras de membrana sintética y su riesgo de perforarse.

Los sistemas de recuperación de los lixiviados consisten en una serie de tuberías preformadas que se entierran en los puntos más bajos de un cementerio industriales. Su objetivo es recuperar los líquidos que escurren de la cubierta inferior del relleno, y que son bombeados nuevamente a éste para evitar que se diluyan en el ecosistema.

Una vez que un relleno o parte de este se llena, se instala una cubierta superior para evitar la infiltración de aguas superficiales y proveer una barrera física entre los residuos peligrosos enterrados y la superficie. Las cubiertas pueden ser de arcilla o membranas sintéticas.

Por lo cubierta salen tubos que permiten la salida de los gases formados dentro del confinamiento y tubos de colección de lixiviados.

Debe destacarse que los cementerios industriales o confinamientos controlados para residuos peligrosos son una opción tecnológica que no resuelve de una manera disminuye la dispersión de estos en el ambiente.

Normalmente, al ser sometido un residuo dado, a uno de los tratamientos enumerados hasta este punto, se le cambia su composición, concentración, aspecto, medio en el que se diluye, pero no se le destruye, por lo que el problema sigue existiendo.

Un depósito o vertedero de seguridad es un lugar en el cual se almacenan los residuos tóxicos que no han podido ser tratados por los procedimientos descritos anteriormente o bien los residuos generados a su vez en dichos tratamientos, de manera que se pueda garantizar que no contaminaran el medio ambiente circundante.

Un vertedero de seguridad es, pues, una instalación diseñada, construida y gestionada para asegurar el confinamiento de los residuos dispuesto de forma que no contengan contacto con el agua y el aire careciendo así de riesgos contaminantes para el medio ambiente.

Los residuos que se coloque en un vertedero de seguridad deben cumplir ciertos requisitos en cuanto a su composición. Asimismo, las instalaciones asociadas han de obedecer a normas constitutivas, que dependen de las características del lugar donde se vaya a instalar el vertedero y de las leyes legales vigentes en el mismo.

Un dato esencial a la hora de diseñar un vertedero para residuos tóxicos, consiste en conocer la composición y la cantidad de los lixiviados que se pueden producir a partir del

residuo depositado en el vertedero. Estos datos son esenciales para poder diseñar un vertedero:

- Los dispositivos de contención de los residuos.
- La recolección del lixiviado.
- El tratamiento de lixiviado.

Una opción importante, en el tratamiento de los lixiviados, consiste en la segregación del residuo antes de su deposición. La disposición de los residuos en celdas separadas dentro de un mismo vertedero, o bien el no permitir que algún tipo de residuo sea colocado en el vertedero determinado, puede facilitar el tratamiento posterior de los lixiviados formados, al evitarse combinaciones no deseadas de los diferentes productos químicos contenido, que podría complicar su tratamiento posterior.

4.3.2. Riesgos asociados a los vertederos

La experiencia adquirida en accidentes previos, permite el identificar las siguientes clases de riesgos, asociados con el vertido de los residuos industriales: (5)

- Contaminación de suministros de agua potable.

Riesgos de incendio. Debido a los residuos combustibles vertidos. Algunos residuos como los orgánicos aumentan el riesgo de incendio y explosión. Los agentes oxidantes fuertes como cloratos, percloratos y permanganatos, situados cerca de productos fácilmente oxidables, propician las reacciones espontáneas de combustión. Por ello, los productos combustibles deben ser dispersados sobre los no combustibles para minimizar los riesgos.

- Vapores tóxicos, Los líquidos volátiles pueden ir acumulándose en bolsas situadas en el interior del vertedero, o en entradas del terreno circundante. Estos vapores pueden ser metano, fosgeno (originado por recombustión de productos orgánicos clorados, PVC), cianuro (formado a partir de acrilonitrilo e isocianatos). También se pueden originar, de vapores, por mezcla de residuos incompatibles como cianuros y ácidos, sulfuro, compuestos de arsénico y agentes reductores.
- Malos olores. Determinados por productos químicos producen malos olores y a altas concentraciones pueden llegar a producir náuseas, vómito, efectos lacrimógenos, etc. Los más importantes son mercaptanos, acrilatos, ácidos valéricos, aminas aldehídos, ciertos ácidos clorados, et.

4.3.3.- Lixiviados, su Generación y Tratamiento

Entendemos por lixiviados a las aguas contaminantes producidas cuando en agua limpia, tal como de lluvia o subterránea, percola a través de residuos contenidos en un vertedero. En la mayoría de los vertederos, el problema medioambiental más importante lo constituyen los lixiviados; siendo en muchos casos, los daños más serios producidos por su inadecuado control. Si el vertedero se ha construido correctamente si el estudio hidrológico ha sido correcto, así como su operación, se puede asegurar que este problema

no existe. Pero presiones comerciales y costos de transporte dan como resultado que se utilicen para un vertedero, lugares que no son adecuados desde el punto de vista hidrológico. (12)

En cualquier caso debe presentarse atención a la climatología, de manera que las instalaciones proyectadas puedan recoger un caudal de lixiviados equivalentes al correspondiente para la precipitación máxima prevista.

La principal característica de los lixiviados es su gran variabilidad con respecto a su composición. Para poder predecir esta variación, en los últimos 15 años se han realizado muchos estudios experimentales en vertederos de residuos urbanos, vertederos de residuos industriales y vertederos mixtos habiéndose desarrollado los siguientes modelos:

a).- Vertederos conteniendo únicamente residuos sólidos urbanos.

La degradación de los residuos es esencialmente debida a los procesos biológicos. Los cambios físicos y químicos, la generación de lixiviados y de los gases, se encuentran directamente relacionada con una actividad biológica en el interior del vertedero. Estos procesos se encuentran denominados por la degradación de la celulosa y otras materias pudribles incluyendo proteínas y restos animales. Esta actividad puede dividirse en las siguientes etapas: (12)

- Descomposición Aerobia.
- Licuación y fermentación de la celulosa y otras materias oxidables por organismos anaerobios, obteniéndose compuestos sencillos solubles tales como ácidos carboxílicos de cadena corta.
- Bacterias metanogénicas que empiezan a consumir estos compuestos para producir metano y dióxido de carbono.

La duración de la primera fase suele ser corta (algunas semanas) y es considerada de poca importancia en la estabilización global del residuo. La actividad aeróbica, en esta etapa, suele ser la responsable del aumento rápido de temperatura en el interior del vertedero, llegando ocasionalmente a los 70 grados de temperatura.

Cuando se entra en la fase anaeróbica, la temperatura tiende a descender gradualmente, ya que estos organismos anaerobios, generalmente, producen menos calor. Los lixiviados obtenidos, cuando esta segunda fase es la dominante, se caracterizan por:

- La alta concentración de los ácidos grasos volátiles
- pH ácido
- Fuerte y desagradable olor
- Elevado DBO (superior a 20,000 mg./lt).
- Elevada relación DBO/DQO.
- Varios cientos de mg/lt de amoníaco.
- Varios cientos de mg/lt de nitrógeno orgánico

Este lixiviado puede ser químicamente agresivo, para otros componentes biodegradables del residuo, particularmente con los inorgánicos, por lo que en el mismo se puede encontrar:

- Elevada concentración de hierro, manganeso, calcio y magnesio.
- Elevada concentración de metales pesados.
- Elevada concentración de iones inorgánicos.

En la tercera fase, las bacterias eliminan los compuestos solubles en lixiviado, para producir, principalmente, dióxido de carbono, que contribuye al pH ácido, el olor, la alta DBO y la agresividad química. Esta fase se inicia más lentamente que la segunda (por espacio de varios años) y suele alcanzar un cierto grado de actividad cuando se establece un equilibrio dinámico con la segunda, ya que los compuestos solubles van siendo consumidos a medida que se producen.

Los lixiviados correspondientes a esta etapa se suelen caracterizar por:

- Concentración muy baja de ácidos grasos.
- pH Neutro o alcalino.
- DBO menor a 300 mg/lit
- DQO varios cientos de mg/lit
- NH₃ varios cientos de mg/lit
- Baja relación DBO/DQO
- Baja concentración de metales.
- Concentración elevada de sales solubles.

La finalización de esta etapa es esperada con agrado, pues:

- Las características contaminantes del lixiviado disminuyen.
- La producción de metano aumenta.
- El vertedero se vuelve apto para admitir los residuos industriales.

a).- Vertederos de co-disposición municipal-industrial.

Las características de los lixiviados, procedentes de los vertederos en los cuales se colocan residuos industriales urbanos, son gobernadas por las propiedades específicas del vertedero. Para muchas sustancias su concentración en el lixiviado no depende de la cantidad de la misma presente en el vertedero, sino de su equilibrio químico. En este equilibrio, a su vez depende de las condiciones resultantes del estatus biológico del vertedero.

Por ejemplo, se ha constatado que la concentración en lixiviados de metales pesados, aumenta al aumentar la concentración de materia orgánica, al disminuir el pH y al crecer la cantidad de iones. (12)

En los vertederos que han alcanzado la etapa metanogénica el pH es relativamente alto, la concentración de materia orgánica es baja y la masa de residuos en descomposición

presenta unos mecanismos físicos, químicos y biológicos muy parecidos a los que tienen lugar en las plantas de tratamientos de residuos.

Estos mecanismos pueden disminuir la presencia en el lixiviado de muchos compuestos tanto inorgánicos. Los vertederos de co-disposición controlada se valen de esta capacidad hasta cierto punto, pues es imposible el dar una serie de reglas sobre la cantidad de los diferentes residuos que pueden ser dispuestos, sin que se altere la cantidad de los lixiviados.

b).- Vertederos conteniendo únicamente residuos industriales

Cuando solamente de residuos industriales en un vertedero, pueden ocurrir infinidad de fenómenos siendo los dos casos extremos, los siguientes:

- Muchos componentes de los residuos se degradan de forma similar a los RSU y, por tanto, los lixiviados correspondientes son muy parecidos en ambos casos.
- Que no exista prácticamente actividad biológica en el vertedero y por tanto, el lixiviado reflejará la solubilidad en el agua de las distintas sustancias contenidas en el mismo.

4.3.4. Tratamiento

Los problemas de gestión para el lixiviado son únicos ya que, sus características dependen del lugar donde se han generado. Estas circunstancias variables aconsejan no dar demasiada importancia a soluciones que en otros casos parecidos, parece que funcionan bien, sino realizar pruebas de planta piloto.

Los problemas que hay que superar en los lixiviados y debido a sus componentes, son los siguientes.

- Eliminar las altas concentraciones de compuestos orgánicos degradables y no degradables.
- Eliminar los compuestos orgánicos tóxicos
- Eliminar los nitratos y nitritos.
- Eliminar los olores, incluyendo el sulfhídrico.
- Eliminar los sólidos en suspensión.
- Desinfección

Problemas que se superan con tratamientos muy parecidos a los descritos para los residuos tóxicos peligrosos.

4.3.5. Recuperación y Reciclaje.

Como ya se ha dicho anteriormente, los desechos pueden ser materiales, sustancias o productos que se vuelven contaminantes al estar en un lugar inadecuado, pero que pueden ser recuperables y reciclables en otros procesos productivos. La planificación industrial en México, hasta ahora, ha sido resultado fundamentalmente de las fuerzas del mercado y no de las consideraciones ecológicas. Los materiales con potencial de ser recuperados, reciclados o comercializados son aquellos en los que es relativamente fácil su

recuperación y purificación. La recuperación y el reciclaje desde el punto de vista de las etapas operativas se puede dividir en 3 categorías. (9,10)

- Reciclaje en la propia planta
- Recuperación comercial fuera de la planta
- Intercambio de materiales

La planificación de la industria en la situación ambiental deberá instalar fábricas cuyos insumos fueran los desechos de las plantas contiguas, es decir que el drenaje y los residuos sólidos de la empresa vecina, obtuvieran algunas de las materias primas.

En Salamanca Gto., ha sido instalada una planta fabricante de pinturas y aceites, cuyas principales materias primas las obtiene de los residuos de la Empresa Univex, con lo que se evita la descarga de estos en el Río Lerma.

La Empresa Negromex, situada en el mismo complejo industrial, recicla sus gases de combustión y obtiene energía térmica.

Dentro de este grupo de técnicas para la recuperación y reciclaje destacan las bolsas de residuos en las que los emisores ofrecen sus residuos para que otras industrias con demanda potencial los soliciten. No requiere por lo general inversión por parte del emisor y, en algunos casos la recuperación comercial es rentable.

Sin embargo, no siempre será rentable y factible reducir las emisiones de los residuos, por lo que a continuación se describirán las técnicas para su disposición final.

4.4. Inyección en pozos profundos.

Una tecnología que ha sido utilizada para la disposición final de los residuos líquidos, ésta técnica consiste en inyectar los residuos líquidos, por bombeo o gravedad, en un estrato profundo y permeable, aislado de los acuíferos utilizables por formaciones geológicas prácticamente impermeables, continuas, sin fallas, de gran espesor y en zonas no sometidas a fenómenos sísmicos.

Las formaciones permeables en donde se inyectan los residuos, suelen contener aguas muy salinas, que son desplazadas por el líquido residual, mezclándose con éste.

Para que esta operación tenga éxito, se han de cumplir las siguientes condiciones: (25)

- Realizar un estudio geológico exhaustivo del terreno.
- Ausencia en el residuo de: Sólidos en suspensión, gases, aceites y algunos microorganismos.
- Compatibilidad del residuo con el agua natural presente en la formación geológica receptora.

Este método que tiene su origen en la eliminación de la salmuera producida por las explotaciones petrolíferas; puede parecer a simple vista, que se trata de un procedimiento de fácil aplicación, pero no es así porque requiere:

- Tecnología avanzada.
- Elevadas inversiones
- Condiciones geológicas apropiadas.

Ello es debido, principalmente, a que la profundidad media a que se encuentran los estratos permeables adecuados, es de 1,300 metros. De esta forma, se asegura una separación de 1,000 metros, como mínimo, entre ellos y los acuíferos utilizables, situados como mínimo a unos 300m. De la superficie.

Actualmente se cuenta con la tecnología y experiencia para operar plantas de inyección y perforar pozos, aunque los costos de elevación del impacto ambiental de estas tecnologías y sus costos de operación son muy elevados. Cabe, sin embargo, mencionar que los métodos de investigación geológica hacen posible la evaluación del comportamiento de los desechos líquidos durante la inyección y la respuesta de los acuíferos, lo mismo que los posibles movimientos de los fluidos.

Este método ha sido empleado en los Estados Unidos y en Europa para la disposición de soluciones de sustancias químicas tóxicas y para la disposición de agua residual marcada.

4.5. El vertido marino.

Dos son las ventajas más importantes que posee de esta manera de eliminar los residuos.

- En gran dilución: La concentración de los compuestos tóxicos es reducida a valores insignificantes. (26)
- Degradación natura: Ciertas sustancias sufren reacciones de hidrólisis o biológicas en el seno del mar. Esta actividad se encuentra regulada por las actas de Oslo (1072) y Londres (1975), sobre el; vertido de residuos al mar, de los cuales hay que destacar:
 - La prohibición de tirar al mar, ciertas sustancias, como cadmio, mercurio, componentes orgánicos halogenados y siliconas.
 - La necesidad de un permiso para ejercer tal actividad. Para su consecución se debe realizar un estudio sobre sus consecuencias a corto plazo (toxicidad) y a largo plazo (acumulación de sustancias en organismos vivos)

4.6.- Estabilización y solidificación de residuos peligrosos.

Los residuos que se coloquen en un vertedero, tal como se ha expuesto anteriormente, deben de poseer una serie de propiedades físicas, químicas y mecánicamente bien definidas.

En los últimos años ha surgido un creciente interés por la estabilización y solidificación de los residuos peligrosos y de suelos y sedimentos contaminados; ya que estas técnicas, en la mayoría de los casos, acomodan las propiedades de los residuos para que sean aptos de ser colocados en los depósitos de seguridad, o bien son adecuadas para recuperar lugares previamente contaminadas.

Se entiende por estabilización a aquellos métodos que reducen el peligro potencial de un residuo, mediante la transformación de sus elementos contaminantes a su forma de menor movilidad, solubilidad toxicidad. La estabilización de un residuo no cambia normalmente ni su estado físico ni su forma de manipulación.

Se entiende por solidificación a aquellas técnicas que encapsulan el residuo en forma de sólido monolítico de elevada integridad estructural, para evitar que se difunda por el medio ambiente.

La solidificación no implica necesariamente una interacción química entre los residuos y los agentes solidificacntes, pero si que se suele desarrollar una unión mecánica entre ellos. La migración de las sustancias contaminantes se reduce considerablemente debido a la disminución de la superficie expuesta a la lixiviación, disminución que es debida al aislamiento que sufre el residuo en el interior de la cápsula aislante. (12)

4.6.1 Técnicas de estabilización

A menudo se confunde la estabilización con la fijación química. La estabilización debe de entenderse como un pretratamiento previo a la solidificación para aquellos residuos que debido a su alto contenido de ciertos componentes, o por sus características químicas, dificultarían el proceso de solidificación.

Es operación se suele realizar mezclando adecuadamente más de un residuo diferente, para conseguir un único residuo susceptible de ser solidificado. Si ello no es posible, se recurre a la técnica denominada sorción.

La porción consiste en la adición de un residuo líquido o semilíquido, de otra sustancia sólida que absorba al residuo, mejorando, de esta forma, su manipulación. Las sustancias absorbentes pueden retener el fluido dentro de los poros o bien reaccionar químicamente con ellos: (12)

- Tierra
- Cenizas
- Cemento
- Cal
- Sintéticos: Alumina, carbón activado, etc. Se usan poco por ser caros.

4.6.2. Técnicas de solidificación.

La solidificación está ganando importancia como una herramienta clave para solucionar el problema de los residuos peligrosos. La técnica consiste en entrapar el residuo en el interior de la matriz sólida que sea una elevada integridad estructural, para minimizar el riesgo de que se escape por lixiviado al medio ambiente. La solidificación se consigue o bien mezclando el residuo como otro material (agente solidificante), o bien redondeándolo con una sustancia impermeable.

Para seleccionar, diseñar u operar de forma efectiva los sistemas de solidificación el ingeniero debe familiarizarse con las muchas alternativas que se dispone. Los residuos

pueden ser solidificados con una gran variedad de sustancias; y los procesos de solidificación pueden llevarse a cabo directamente con un recipiente, in situ, en el terreno, con una planta fija o móvil de tratamiento o en el vertedero. La mayoría de los sistemas de solidificación disponibles hoy en día son procesos patentados, como veremos más adelante. La mayor parte de los mismos pueden ser clasificados dentro de los siguientes tipos genéricos.

4.6.3. Métodos Físicos.

Se trata de conseguir con los mismos, un residuo sólido a partir de un residuo semisólido, por eliminación del agua contenida en el mismo. Obviamente, estos métodos no dan lugar a una neutralización del residuo, pero son útiles desde el punto de vista de disminución del volumen del residuo a tratar, lo cual se traduce en un abaratamiento del proceso posterior, máxime cuando son considerados como sólidos que pueden llegar a contener entre 30 y un 95% de agua. (6)

Los métodos físicos más utilizados son los siguientes:

a) Secado

El secado puede llevarse a cabo mediante calentamiento del residuo, si bien el más común y económico es por filtración o centrifugación.

b) Mezcla de absorbentes.

Retrata, en este caso, de mezclar al residuo con sustancias capaces de absorber el agua contenida en el residuo.

c). Estabilización vegetativa.

Esta técnica no es realmente un método físico de estabilización, sino se trata de una alternativa a los diferentes componentes del residuo, ciertos vegetales que estabilizan determinados suelos, y es aplicable cuando se dan las siguientes condiciones:

- El residuo contiene nutrientes para los citados vegetales.
- El residuo no contiene componentes que pudieran ser tóxicos para la vegetación del lugar.
- El residuo original posee un alto contenido en sólidos y se dispone de suficiente cantidad de terreno para este tipo de uso.

4.6.4. Métodos químicos

Los métodos químicos de solidificación de residuos, se caracterizan, o bien por la adición de un agente solidificante, o bien por la denominadas técnicas de contacto. Dentro de estos métodos químicos hay que distinguir los siguientes puntos: (6)

4.6.5 Métodos inorgánicos

El fundamento de estos métodos consiste en la utilización de un agente de solidificación, generalmente cemento y otras sustancias que actúan mejorando las propiedades físicas y mecánicas del producto final (máxime teniendo en cuenta la posibilidad de utilización de dicho producto como material de destrucción), o bien actuando como absorbentes o bien incluso como quimioabsorbentes, esto es, ayudando a fijar físicamente al residuo sobre la estructura formada, o bien promoviendo enlaces químicos entre el residuo y la estructura respectivamente. Redundando sobre este último punto, cabe señalar que si bien los dos fenómenos señalados anteriormente son, al parecer, los más importantes, es posible que algunas sustancias actúen también como intercambiadores de iones, permutando iones inocuos por iones procedentes del residuo.

Dentro de estos métodos de solidificación podemos distinguir:

4.6.6. Procesos con cal y cenizas volantes.

En este tipo de procesos se mezcla el residuo con materiales silicios, naturales o artificiales, y cal hidratada. La solidificación con este tipo de materiales posee las siguientes ventajas:

- Los materiales y equipos necesarios son sencillos y baratos.
- La mezcla resultante es un producto fácilmente manejable y de baja permeabilidad.

Entre las desventajas podríamos citar las siguientes:

- El aumento de volumen que sufre el residuo.
- Pérdida de contaminantes por lixiviación.
- Existen sustancias que interfieren en el proceso de fijación, como: Sulfato de Calcio, Borato Sódico, Dicromato de Potasio, los hidratos de carbono el aceite y las grasas. (12)

4.6.7 Procesos con cemento Pórtland.

En este caso, se trata de mezclar los residuos con cemento Pórtland (generalmente resistente a los sulfatos) y algunos aditivos, según el caso, como cenizas volantes, etc.

Como principales ventajas de la técnica se pueden mencionar:

- El manejo de mezclas de cemento es muy fácil y conocida.
- Los materiales y equipos necesarios son sencillos y baratos.
- El producto resultante suele presentar buenas propiedades mecánicas.

Como principales desventajas hay que señalar que:

- Ciertos tipos de compuestos interfieren en el proceso de solidificación, ya que pueden aumentar el tiempo de fraguado y disminuir la resistencia mecánica del bloque obtenido. Las sales solubles de manganeso, estaño, cinc y plomo son ejemplos típicos de interferencia. (12)

- Impurezas como materia orgánica, lomos y algunas arcillas, también aumentan considerablemente el tiempo de fraguado.
- Las sustancias insolubles y finalmente divididas (que pasen el tamiz 200), pueden llegar a recurrir a las partículas grandes y debilitar la trabazón entre el residuo y el cemento.
- El aumento de volumen que sufre el residuo.

4.6.8 Vitrificación

Esta técnica ha sido ampliamente usada en el caso de residuos radiactivos. El residuo es mezclado con vidrio borosilicato fundido en un horno multizona, o bien con electrodos que pueden fundir el terreno circundante al residuo para obtener la matriz in situ. Para la fusión son necesarias temperaturas del orden de 1200C.

Se obtienen, de esta manera, tensiones a tracción y compresión interesantes, pero sus elevados costos solo la hace aplicable a los residuos nucleares. A parte del costo, los contaminantes volátiles son vaporizados durante el proceso de calentado, lo que provoca las correspondientes emisiones tóxicas.

4.6.9 Encapsulación.

Este procedimiento consiste en revertir al residuo con una envoltura insoluble. Se utilizan para ello, polietileno, polibutadieno y mezclas de los productos. (28)

La encapsulación aísla el residuo sin necesidad de un segundo recipiente. Pueden ser tratados residuos tanto orgánicos como inorgánicos y el polímero necesario para la operación es fácil de obtener. Pero el proceso es caro debido al elevado costo del primero, de la energía y también debido a la mano de obra especializada necesaria. Además, se necesita equipo no convencional y es imprescindible el saco previo del residuo. Se debe de tener precaución en la elección del material de encapsulación para que sea compatible con el residuo, además no tiene que ser ni biodegradable ni inflamable.

4.6.9.1 Métodos Orgánicos.

En este apartado agruparemos aquellos procedimientos que utilizan productos orgánicos auxiliares para solidificar el residuo.

Clasificándose de la siguiente manera:

a) Micro encapsulación Termoplástico.

Esta técnica consiste en mezclar los residuos secos con materiales como asfalto polietileno, polipropileno, azufre, etc., para proceder a su envasado. El material más utilizado es el asfalto, aunque muchos materiales no son susceptibles de tal microencapsulación, como por ejemplo hidrocarburos sólidos, el azufre, etc. (28)

Este procedimiento ha sido utilizado, por el momento, en contados residuos, tales como aquellos que contienen arsénico, metales pesados, PCB's y dioxinas.

Los residuos deben encontrarse, en primer lugar, libres de agua, secándolos en muchos casos por evaporación. Después se mezclan con asfalto o las resinas termoplásticas a elevada temperatura (130 y 230 grados). Debido a la naturaleza plástica de la matriz sólida, el material tratado es frecuentemente colocado en recipientes antes de ser depositados en el vertedero.

Una primera ventaja de las resinas termoplásticas consistente en que son capaces de solidificar contaminantes muy solubles, que no se pueden solidificar por los sistemas anteriores, Además, la matriz sólida es muy resistente a las disoluciones acuosas.

La lixiviación es sólo una centésima o milésima parte de la que tiene lugar con el cemento. Al tener que secar el residuo, el volumen total del sistema disminuye. Por otra parte, el uso de las resinas termoplásticas requiere de equipos especializados, como por ejemplo para mantener las resinas líquidas durante su almacenaje y utilización.

No es adecuado para grandes cantidades de residuos. La cantidad de resinas suele oscilar entre 1:1 o 1:2 con respecto al residuo y el proceso global es caro.

Otros inconvenientes son:

- El no poder estabilizar a aquellos contaminantes que son volátiles a bajas temperaturas.
- La necesidad de residuos secos antes de poderse aplicar la resina.
- El tener que colocarlos en recipientes.

Se debe de estar seguro que el residuo y la resina sean compatibles. Algunos productos orgánicos pueden disolver a la resina o impedir su polimerización. Oxidantes fuertes (nitratos, cloratos, percloratos) pueden provocar que la matriz se deteriore con el tiempo. Además deben de soportar la auto inflamación o explosión ante la presencia de sulfuro o hidrocarburos sólidos a elevadas temperaturas.

b) Polimerización.

Hasta el momento solo se ha aplicado a residuos radiactivos.

El sistema más común es la resina de formaldehído con urea. El residuo se mezcla con la resina y se calienta hasta licuación en presencia de un catalizador.

Después se deja endurecer, normalmente dentro de un molde. Estos polímeros orgánicos pueden aceptar residuos en un amplio margen de pH. No existen problemas de combustión. Solo se requieren cantidades pequeñas y el producto final ocupa un 30% menos que en el caso de los sistemas basados en cemento.

Las limitaciones del método incluyen la alta viscosidad del material (que crea problemas de mezclado y manejo) la biodegradación potencial, debido al medio ambiente, si no se envasa en contenedores adecuados, la corta vida para la resina y la generación del

lixiviados si toda el agua no es entrampada. Además de su costo es de 5 veces superior a los sistemas basados en cementos y cales. (28)

c). Macro encapsulación.

El aislamiento del residuo del medio ambiente se consigue dotándolo de una envoltura impermeable y duradera. Se trata de colocar el residuo dentro de un tambor de polietileno o forrado de este material. También se suele utilizar polibutadieno, etc.

Esta técnica es adecuada para los residuos tóxicos muy solubles, siendo sus principales desventajas:

- El costo de los materiales.
- Equipo muy especializado (cuando se construye la funda a medida del bloque del residuo).
- Gasto importante de energía.

4.7 Procesos industriales de solidificación

Se han desarrollado y patentado, hasta el momento, más de 70 procesos para solidificar a los residuos peligrosos; de entre ellos destacan los siguientes: (31)

4.7.1. Chemfix

Este proceso, es uno de los primeros en ser publicados (1972), utiliza silicato de sodio y otro silicato soluble como agente solidificante principal. Se pueden añadir otros ingredientes incluyendo cloruro de calcio, sulfato de calcio y cemento.

El silicato es precipitado por adición de residuos ligeramente ácidos o soluciones acuosas de sales de metales polivalentes tales como cloruro de calcio. El silicato polimérico resultante puede contener cationes polivalentes, presentes originalmente en el residuo, incorporados a su estructura molecular.

Los residuos a solidificar pueden contener entre un 20 y un 40% de sólidos. Los residuos fuertemente ácidos deben ser neutralizados con cal hasta un pH=5. La cantidad de reactivo suele ser entre un 5 y un 10% en peso del residuo.

Este proceso fue patentado por Chemfix Inc, de Kenner, Louisiana y se ha utilizado con éxito en un gran número de residuos, es parcialmente con aquellos que contienen metales pesados tales como: Fe, Ni, Cr, Zn, etc.

4.7.2. SOLIROC

Este proceso utiliza cemento y algunos silicatos para ayudar en la solidificación del residuo. El silicato puede ser un aluminosilicato o algún complejo a fin (alguna vez estos residuos son residuos a su vez). El principio del método consiste en combinar un residuo ácido (si no lo es, debe ser acidificado) con el silicato escogido y ajustar el pH entre 0.5 y 0.3. En esta etapa el silicato forma varios ácidos silícicos de bajo peso molecular y los metales tóxicos se encuentran en solución. En la segunda parte de este proceso, el pH se ajusta a 7, por la adición de cal o hidróxidos alcalinos, con lo que precipita una mezcla de

los hidróxidos metálicos y silica gel. Parece ser que uno de los iones metálicos se encuentra enlazado químicamente con el silicato polimérico. La adición de cemento se hace para aumentar la resistencia mecánica del material sólido. El tiempo de solidificación se estima en 3 días.

Este proceso ha sido desarrollado por Mitra-Campans en Francia.

4.7.3. PETRIFIX.

Esta técnica francesa utiliza varias sustancias puzolánicas para solidificar un número importante de residuos industriales y agrícolas. Existe poca información publicada sobre el mismo, pero parece ser que se basa en utilización de silicatos cálcicos en unión con algún activador. Este activador es cemento, el proceso se denomina CEMSAVE.

Han sido tratados residuos tales como fangos procedentes de refinerías de petróleo, conteniendo fenoles e hidrocarburos y residuos procedentes de industrias galvánicas y electrónicas.

4.7.4. Sistema I U C S

El IU Conversión System Inc. (Philadelphia) ha desarrollado una familia importante de procesos de solidificación para el tratamiento de fangos de aguas residuales de alcantarillas y residuos procedentes de calderas que utilicen el carbón. Se trata de agregar sustancias al residuo que sean capaces de desarrollar la reacción denominada puzolánica.

El último proceso conocido es el POZ-O-TEC. Este sistema de líquidos para desulfurar el gas procedente de una caldera, con las cenizas provenientes del proceso de combustión y la cal. El álcali, el yeso y los silicatos procedentes de las cenizas, se combinan formando un material duro que puede ser utilizado como material de construcción. (30)

4.7.5. Proceso SEALOSAFE-STABLEX

Este método utiliza silicatos pulverizados, incluyendo un aluminosilicato, y cemento Portland como agentes principales de solidificación; no obstante pueden usarse otras sustancias adicionales (cenizas volantes, carbón activado, etc.) para mejorar la característica y propiedades del producto final de acuerdo a las características del residuo original.

De este modo, al final del proceso de solidificación se obtiene un sólido formado por un polímero silícico. Este sólido final pesa entre un 20 y un 40% más que el residuo original y su volumen es aproximadamente un 10% mayor. (29)

El proceso es aplicable a todos los residuos inorgánicos, no obstante, si algunas sustancias se encuentran en grandes cantidades podría darse el caso de que el residuo no fuera susceptible de ser tratado por éste método sin pretratamiento previo.

Conclusiones

Para finalizar la presente exposición, se deben tomar en cuenta cuatro de las etapas que se requiere resolver completamente el problema de la contaminación.

La primera es que se reconoce y se define el problema, atendiendo el tipo de contaminación de que se trate, a las sustancias que la origina y a sus efectos sobre la vida humana.

La segunda se determinan los niveles máximos o mínimos para los cuales los contaminantes no constituyen peligro para la vida humana, animal o vegetal.

La tercera se desarrolla los métodos de tratamiento de estas sustancias que permiten mantenerlos dentro de los límites de seguridad que los haga tolerables.

La cuarta se instala un método alternativo para eliminar las sustancias que no interesen desde el punto de vista económico someter a un tratamiento, las cuales no pueden ser tratados o los que, después de haberlo sido, dejen residuos de los que sea preciso deshacerse.

Se determina el problema de diferenciar entre residuo y residuo peligros, objetivos de las dos primeras etapas, lo que provoca deferencias de opinión de un país a otro. Las cuestiones fundamentales que han contribuido a ello son:

Un residuo se considera peligroso cuando la combinación de toxicidad y la probabilidad de que un material o residuo puedan penetrar y afectar a un hombre, a un ave o a un pez.

El contaminante se considera peligroso a partir de 1mg; 1g. O 1 kg.

Si la concentración del contaminante va disminuyendo, deja de ser peligroso el residuo, por debajo del 1% de 100ppm o 10ppm.

Al acordar un problema específico de tratamiento de residuos, objeto de la tercera etapa, habría que considerarlas siguientes jerarquías en las opciones de gestión del mismo:

Puede ser el residuo o incluso eliminado, modificando el proceso productivo o cambiado el diseño del producto.

Posee el residuo la probabilidad de recuperación de sus componentes o de su contenido energético.

El residuo puede ser aceptado en un vertedero si se encuentra a una distancia razonable.

El residuo debe ser inmovilizado por solidificación o encapsulación y depositado en un vertedero.

Los residuos no deben ser vertidos al mar.

Por lo que respecta a la cuarta etapa, la tendencia moderna en la gestión de los residuos industriales, consiste en la reducción, como pone de manifiesto las últimas disposiciones del Instituto Nacional de Ecología, en las cuales se exige un tratamiento previo de los mismos antes de ser vertidos, para que se ajusten estrictamente a las normas establecidas, en las que aparecen planes para la reducción de los residuos industriales o, cambiando los procesos de producción.

BIBLIOGRAFIA

- 1). Chem. Eng. New. 87(11)28, 1980
- 2). El Estado del Medio Ambiente. SEDUE, Méx. 1986
- 3) ANIQ Bolsa de Residuos: Los Provechos del Desecho. Expansión 15/377):50-52, 1983.
- 4) Cortinas Nava, C. Posibles implicaciones para la salud derivados del uso de energéticos. Simposio Energía y Medio Ambiente. Fac. De Ingeniería UNAM Dic. 4-5, 1984.
- 5) Toledo V. M. La cuestión ecológica. Ecología y Recursos Materiales. Ediciones Comité Centro. México, D.F.
- 6) Ley Federal de Protección del Medio Ambiente. Diario Oficial. 7 de marzo de 1984.
- 7). Buffler, P.A.; Crane, H.; key, M.M. possibilities of Detecting Healts Efects by Studies of populations Exponed to Chemicals from Waste Disposal Sities. Enviromental Healt Perspectivas. 62:423-456, 1985.
- 8) Zegel, W.C. Hazardous Waste Management: An Overview of Hazardous Waste. Jornal of the Air Pollution Control Association. 35(1): 51-54, 1985.
- 9) Hazardous Waste Generation and Commercial Hazardous Waste Capacity. An Assessment. Enviromental Protection Agency. Office of Water and Waste Management. Solid waste Washington, D.C.
- 10) Suess, M.J. Huismans, J.W. Management of Hazardous Waste Policy. Guidelines and Codeo f Pratrice WHO Regional Publication. European Series 14. Copenhagen 1983. 100pp.
- 11) Hazardous Waste Management. Recent Changes and Policy Alternatives. Congressional Budget Office Congress of the United Status, Washington, D.C.
- 12) Celma Serra, P.J. Introducción a la Gestión de los Residuos Industriales Tóxicos y Peligrosos. Afinidad 47(430), 387-397, Nov.- Dic., 1990.
13. Barnaby, W, Great Britain, Relyng on Look to Avert Disaster. Ambio 11(1), 53-56, 1982.
- 14) Superfund Strategy. Congress of the United States. Office of Technology Assesement. U.S. Goverment Priting Office Washington, D.C. April, 1985.
- 15) LEY General para la Prevención y Gestion Integral de Residuos. Diario Oficial **Fracción reformada DOF 22-05-2006**
- 16) NOM 005-STPS 1993 Relativa a las condiciones de seguridad de centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.

17) NOM 009-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el manejo de sustancias corrosivas e irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.

18) Ley Reglamentaria del Art. 27 constitucional en materia de minería. Diario Oficial 14 de febrero de 1987.

19) Convención para la prevención de la contaminación del ambiente marino por desechos y otros materiales. Londres, 1982.

20) Reflexiones para una política de residuos peligrosos en México, Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Normatividad. Mayo, 1994

21) Duvel, W. Solid-Waste Disposal: Landfilling. Chem. Eng. New. Feb 21, 1979, 119-123.

22) Sanders, H.J. Solid Waste Disposal. Chem. Eng. New. 64(5), 21, 1983.

23). Huddleston, R.L. Solid-Waste Disposal: Landfarming. Chem. Eng. New. Feb 21 1979.

24) Cavaseno, V. Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering. McGraw-Hill Co. 1980.

25) Smith, M.E. Solid Waste Disposal: Deepwell injection, Chem. Eng. New. April 9, 1979, 107-110.

26) Epstein, S.S.; Brown, L.O. EPA-National Priorities List, Washington, D.C. Hazardous Waste in America. Sierra Club Paperback Library, Washington, D.C. 1982.

27) Borut, B. Manejo de Residuos Industriales Peligrosos. Industria y Medio Ambiente, N.E. 1983.

28) Pojasek, R. Toxic and Hazardous Waste Disposal. Vol. 1, Ann Arbor Science Publisher Inc., Ann Arbor, Mich. 1979.

29) Stalex Corp; Prop. Of Sealosafe technology; (U.K. patent No. 1,485,625).

30) I.U. Conversión Sistem. Inc, Prop. Of Poz-o-Tec proces; (U.S. Patent No. 3,785,840).

31) Chemfix. Inc. Prop. Of Chemfix Proces, (U:S. Patent No. 3,837,872).

I. Inventario de la capacidad mundial de destrucción de bifenilos policlorados, PNUMA 1998.

www.pnuma.org

II. CAS, Chemical Abstracts Service, www.cas.org

III. Bifenilos policlorados,

<http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol314b.htm>

IV. POLYCHLORINATED BIPHENYLS, www.epa.gov

V. TOXICOLOGICAL PROFILES FOR PCB's <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp17.html>

VI. Technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with polychlorinated biphenyls (PCBs), polychlorinated terphenyls (PCTs) or polybrominated biphenyls (PBBs). www.basel.int

VII. Directrices técnicas generales para la gestión ambientalmente racional de desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes (COP), que los contengan o estén contaminados con ellos.

www.basel.int

VIII. <http://www.stps.gob.mx>

IX. <http://www.epa.gov>

X. <http://www.unep.org>

XI. <http://www.basel.int>

XII. <http://www.ocde.org>