

11



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

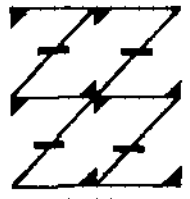
"PERSPECTIVA AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS EN MEXICO: LEGISLACION, NORMATIVIDAD Y TRATAMIENTO"

290880

Incluye disco de 3 1/2

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERIA QUIMICA PRESENTAN: ASLAN FLORES RODRIGUEZ GEORGINA DE LOURDES PANTOJA CORDERO

UNAM FES ZARAGOZA



LO HUMANO ES DE NUESTRA REFLECIÓN

DIRECTOR: M. en I. NESTOR NOE LOPEZ CASTILLO

MEXICO, D.F.



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA

JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/0034/00

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: FLORES RODRIGUEZ ASLAN
P R E S E N T E.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.Q. René de la Mora Medina
Vocal:	M. en C. Néstor Noé López Castillo
Secretario:	M. en C. A. Lourdes Castillo Granada
Suplente:	I.Q. Gabriel Cruz Zepeda
Suplente:	I.Q. José Antonio Zamora Plata

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D. F., 7 de Septiembre del 2000.

EL JEFE DE LA CARRERA



I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ

SECRETARÍA TÉCNICA



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/0035/00

ASUNTO: Asignación de Jurado

**ALUMNA: PANTOJA CORDERO GEORGINA DE LOURDES
P R E S E N T E.**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.Q. René de la Mora Medina
Vocal:	M. en C. Néstor Noé López Castillo
Secretario:	M. en C. A. Lourdes Castillo Granada
Suplente:	I.Q. Gabriel Cruz Zepeda
Suplente:	I.Q. José Antonio Zamora Plata

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D. F., 7 de Septiembre del 2000.

EL JEFE DE LA CARRERA

I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ

SECRETARÍA DE LA FACULTAD

DEDICATORIAS

Ups! Esto sí que va a estar difícil, dado que existen muchas personas que han contribuido experiencias invaluableles en mi vida y a que este proyecto se concrete...Pero ellas saben quienes son y aunque por algún motivo no se mencionen, viven y vivirán en mi corazón eternamente.

*Primero que nada a mi mejor amigo, mi confidente incondicional: **DIOS**, ser supremo quien sabe como relajarnos e impulsarnos cuando más lo necesitamos.*

***MAMÁ:** Gracias por darme la vida, toda la buena energía y vibra, todo el amor, un amor que sería difícil de explicar, un amor incondicional, tan fuerte y verdadero y, en ocasiones, tan poco correspondido, un amor que sólo una Madre puede dar. Cuanta falta me haces, te extraño. Se que de alguna manera estás conmigo y con toda tu familia, que Dios te bendiga hermoso ser. Te amo Juanilu.*

***PAPÁ:** Gracias por tu cariño, tu amor, tu apoyo sin límites en mi vida, tu ejemplo y honorabilidad que me han hecho lo que soy: "Un hombre íntegro" y por ser uno de mis mejores amigos, que junto con mi Madre, son la raíz y solidez de tan bellas familias. Que Dios te bendiga. Te amo Anastacio.*

***HERMANOS y SOBRINOS:** Lilia, Moisés, Elizabeth, Laura, Chris, Joana, Isaac, Carol, Janet y Leonardo, gracias por aguantar mis sueños, son parte muy importante de mi vida. Que Dios los bendiga. Los amo.*

***GINA:** Gracias por tu cariño, amor y apoyo incondicional en todo momento, por ser mi pareja invaluable. Este trabajo es una de muchas metas que hemos logrado juntos, sigamos adelante. Te amo Bingo.*

PROFESORES: Gracias por su tiempo, conocimiento y enseñanza invaluable que imparten dentro de las aulas para forjar profesionistas a la vida productiva. Gracias a la FES ZARAGOZA y a cada parte que conforma la carrera de Ingeniería Química.

NÉSTOR NOÉ: Gracias por tu tiempo, buena vibra, apoyo incondicional y talento vertido en este trabajo.

AMIGOS: Gerardo (Q.P.D.), Hugo, José, Omar, Javier, José Gpe., Fernando, Luis (Q.P.D), Ana, Leticia, Ana Claudia, Abednego, Enrique, Felipe, Juvenal, Alejandra, Armando, compañeros de escuela y a los que en alguna etapa de mi vida han compartido momentos inolvidables conmigo.

A todos los que de alguna manera contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

Atentamente

Aslán Flores Rodríguez

Siempre existe un motivo de inspiración, de agradecimiento y superación,
es por esto que pensando en cada uno de ellos he logrado
alcanzar uno más de mis anhelos.

EN DIOS,

Quien en todo momento ha estado presente en mi vida, llenándola de valiosas bendiciones y enseñanzas.

EN MIS PADRES: MARTHA Y RICARDO

Quienes siempre han llenado mi vida de fe, esperanza, valor y amor, mostrándome en cada momento el verdadero sentido de la vida. Los amo.

EN MIS HERMANOS: MARTHA, LAURA, RICARDO, ADRIANA Y GERARDO,

Que con su optimismo, alegría, dedicación y amor, han salido adelante, enseñándome de esta manera a vivir la vida de una forma diferente. Los amo.

EN MIS CUÑADOS: PABLO, VÍCTOR, PASCUAL Y CAROLINA,

Por su compañía y tolerancia, para saber ver y distinguir el valor de las cosas.

EN MIS SOBRINOS: PAMELA, ALONSO, RODOLFO, ESTEFANÍA Y BRENDA,

Que con sus risas, besos e inocencia, me han dado una esperanza para ver el lado positivo de la vida. Los amo.

EN MIS ABUELOS: HERMENEGILDO Y JOSÉ,
Por su amor y dignidad, para aceptar las cosas
que no puedo cambiar, dondequiera que
estén, los amo.

EN MI PAREJA, AMIGO Y COMPAÑERO: ASLÁN,
Quien ha estado a mi lado, amándome, escuchándome, apoyándome y
alentándome en todos mis proyectos y locuras, proporcionándome un lugar en su
vida. Te Amo igual.

EN MI DIRECTOR DE TESIS Y AMIGO: NÉSTOR,
Por guiarme, brindándome su apoyo moral
incondicional y darme un motivo para no caer.

EN MIS AMIGOS: MIREYA, MAYTÉ, RUBÉN, LAURA, HÉCTOR, JORGE, ARMANDO,
DAVID, JOSÉ, MARGARITA, SILVIA, SURISADAI, ABEDNEGO, FEDERICO.
Quienes han estado conmigo, en todo y para todo.

EN MI ESCUELA: F.E.S. ZARAGOZA,
Por su espacio, sus profesores, sus aulas y patios, que fueron la cuna de mis
sueños, desvelos, risas, triunfos y fracasos.

Eternamente agradecida, con respeto y admiración.

Georgina

AGRADECIMIENTOS

Sirva este espacio para expresar nuestra gratitud a las siguientes personas por su ayuda, enseñanzas, orientación, información y aliento, para la elaboración de este trabajo:

I.Q. René de la Mora Medina.

I.Q. Ambrosio Chávez Chavarria.

I.Q. Eduardo Vázquez Zamora.

I.Q. Marco Antonio Miranda.

Ing. Raymundo Hernández Huar.

I.Q. Silvia Martínez.

I.Q. Enrique Laguna.

Quim. Yolanda García .

Ing. Rodolfo Torres Barrera.

M. en C. A. Lourdes Castillo Granada.

I.Q. Gabriel Cruz Zepeda.

I.Q. José Antonio Zamora Plata.

ÍNDICE

TEMA	PAG
ÍNDICE	ii-vii
<i>CAPÍTULO I</i> INTRODUCCIÓN	1
<i>CAPÍTULO II</i> GENERALIDADES	5
II.1 RESIDUO Y SU IMPACTO	6
II.2 PROPIEDADES	10
II.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS	10
II.2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS	12
II.3 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS Y EFECTOS EN LA SALUD	15
II.3.1 ETAPAS DE LA INTERACCIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS CON EL ORGANISMO HUMANO	15
II.3.2 DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	16
II.3.2.1 TIPOS DE EXPOSICIÓN	16
II.3.3 CLASES DE TÓXICOS	19
II.3.4 DOSIS	21
II.3.5 CONSTITUYENTES QUE HACEN PELIGROSO A UN RESIDUO	22
II.3.6 POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS	28
II.3.6.1 AFECCIONES DEL APARATO RESPIRATORIO	29
II.3.6.2 AFECCIONES DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR	29
II.3.6.3 AFECCIONES SANGUÍNEAS	29
II.3.6.4 AFECCIONES HEPÁTICAS	30
II.3.6.5 AFECCIONES RENALES	30
II.3.6.6 AFECCIONES DEL SISTEMA NERVIOSO	30
II.3.6.7 AFECCIONES A LA PIEL	30
II.3.6.8 AFECCIONES REPRODUCTIVAS	31
II.3.6.9 DESARROLLO DE CÁNCER	31
II.3.6.10 EFECTOS GENOTÓXICOS	31
II.3.7 PELIGROS DE INFECCIÓN	32

ÍNDICE

TEMA	PAG
CAPÍTULO III PERSPECTIVAS GENERALES DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO	35
III.1 SITUACIÓN EN EL MUNDO	37
III.2 SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO	42
III.2.1 FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS PELIGROSOS	42
III.2.1.1 PLANTA INDUSTRIAL	42
III.2.1.2 VOLUMEN ESTIMADO DE GENERACIÓN	44
III.2.1.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA FRANJA FRONTERIZA NORTE	45
III.3 CASOS DE MANEJO INADECUADO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO	47
III.4 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS (ESTRATEGIA)	50
CAPÍTULO IV REGULACIÓN AMBIENTAL VIGENTE PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO	53
IV.1 MARCO CONCEPTUAL	54
IV.2 SISTEMA LEGAL EN MÉXICO	56
IV.2.1 LEYES	56
IV.2.2 REGLAMENTOS	57
IV.2.3 NORMAS	57
IV.3 ADMINISTRACIÓN PÚBLICA EN LOS RESIDUOS PELIGROSOS	58
IV.4 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE	62
IV.4.1 CONTROL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	63
IV.4.2 RESIDUOS PELIGROSOS	67
IV.4.3 IMPACTO AMBIENTAL Y RESIDUOS PELIGROSOS	67
IV.4.4 EL USO DEL SUELO Y LOS RESIDUOS PELIGROSOS	68
IV.5 PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO Y RESIDUOS PELIGROSOS	70
IV.6 EL REGLAMENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS	74
IV.7 CONVENIOS INTERNACIONALES RELACIONADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS	79

ÍNDICE

TEMA	PAG
IV.7.1 REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS	81
IV.8 NORMATIVIDAD SOBRE RESIDUOS PELIGROSOS	81
IV.8.1 ASPECTOS BÁSICOS DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS PARA RESIDUOS PELIGROSOS	83
IV.8.1.1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL-1993	83
IV.8.1.2 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-053-ECOL-1993	86
IV.8.1.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-054-ECOL-1993	89
IV.8.1.4 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-055-ECOL-1993	90
IV.8.1.5 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-056-ECOL-1993	92
IV.8.1.6 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-057-ECOL-1993	94
IV.8.1.7 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-058-ECOL-1993	95
IV.9 INSPECCIÓN Y VIGILANCIA Y CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD	98
IV.10 GESTIÓN INSTITUCIONAL VIGENTE PARA LA REGULACIÓN DE LICENCIAS Y AUTORIZACIONES	100
IV.11 INFRAESTRUCTURA INSTALADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	102
IV.12 ORGANIZACIONES QUE BRINDAN INFORMACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA DURANTE EL TRANSPORTE DE MATERIALES	108
IV.12.1 REGISTRO INTERNACIONAL DE PRODUCTOS QUÍMICOS POTENCIALMENTE TÓXICOS (RIPQPT)	109
CAPÍTULO V RESIDUOS PELIGROSOS Y ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA SU DISPOSICIÓN	115
V.1 MANEJO DE RESIDUOS	117
V.2 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	118
V.2.1 ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS	120
V.2.1.1 FORMAS DE ALMACENAMIENTO	120
V.2.1.2 PRINCIPIOS DEL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS	121
V.2.2 TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	122
V.3 PLANES DE EMERGENCIA Y PROGRAMAS DE SEGURIDAD	123

ÍNDICE

TEMA	PAG
V.3.1 ANÁLISIS DE RIESGOS QUÍMICOS	125
V.3.1.1 DEFINICIONES DE RIESGO	125
V.3.1.2 CLASIFICACIÓN DE RIESGOS QUÍMICOS	125
V.3.1.3 ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL	125
V.4 ACCIONES EN CASO DE ACCIDENTE QUÍMICO	127
V.5 TRATAMIENTOS FÍSICOS	129
V.5.1 SEDIMENTACIÓN	131
V.5.2 CENTRIFUGACIÓN	133
V.5.3 FLOCULACIÓN	134
V.5.4 SEPARACIÓN ACEITE/AGUA.	134
V.5.5 FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DAF)	135
V.5.6 SEPARACIÓN DE MEDIOS PESADOS	136
V.5.7 EVAPORACIÓN	136
V.5.8 REMOCIÓN CON AIRE	138
V.5.9 REMOCIÓN CON VAPOR	138
V.5.10 DESTILACIÓN	140
V.5.11 LIMPIEZA DE SUELO/LAVADO DE SUELO	141
V.5.12 QUELACIÓN	142
V.5.13 EXTRACCIÓN LÍQUIDO/LÍQUIDO	143
V.5.14 EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA	143
V.5.15 FILTRACIÓN	146
V.5.16 ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO	147
V.5.17 ÓSMOSIS INVERSA	147
V.5.18 INTERCAMBIO IÓNICO	149
V.5.19 ELECTRODIÁLISIS	149
V.6 TRATAMIENTO QUÍMICO	149
V.6.1 NEUTRALIZACIÓN	150
V.6.2 PRECIPITACIÓN QUÍMICA	150
V.6.3 HIDRÓLISIS QUÍMICA	151
V.6.4 FOTÓLISIS ULTRAVIOLETA	152
V.6.5 OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN QUÍMICA	152

ÍNDICE

	TEMA	PAG
V.6.6	OXIDACIÓN POR PERÓXIDO HIDRÓGENO (H ₂ O ₂)	153
V.6.7	OZONACIÓN	153
V.6.8	CLORACIÓN ALCALINA	154
V.6.9	CLORACIÓN CON HIPOCLORITO	154
V.6.10	OXIDACIÓN ELECTROLÍTICA	155
V.6.11	DEHIDROCLORACIÓN CATALÍTICA.	155
V.6.12	DECLORACIÓN ALCALINA DE METALES	155
V.6.13	ÁLCALI METAL/POLIÉNTILENGLICOL (A/PEG)	158
V.7	PROCESOS BIOLÓGICOS	157
V.7.1	TRATAMIENTO BIOLÓGICO AERÓBICO	157
V.7.2	LODOS ACTIVADOS	159
V.7.3	REACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS	160
V.7.4	BIORREMEDIACIÓN	161
V.7.5	DIGESTIÓN ANAEROBIA	161
V.7.6	DESCOMPOSICIÓN DEL HONGO BLANCO	163
V.8	PROCESOS DE DESTRUCCIÓN TÉRMICA	163
V.8.1	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INCINERACIÓN	164
V.8.1.1	VENTAJAS	164
V.8.1.2	DESVENTAJAS	165
V.8.2	SISTEMAS DE INCINERACIÓN	165
V.8.3	INCINERADORES	167
V.8.4	HORNOS DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO	168
V.8.5	PROCESOS DE PIRÓLISIS	171
V.8.5.1	VENTAJAS	173
V.8.5.2	DESVENTAJAS	174
V.8.6	INCINERACIÓN CATALÍTICA	174
V.8.6.1	EFFECTOS AMBIENTALES	176
V.9	PROCESOS DE FIJACIÓN Y ESTABILIZACION	176
V.9.1	PROCESO POZZOLAN	177
V.9.2	PROCESOS POZZOLAN (CEMENTOS PORTLAND)	177
V.9.3	SORCIÓN	177

ÍNDICE

	TEMA	PAG
V.9.4	VITRIFICACIÓN	178
V.9.5	MICROENCAPSULACIÓN (TERMOPLÁSTICO) BASADO EN ASFALTO	179
V.9.6	POLIMERIZACIÓN	179
	CAPÍTULO VI ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	181
	ANEXOS	192
	BIBLIOGRAFÍA	203

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

*"LO ÚTIL Y LO INÚTIL, COMO, POR REGLA GENERAL, EL BIEN O EL MAL,
VAN NECESARIAMENTE A LA PAR Y ES EL HOMBRE QUIEN DEBE ELEGIR".*
MAHATMA GANDHI

La sociedad moderna ha aprendido (a un alto costo), que no puede seguir utilizando sus recursos adoptando procesos sucios e ineficientes generando productos, subproductos y residuos a los cuales no se les realiza algún tipo de tratamiento o cuya acumulación conlleva a riesgos para la salud y al ambiente; curiosamente al verse obligado a reconsiderar sus sistemas de desarrollo, modernizar sus procesos productivos y disminuir la posibilidad de que ocurran efectos adversos a la salud y al ambiente; puesto que ha descubierto las ventajas de hacer un uso intensivo de los materiales y de prevenir los daños ambientales.

Los problemas asociados con los residuos peligrosos han sido elementos disparadores del establecimiento de regulaciones nacionales para reducir la generación y dar un tratamiento y disposición final adecuadas a este tipo de residuos. Es así que las regulaciones han contribuido grandemente a promover la innovación tecnológica tanto de los procesos de producción para disminuir la generación de residuos peligrosos en la fuente, como de las tecnologías para la recuperación, reciclamiento, tratamiento o eliminación de tales desechos.

México no ha estado al margen de esta evolución y esto se ha visto reflejado en su política y su legislación ambiental, así como sus esfuerzos por acelerar el paso para fortalecer la capacidad institucional con el objeto de consolidar el marco normativo y hacerlo cumplir. A lo cual se suma su interés por promover la adopción de procesos limpios de producción y del manejo ambientalmente razonable de los residuos peligrosos hasta su disposición final, por ello la necesidad de plantear los fundamentos básicos para entender la evolución en el mundo de la actitud hacia los residuos peligrosos y la forma en la que en México se aborda su administración.

Puede decirse que solamente a partir de los años 60's, términos tales como contaminación del aire, agua y suelo, protección al ambiente y ecología entre muchos más, pasaron a ser palabras de uso cotidiano. Antes de estos años, éstos

términos o bien pasaron desapercibidos para el ciudadano común o a todo lo más eran base de ideas confusas no definidas aún. Desde entonces la sociedad en general hemos sido bombardeados por los medios de comunicación con la mal enfocada idea de que el desarrollo industrial y tecnológico está trabajando con rumbo directo a nuestra destrucción, a través de procesos sistemáticos de contaminación al medio ambiente con el fin de conseguir un progreso material. De hecho antes de tomar una conciencia real sobre este problema actual, precios muy superiores han sido pagados por las mismas sociedades para desarrollar y mantener toda la maquinaria productiva con alcances mayores, al no tener una concepción del deterioro creado al entorno mismo.

Por otra parte, el desarrollo sorprendente y el uso de las nuevas tecnologías como herramienta ofrece una alternativa directa para la utilización de los mismos en diferentes áreas, misma que ha alcanzado algunas de ellas en específico de la ciencia, tales como la Ingeniería Química que se enfoca al estudio, investigación y desarrollo de los principios básicos de los procesos químicos e industriales, y una gran mayoría de los productos de uso y consumo diario del ser humano son los elaborados mediante un proceso físico o químico. Estas a su vez representan una oportunidad para el manejo, disposición y tratamiento de los residuos industriales peligrosos; abriendo sendas que hasta hace poco estaban cerradas a aplicaciones específicas y permitiendo abordar problemas, que antes representaban una gran dificultad para su solución.

Como parte de este trabajo se considera el enfoque real de los procedimientos actuales para el manejo de los residuos peligrosos industriales, acción que debe ser directamente realizada por los ingenieros de proceso, ya que al detectar su generación dentro del desarrollo de su actividad él mismo puede minimizar su desecho y manejarlos adecuadamente al conocer su origen.

En el siguiente capítulo se presenta que es un residuo, como se clasifican dependiendo de su generación y su impacto en la salud humana, así como algunos de los términos generales que se utilizan al referirse a este tema.

En el capítulo III, como su título lo dice se presenta una visión general de los residuos peligrosos, desde su situación actual en generación, las fuentes generadoras, ejemplos de manejo y disposición inadecuados, planteando una estrategia para la gestión de los mismos.

En el capítulo IV, se plantean los conceptos básicos de la legislación que aplica a los residuos peligrosos en México, las dependencias encargadas de vigilar el cumplimiento de dicha legislación, la infraestructura existente para el manejo de tales residuos y los trámites respectivos para la industria que los genera. Para esto último, al final del presente trabajo, se anexan los formatos de estos documentos que debe requisar un generador de residuos peligrosos en el país.

El capítulo V se da una breve descripción de los principios básicos del manejo de los residuos peligrosos y de las tecnologías disponibles que puede usarse para su tratamiento.

Por último en el capítulo VI se hace un análisis de todo lo anterior, presentando las conclusiones del concepto global de esta tesis.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

*"HE MIRADO A ESTAS HORAS MUCHAS COSAS SOBRE LA TIERRA,
Y SÓLO ME HA DOLIDO EL CORAZÓN DEL HOMBRE"*

JAIMÉ SABINES

II.1 RESIDUO Y SU IMPACTO

Residuo es cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización o tratamiento, cuya calidad no permite incluirlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Los residuos pueden clasificarse por su origen, así como por sus características físicas, químicas y biológicas y también por su estado natural. Es así que hay residuos sólidos, líquidos y gaseosos aunque finalmente un residuo es también una mezcla. Por su origen los residuos sólidos pueden dividirse en:

- Residuos domésticos.
- Residuos hospitalarios.
- Residuos industriales.

A su vez, estos tienen otra subdivisión, tal como se puede ver en la Tabla II.1.

Tabla II.1
Residuos

DOMESTICOS	HOSPITALARIOS	INDUSTRIALES
Domiciliarios, comerciales, oficinas, mercados, vía pública, escuelas, parques y jardines.	Oficina administrativa, comedor, cirugía y emergencias, laboratorio, morgue y autopsia, medicamentos caducos, vendajes, áreas de contagio, de espera y tránsito general, radiología y radioterapia.	No peligrosos, peligrosos y radioactivos.

Manual Curso Manejo y Disposición de Residuos Peligrosos en la Industria Maquiladora.
PROFEPA.
México 1995.

Siendo los residuos peligrosos industriales, los de interés en el presente trabajo, sin embargo, es conveniente abordar algunas de las propiedades físicas, químicas y toxicológicas, así como de términos utilizados en el ámbito de los residuos peligrosos.

Un **residuo peligroso** se define como aquel desecho cuyas características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, biológico infecciosas (CRETIB) o irritantes, que puede causar efectos adversos o crónicos a la salud humana y/o al equilibrio ecológico.

Este tipo de residuos se generan a través de los procesos industriales como subproductos, productos químicos gastados o como componentes de descarga, que pierde su valor ante el industrial. Se pueden producir en forma sólida, líquida o gaseosa.

Los sólidos de mayor preocupación para la salud son polvos, fibras y humo. Este tipo de sólidos pueden ser inhalados directamente hacia los pulmones, dañándolos o pasando al torrente sanguíneo y afectando otras partes del cuerpo.

Los polvos son partículas sólidas generadas durante el manejo, o al triturar o pulverizar materiales tales como roca, metal, carbón, madera o grano. Las partículas de polvo varían en tamaño de 0.1 a 25 micrómetros. Sólo las partículas de menos de 5 micrómetros permanecen en el aire suspendidas por lo que pueden ser inhaladas. Cualquier proceso que produce polvo suspendido en el aire debe ser considerado peligroso hasta que las pruebas de higiene industrial prueben que no es dañino.

Las fibras son partículas de polvo cuya forma es larga y estrecha. Si la longitud es tres o más veces el grosor de la partícula, se le llama fibra. Un ejemplo de fibra en la industria es el asbesto.

Los humos se forman cuando vapores muy calientes, esencialmente metálicos, se enfrían rápidamente y se condensan en partículas sólidas muy finas.

Los gases y vapores no son humos, estos, se producen principalmente en operaciones industriales de alto calentamiento, como soldar, fundir o trabajo de

horneado. Los humos están a menudo mezclados con gases peligrosos, como el ozono y el óxido de nitrógeno, los cuales se quedan dentro de los pulmones arrastrando a los humos.

El tamaño de la partícula es importante en la determinación del daño que un polvo producirá. Generalmente sólo las partículas más pequeñas de 5 micrómetros entran a los huecos interiores del pulmón (alvéolos). Sin embargo, un agente que causa una respuesta alérgica tal como el polen de ambrosía (alrededor de 29 micrómetros) hace daño en el sistema respiratorio superior.

La niebla y aerosoles son suspensiones finas de gotitas de líquidos. Por ejemplo, las nieblas de aceite producidas durante las operaciones de cortar y triturar, las nieblas ácidas producidas en el electroplatinado, así como los álcalis de las operaciones de baño de ácido, o nieblas de pintura de aerosol, también de neblina o lluvia.

Las nieblas son semejantes a los polvos, porque entre más fino es el rocío, las gotitas penetran profundamente en los pulmones. La mayor parte de las nieblas, tales como las pinturas en aerosol son mezclas de diferentes ingredientes, solventes, pigmentos, agentes estabilizadores y propulsores.

El daño que puede producir cualquier líquido peligroso se debe a que, al salpicarse o derramarse, puede entrar al cuerpo a través de la piel y llegar al torrente sanguíneo. En el ambiente daña en forma más rápida al suelo, teniendo una transportación al suelo y los mantos freáticos, repercutiendo en la vida existente que depende del agua para su desarrollo.

Un gas es un fluido que se expande para llenar el espacio que lo contiene. Muchos gases son altamente inflamables; otros, muy reactivos, tanto en el ambiente como dentro del organismo humano.

Un vapor es el nombre técnico para la forma gaseosa de un líquido que siempre existe sobre ese líquido. Mientras más cerca esté la temperatura de un líquido a su punto de ebullición más se evaporará. Los líquidos con punto de ebullición cercanos a la temperatura ambiente se vaporizan rápidamente y son llamados volátiles.

La densidad de un vapor es importante para determinar si tenderá a subir o acumularse en la parte más baja de un tanque. Por ejemplo, la gasolina es un vapor que se mueve rápidamente a lo largo del suelo y a menudo se enciende lejos de su fase líquida.

Los principales daños causados por vapores y gases, se deben a que penetran en los pulmones o se introducen en el cuerpo humano dañando otros órganos. También pueden causar deficiencia de oxígeno, por ejemplo, los asfixiantes simples que toman el lugar del oxígeno molecular en el pulmón, tales como el bióxido de carbono, el nitrógeno y el helio. Los asfixiantes químicos que evitan que las células del cuerpo tomen el oxígeno necesario, por ejemplo el cianuro y el sulfuro de hidrógeno.

La mayoría de los residuos peligrosos están constituidos por carbono, hidrógeno, oxígeno, halógenos, azufre, nitrógeno y metales pesados. La estructura de la molécula, generalmente determina qué tan peligrosa es una sustancia para la salud humana y para el ambiente. Si el compuesto puede ser transformado o reducido a sustancias más sencillas como bióxido de carbono y agua, entonces su toxicidad se reduce considerablemente, sin embargo muchas de ellas no se degradan y pueden persistir en la naturaleza indefinidamente.

Actualmente se calcula que se generan 400 mil ton/día de residuos industriales de los cuales, el 4% corresponden a materiales peligrosos, que son almacenados y/o descargados en forma clandestina o inadecuada.

En las industrias generalmente los trabajadores son los que están en mayor riesgo de exposición a los residuos peligrosos, por lo que es necesario proporcionarles información sobre los diversos productos químicos a los que están expuestos y los efectos que éstos producen sobre la salud y el ambiente. Muchos sistemas del cuerpo humano pueden ser afectados por sustancias químicas, la mayoría de las exposiciones ocupacionales ocurren por vías como la piel, tracto respiratorio, ojos y tracto digestivo.

Las formas en las que éstas sustancias pueden afectar al organismo son variadas y dependen de características individuales, tales como talla, peso, edad, etc. La acción del daño puede producirse lenta (crónico) o rápidamente (agudo).

II.2 PROPIEDADES

Los materiales y sustancias que constituyen a los residuos peligrosos están caracterizados de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas.

II.2.1 Propiedades Físicas

Las propiedades físicas comprenden aquellas que pueden ser determinadas sin alterar la composición química de la materia; son típicas de cada sustancia o compuesto, y aunque muchas son comunes para varias sustancias, no todas son las mismas para compuestos diferentes.

Tabla II.2
Propiedades físicas

Forma: líquida, sólida o gaseosa	Solubilidad
Color	Coefficiente de partición lípido-agua
Olor	Presión de vapor
Sabor	Temperatura de ebullición
Densidad o peso específico	Temperatura de solidificación
Temperatura de fusión	

A continuación se describen algunas de estas propiedades:

a) Peso específico

Se refiere a la masa o peso del volumen dado de una sustancia, comparada con la masa o peso del volumen igual de agua; se trata de saber si esa sustancia es más o menos pesada que el agua.

b) Solubilidad en agua

Esta propiedad se expresa como la cantidad o porcentaje de un material (en peso) que se disuelve en agua a temperatura ambiente.

La movilidad de los residuos peligrosos en los suelos se ve favorecida por su solubilidad en agua. Cuando ésta es mayor a 500 ppm (partes por millón), los residuos alcanzan una gran movilidad, una mayor concentración en los medios acuáticos tales como el aluminio y el cadmio. Si las sustancias que componen los residuos tiene solubilidad acuosa mayor a 25 ppm, no son persistentes en los organismos vivos. Y si su solubilidad es menor, pueden quedar inmovilizadas en los suelos y acumularse en los seres vivos como sucede con el arsénico y el plomo.

c) Coeficiente de partición lípido-agua

Es la relación entre la solubilidad en agua de material y su solubilidad en un aceite.

A través de este coeficiente se puede determinar la capacidad que tienen las sustancias que conforman los residuos para disolverse en agua y en lípidos (por ejemplo, los que conforman las membranas de los seres vivos). Sustancias con coeficientes mayores a uno son liposolubles y de fácil absorción a través de las membranas y acumulación en tejido graso (por ejemplo, los hidrocarburos aromáticos y los plaguicidas).

d) Presión de vapor

Mide indirectamente la cantidad de una sustancia que se vaporiza a una temperatura dada. A mayor presión de vapor la sustancia desprende una mayor

cantidad de vapores a esa temperatura, la cual generalmente corresponde a la temperatura ambiental.

La volatilidad de las sustancias depende de su presión de vapor. Aquellas con presiones superiores a los 10^{-3} mm de mercurio (Hg), a 25 °C, son muy volátiles y se movilizan fácilmente, dispersándose en el ambiente (acetona, éter etílico y metil-isocianato). Las que tienen presiones de vapor entre 10^{-4} y 10^{-6} mm de Hg son ligeramente volátiles y menos móviles; en tanto que las que tienen una presión menor a los 10^{-7} mm de Hg pueden considerarse como no volátiles (aceites minerales y metales pesados).

La presión de vapor es la presión, a una temperatura dada, de un vapor cuando está en equilibrio con su forma líquida. Mientras más alta es la presión de vapor, mayor es el potencial de fuego de las sustancias y mayor el riesgo a la salud.

II.2.2 Propiedades Químicas

Son aquellas que pueden ser determinadas cuando la sustancia sufre cambios en su composición básica; y las que al manifestarse, en general se acompañan de cambios en una o varias de sus propiedades físicas.

Tabla II.3
Propiedades químicas

Disociación e ionización	Compatibilidad
Corrosividad	Polimerización
Reactividad	Oxidación
Flamabilidad	Explosividad
Descomposición Térmica	Degradabilidad

- a) *Disociación e ionización.* Al solubilizarse, las sustancias iónicas se disocian; esto quiere decir que un átomo o un grupo de átomos se separan un poco de la sustancia original y adquieren una carga positiva (catión) o una negativa (anión). Las sustancias que no se disocian se denominan no-iónicas. Esta característica es importante para determinar su movilidad en los suelos. Las sustancias aniónicas y no-iónicas son móviles en los suelos, mientras que las

catiónicas se adsorben fuertemente a las partículas del suelo y quedan inmobilizadas.

b) *pH*. Es el potencial de hidrógeno de una sustancia y se refiere al cambio en la concentración de iones de hidrógeno (H^+ = hidrogeniones) que se produce cuando esa sustancia se disuelve en agua. Si los hidrogeniones aumentan, la sustancia es ácida y el pH es menor a 7; por el contrario, si disminuyen, la sustancia es alcalina y su pH es mayor a 7.

c) *Corrosividad*. Se considera que una sustancia es corrosiva cuando es capaz de descomponer a otras. En función de la liberación de hidrógeno, degrada químicamente a los materiales con los cuales entra en contacto.

Se considera peligrosa una sustancia corrosiva si tiene la capacidad de penetrar el acero con una densidad de un centímetro en un periodo de 24 horas. Para efectos de derrames de materiales peligrosos, es corrosiva cualquier sustancia que exhiba un pH menor de dos o mayor de 12.

d) *Reactividad*. Una sustancia reactiva es aquella que al entrar en contacto con aire o agua, o a causa de un movimiento, sufre cambios químicos y físicos que pueden estar acompañados por la liberación repentina de energía. Esta liberación puede ir desde la efervescencia hasta una explosión violenta.

e) *Flamabilidad*. (Denominado erróneamente "inflamabilidad"). La flamabilidad de un material tiene que ver con su grado de susceptibilidad para arder, al aumentar su temperatura. Las sustancias más flamables son líquidos con punto de ignición por debajo de 60° centígrados.

e.1) Temperatura de ignición.

Es la temperatura más baja en la cual un material emite vapores flamables en cantidad suficiente para incendiarse en presencia del aire, ante cualquier fuente de ignición.

e.2) Temperatura de autoignición.

Es la temperatura más baja en la cual un material flamable, al mezclarse con el aire, se incendia por sí sólo, sin la presencia de una flama o chispa. En una atmósfera enriquecida con oxígeno puede ocurrir que una mezcla flamable se incendie espontáneamente, a temperaturas más bajas que las normales.

f) *Capacidad oxidante o comburente.* Se define así a la capacidad de liberar oxígeno para auxiliar en la combustión de materiales orgánicos y en la descomposición o degradación de materiales inorgánicos.

g) *Explosividad.* Las sustancias explosivas son aquellas que de manera espontánea o por una reacción química pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daño a los alrededores.

h) *Límites de explosividad en el aire.* Los límites de explosividad son dos: el límite bajo [Lower Explosive Level (LEL)] y el superior [Upper Explosive Level (UEL)]. El primero se refiere a la concentración mínima de vapores de una sustancia, mismos que pueden explotar si se calientan. Se expresa como porcentaje de vapor en el aire. El segundo se refiere a la concentración más alta de vapores de una sustancia, los cuales, en presencia de calor, explotarán. Se expresa como porcentaje de vapor en el aire.

i) *Polimerización.* Consiste en una reacción química en la cual un gran número de moléculas relativamente simples se combinan para formar una gran cadena de moléculas. Una polimerización peligrosa será una reacción en la que se liberen grandes cantidades de energía.

j) *Degradabilidad*. Las sustancias pueden ser degradadas de tres maneras: se les puede disminuir su actividad a través del tiempo, mediante procesos químicos (quimiodegradabilidad), tal como ocurre con los ácidos y las bases; por la acción de la luz (fotodegradabilidad), como sucede con las piretrinas y con el toxafén; o mediante la acción de microorganismos (biodegradabilidad), como es el caso de la celulosa, los peróxidos y algunos hidrocarburos.

II.3 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS Y EFECTOS EN LA SALUD

Se define como tóxica a toda sustancia o residuo para el cual se ha encontrado que la exposición de seres humanos incluso a dosis bajas es fatal, o bien que al ser inhalado, ingerido o al ingresar al organismo a través de la piel puede provocar efectos agudos o crónicos, incluyendo cáncer.

II.3.1 Etapas de la Interacción de los Residuos Peligrosos con el Organismo Humano

- 1) *Exposición*: se considera que un individuo está expuesto cuando el residuo peligroso se encuentra en la vecindad inmediata de las vías de ingreso al organismo: respiratoria (inhalación); tegumentaria (absorción a través de la piel y las mucosas) y gastrointestinal (ingestión).
- 2) *Absorción*: consiste en el paso del residuo peligroso, a través de las membranas biológicas correspondientes, a la circulación sistémica. En la sangre las sustancias que lo componen se solubilizan en el plasma y/o se unen a las proteínas plasmáticas o a los glóbulos rojos.
- 3) *Distribución*: corresponde a la fase en la cual el residuo peligroso o las sustancias que lo componen son distribuidos por la sangre a los tejidos corporales para luego ser metabolizados, retenidos o excretados.
- 4) *Eliminación*: ocurre ya sea por excreción urinaria y/o intestinal y por biotransformación (sinónimo de metabolismo). En términos globales, el

metabolismo tiende a generar sustancias menos activas y fácilmente excretables.

- 5) *Acumulación*: de acuerdo con las características fisico-químicas del residuo peligroso, o de las sustancias que lo componen, puede llegar a fijarse en ciertos tejidos y acumularse en ellos e interaccionar con las macromoléculas celulares.

II.3.2 Determinación de la exposición

II.3.2.1 Tipos de Exposición

- a) *Exposición aguda*. En toxicología, los efectos agudos son generalmente definidos como el resultado de una exposición simple o una exposición múltiple ocurrida en 24 horas o menos. Para un agente dado, los efectos agudos pueden ser diferentes de los efectos crónicos. Por ejemplo, una exposición aguda a cantidades excesivas de plomo puede causar cólicos; sin embargo, una exposición crónica de ésta misma sustancia puede causar daños en las articulaciones de las muñecas y posiblemente dañar al sistema nervioso, dependiendo de la forma en que se encuentre el metal.

Un factor importante en las exposiciones agudas es la velocidad en que la sustancia química se absorbe. Si una sustancia se absorbe rápidamente, los efectos se presentarán de inmediato.

Otro factor que debe ser considerado es la frecuencia de la exposición. Dos exposiciones de la mitad de la cantidad de una sustancia, generalmente produce menos efectos que una exposición mayor. Esto puede ser debido a la habilidad del cuerpo para transformar o alterar algunas de las sustancias químicas con el tiempo. También el cuerpo puede estar adaptado para restablecerse de algunos daños, si pasa suficiente tiempo entre las exposiciones.

b) *Exposición crónica.* Los efectos crónicos de una sustancia química pueden incluir efectos inmediatos y sumarse a efectos de largo plazo. El término de exposiciones cortas se refiere a aquellas de una semana o menos. El término subcrónico se refiere a exposiciones cercanas a 3 meses.

Los efectos tóxicos crónicos se producen siempre que hay acumulación de agentes en un sistema biológico en el cual la absorción es mayor que la eliminación o metabolismo. Los procesos metabólicos involucran la transformación de ciertas sustancias químicas y la formación de otras.

Las exposiciones crónicas presentan mayor dificultad de estudio que las exposiciones agudas, en las primeras, están involucrados largos períodos de tiempo y diferentes vías de entrada de la sustancia al cuerpo.

La vía de entrada de varios solventes orgánicos comunes puede ser a través de la piel y también por el aparato respiratorio, al encontrarse presente en el aire, además de presentarse una exposición ocular.

A menudo el hígado es afectado por la introducción de sustancias tóxicas, alterando sus funciones primarias como es la desintoxicación de sustancias en la sangre. Este órgano se puede dañar por cantidad o por el grado de toxicidad de la sustancia química. Los solventes clorados y el alcohol en particular puede dañar el hígado. Otros ejemplos de exposiciones crónicas incluyen la exposición al yodo, el cual afecta la glándula tiroides y la exposición a metales pesados que afectan a los sistemas nervioso y óseo.

c) *Vías de Entrada.* Las diferentes formas en las cuales se pueden introducir las sustancias químicas al organismo humano son:

c.1).- Por inhalación o respiración a través de los pulmones, es la vía más importante de exposición en el lugar de trabajo. Los alvéolos pulmonares

presentan un área superficial muy extensa que permite a la sustancia química viajar al torrente sanguíneo rápidamente; algunos efectos que se producen por medio de esta son: asbestosis, enfisema, mesothelioma, enfermedad del pulmón negro del minero, cáncer del pulmón y envenenamiento

c.2).- Por contacto directo o absorción través de la piel. Los cuatro tipos de efectos son:

- Irritante: cuando las sustancias químicas causan dermatitis inmediata.
- Daño tisular: las sustancias químicas como las corrosivas, incluyendo ácidos y bases deterioran la piel y causan daño a las capas interiores del tejido.
- Efectos alérgicos: algunas sustancias químicas como el níquel, cromo, formaldehído y los isocianuros provocan que la piel se vuelva hipersensitiva después de repetidas exposiciones, esto se conoce como dermatitis por sensibilización.
- Efectos internos: muchos solventes se absorben a través de la piel, circulando hasta el torrente sanguíneo y entonces dañan a algún órgano en particular y pueden causar envenenamiento sistemático.

c.3).- Por ingestión. En el lugar de trabajo muchas personas pueden, sin saberlo, comer o beber sustancias químicas peligrosas, absorbiéndolas a través del tracto gastrointestinal a la sangre; algunas sustancias afectan directamente al estómago, produciendo úlceras y cáncer intestinal.

c.4).- Aunque no se considera a los ojos como vía de entrada a otras partes del cuerpo, por sí mismos pueden ser lesionados cuando se exponen a una sustancia cuyos vapores sean irritantes o tóxicos. La córnea, es muy sensible a muchas sustancias, especialmente a ácidos y bases, ésta puede

adquirir una apariencia opaca, u obscura; se pueden presentar daños en el cristalino y cambios en la apariencia del líquido lubricante.

II.3.3 Clases de Tóxicos

Las sustancias químicas tóxicas se pueden dividir en varias clases, dependiendo de los efectos que producen y pueden ser:

- 1) **IRRITANTES:** Provocan irritación de los órganos de contacto (ojos, piel). Estos pueden dividirse en irritantes primarios, los cuales simplemente causan inflamación y secundarios, que pueden causar inflamación, más otros efectos adicionales, como la urticaria.
- 2) **ASFIXIANTEs:** Son depresivos del tejido respiratorio. Pueden dividirse en *simples*, los cuales son gases fisiológicamente inertes y únicamente desplazan al oxígeno; y *asfixiantes químicos*, que impiden al cuerpo utilizar el oxígeno de la sangre.
- 3) **HEPATOTÓXICOS:** Afectan al hígado, algunos de éstos efectos incluyen la alteración de los niveles de enzimas en el hígado; lo hacen incapaz de eliminar los tóxicos del cuerpo, intoxicándolo.
- 4) **NEFROTÓXICOS:** Afectan los riñones, alterando la remoción de desechos líquidos generados por el cuerpo, provocando el envenenamiento sistemático y causando la muerte.
- 5) **NEUROTÓXICOS:** Afectan al sistema nervioso; bloqueando los impulsos eléctricos de la sinapsis, actuando como un circuito abierto; también pueden afectar los centros más altos del cerebro, causando una reducción en la habilidad del pensamiento. Sólo con largas dosis son afectadas las funciones automáticas de la médula y el cerebelo.

6) **ANESTÉSICOS**: Son depresivos del sistema nervioso central, reduciendo la intensidad de impulsos nerviosos; pueden afectar al sistema nervioso periférico.

7) **TÓXICOS HEMATOPOYÉTICOS**: Afectan los órganos formadores de sangre (médula espinal), alterando así la formación de glóbulos rojos, los cuales son de suma importancia ya que contienen hemoglobina para el transporte del oxígeno de los pulmones al cuerpo; también se puede presentar reducción de glóbulos rojos produciéndose anemia. En la sangre existe otro tipo de célula importante: los leucocitos, los cuales participan en la defensa del cuerpo y cuando son dañados, los microorganismos patógenos llegan a la sangre fácilmente produciendo enfermedades infecciosas.

8) **TÓXICOS CRÓNICOS**: Los tóxicos crónicos se dividen en tres grupos dependiendo del tipo de efecto que originen como son:

8.1) **TERATÓGENOS**. Son sustancias que pueden causar algún tipo de defecto en los bebés que se encuentran en desarrollo fetal, sobre todo en la primeras semanas de embarazo. También se consideran en este rubro los abortivos, cuando la madre se expone a algún tipo de sustancia.

8.2) **MUTÁGENOS**. Son sustancias que pueden causar cambios genéticos a futuras generaciones; las alteraciones genéticas humanas se pueden originar de diferentes formas en los códigos genéticos, los cuales no se codifican bien al ser transmitidos, ya que existe un cambio en la secuencia de las bases en el DNA. Si la secuencia se cambia, por ejemplo, por una parte izquierda o partes extras en la cadena del DNA, el mensaje que se transmitirá será totalmente diferente al que debería ser.

8.3) **CARCINÓGENOS**. Son sustancias que puedan causar crecimiento anormal de las células o cambios en el metabolismo celular, causando cáncer.

Algunas sustancias pueden cambiar la secuencia de bases del DNA de células individuales expuestas, como las de la piel, causando malformaciones en el área afectada o crecimiento anormal en dichas células; éstos cambios se llevan a cabo en células que no juegan un papel importante en la reproducción de la especie humana.

II.3.4 Dosis

Para poder normar y reglamentar el uso de éstas sustancias peligrosas se necesitan hacer estudios experimentales para conocer el potencial de peligrosidad. Esto se lleva a cabo administrando diferentes dosis a una población de animales en experimentación; la dosis de una sustancia química es el parámetro más significativo para la evaluación en los estudios de toxicidad porque las dosis normalmente se asocian con el incremento en los efectos tóxicos. La dosis es una medida de la cantidad de sustancia administrada por el peso del animal en experimentación, o como la cantidad de sustancia por volumen del aire respirado.

La dosis es la variable primaria examinada en los experimentos toxicológicos, ésta determina si la exposición produce un efecto tóxico o no. La predicción de efectos tóxicos resulta de la exposición a una sustancia química en una dosis determinada y la relación que existe con la respuesta natural y la frecuencia de dicha respuesta. Matemáticamente se expresa como una relación dosis-respuesta, la cual se puede representar en una gráfica o forma numérica y tiene una relación directamente proporcional, si la dosis es alta produce más muertes que una dosis pequeña. El término respuesta o efecto se usan indistintamente denotando cambios biológicos y se asocia a una exposición, pero más bien un efecto denota un cambio biológico en un organismo, mientras que, una respuesta se refiere a la proporción de la población que muestra efectos adversos. El índice de respuesta es una cantidad del efecto, semejante al daño en una célula y al cambio en los niveles de hemoglobina. Otro término importante es la letalidad que se expresa

como un índice máximo de respuesta; éste es muy fácil de cuantificar. Las más comunes son Dosis Letal Cincuenta (DL50), que se establece al tener el 50% de muertes en los animales de experimentación y la Dosis Letal Diez (DL10) que se establece al tener el 10% de muertes en los animales de experimentación, para conocer más sobre este tema recomendamos ver

II.3.5 Constituyentes que hacen Peligroso a un Residuo

La legislación en México en materia de residuos peligrosos, constituye una parte muy importante para la prevención y control de la contaminación ambiental y los efectos sobre la salud, provocados por una deficiente disposición de los subproductos de los procesos químicos. La Normatividad Oficial Mexicana establece el listado de residuos peligrosos y las características de peligrosidad de los mismos. En la Tabla II.4 se presenta el listado de los constituyentes que hacen peligroso a un residuo. También se resumen algunos efectos a la salud en las Tablas II.5, II.6, II.7, II.8 y el destino en el ambiente en los Tablas II.9, II.10, II.11 y II.12; Se clasificaron con base en sus características químicas de los constituyentes.

Tabla II.4
Lista de Constituyentes que hacen Peligroso a un Residuo

Clave	Nombre de Compuesto	Clave	Nombre de Compuesto
1	Acido 2,4-Diclorofenoxiacético	25	Heptacloro
2	Acido 2-(2,4,5-Triclorofenoxi)-propiónico	26	Hexaclorobenceno
3	Acritilonitrilo	27	Hexaclorobutadieno
4	Arsénico	28	Hexaclorociclohexano
5	Bario	29	Hexacloroetano
6	Benceno	30	Isobutanol
7	Bencenos clorados	31	Mercurio
8	Cadmio	32	Metoxicloro
9	Clordano	33	Niquel
10	Clorobenceno	34	Nitrobenceno
11	Cloroformo	35	Pentaclorofenol
12	Cloruro de metileno	36	Piridina
13	Cloruro de vinilo	37	Plata
14	Cresoles	38	Plomo

Tabla II.4 (cont.)
Lista de Constituyentes que hacen Peligroso a un Residuo

Clave	Nombre de Compuesto	Clave	Nombre de Compuesto
15	Cromo	39	Selenio
16	1,2-Diclorobenceno	40	1,1,2,2-Tetracloroetano
17	1,2-Dicloroetano	41	Tetracloroetileno
18	1,1-Dicloroetileno	42	Tetracloruro de Carbono
19	Disulfuro de Carbono	43	Tolueno
20	Endrín	44	Toxafeno
21	Eter dicloroetilico	45	1,1,1-Tricloroetano
22	Etil metal celona	46	1,1,2-Tricloroetano
23	Fenol	47	Tricloroetileno
24	2,4-Dinitrotolueno	48	2,4,5-Triclorofenol

Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.

Tabla II.5
Algunos Efectos a la Salud que causan los Metales

Clave	Cancerígeno	S.N.C.*	Irritante	Hígado y Riñones	Mutagénico	S. Hematopoyético	Teratogénico
4	x	x					x
5		x				x	
8	x			X			
15	x			X	x		
31		x		X			x
33	x		x		x		
37		Argyria	x				
38	x	x		X		x	
39			Cerebral	X			

* Sistema Nervioso Central CENAPRED, Fascículo N° 6, Junio 1993, México, D.F.

Tabla II.6
Efectos a la Salud causados por Compuestos Orgánicos.

Clave	Cancerígeno	Mutagénico	Sistema Nervioso	S.Hematopoyético	Hígado y Riñón	Irritante	Teratogénico
3	x	x	X	x	x		
7					x	x	
13	x				x		x
14			X		x	x	
16				x	x		
17					x		
18		x			x	x	
23					x	x	
24	x				x		
29			X		x		
34			X		x	x	
35					x		
45	x	x	X				
43			X		x		
40	x				x		
48	x				x		

CENAPRED, Fascículo N° 6, Junio 1993, México, D.F.

Tabla I.7
Efectos a la Salud Causados por Disolventes

Clave	Cancerígeno	Mutagénico	Sistema Nervioso	Hígado y Riñón	Irritante	Cardiaco	Teratógeno
6	x				x	x	
10	x			x			
11	x			x	x	x	
13	x	x	X	x	x	x	
19					x		
21		x		x	x		
22			X		x		x
27	x			x	x		x
30	x		X	x	x		
36			X	x	x		
41	x			x	x		x
42	x		X	x	x		x
46	x	x	X	x		x	
7	x			x	x	x	

CENAPRED, Fascículo N° 6, Junio 1993, México, D.F.

Tabla II.8
Efectos a la Salud Causados por Plaguicidas

Clave	Cancerígeno	Mutagénico	Sistema Nervioso	Hígado y Riñón	Cardiaco	Teratógeno
1	x	X	X	x	x	x
2					x	
9	x	X	X	x		x
20			X	x	x	x
25	x	X	X	x		x
28	x			x		
28	x			x		
44	x		X	x		
32	x	X	X	x		

CENAPRED, Fascículo N° 6, Junio 1993, México, D.F.

Tabla II.9
Destino de Metales

Clave	Es reactivo	Se precipita	Se adsorbe	Movible en suelo	Se bioacumula	Se deposita en océanos	Industria que lo utiliza
4			X			x	Colorante
5	x	x					Colorante
8	x		X	Lento			Amalgama
15		x	X				Metales
31			X		x		Minería
33			X			x	Barniz
37			X		x		Aleación
38			X		x	x	Baterías
39		x	X		x		Textil

CENAPRED, Fascículo N° 6, Junio 1993, México, D.F.

Tabla II.10
Destino de Compuestos Orgánicos

Clave	Se volatiliza	Fotólisis	Se hidroliza	Se adsorbe	Se biodegrada	Persiste en el medio	Industria que lo utiliza
3	x	x					Textil
7							Resinas
13	x	x					SSQO
14		x			x		Resinas
16				x		x	Resinas
17			X		Anaerobio		Solventes
23		x			x		SSQO
24		x			x		SSQO
29				x			
35		x		x	x		
43	x	x			x		Sacarina
45	x	x					SSQO
40		x					Solventes
34							SSQO
18							

SSQO = Sintetizadores de Sustancias Químicas Orgánicas
CENAPRED, Fascículo N° 6, Junio 1993, México, D.F.

Tabla II.11
Destino de Disolventes

Clave	Volatiliza	Fotólisis	Adsorbe	Biodegradación	Bioacumulación	Persiste en el medio	Industria que lo utiliza
6	x	x		Lenta			Colorante
10	x		x		x		Colorante
1	x		x		x		Solvente
13	x	x		X			Betún
19							Textil
21	x	x					Textil
22	x				x		Colorante
27							
30		x		X			Resinas
36							Colorante
41	x			Anaerobio			Solventes
42							Granos
46		x					Casi todas
47					x	x	Cafeína

CENAPRED, Fascículo N° 6, Junio 1993, México, D.F.

Tabla II.12
Destino de Plaguicidas

Clave	Volatiliza	Adsorbe	Fotólisis	Se biodegrada	Bioacumula	Persiste	Industria que lo utiliza
1			X				Herbicida
2		x	X	x		x	Herbicida
9	x	x			x	x	Plaguicida
20			X	Lenta	x	x	Insecticida
25		x			x	x	Insecticida
26		x	X	Lenta	x	x	Insecticida
28		x				x	Insecticida
44		x		Anaerobio	x	x	Insecticida
32							Insecticida

CENAPRED, Fascículo N° 6, Junio 1993, México, D.F.

La evaluación de la exposición corresponde a la estimación -cualitativa o cuantitativa- de la dosis (cantidad de sustancia que ingresa al organismo), frecuencia, duración y ruta a través de la cual se produce la exposición.

En el caso de los residuos peligrosos, una dificultad mayor que enfrenta la determinación de la exposición es que frecuentemente se trata de mezclas complejas de sustancias químicas en concentración variada y cuyos efectos pueden diferir en esas condiciones, ya que las sustancias entre sí pueden antagonizarse o potenciarse.

Para determinar la exposición potencial es preciso conocer:

1. El número, tipo y volumen de los agentes químicos desechados; el período de tiempo de las operaciones de manejo de los residuos peligrosos y las cantidades de los agentes particulares que los componen en un momento dado.
2. Las rutas más probables de movilización de los residuos peligrosos hasta entrar en contacto con las personas (Tabla II.13).
3. La integridad y estructura de los depósitos de residuos químicos.
4. Los métodos de contención de los mismos.
5. La persistencia de los agentes químicos.
6. Las características meteorológicas y geológicas del sitio del residuo.
7. Las fuentes de abastecimiento de agua de las poblaciones vecinas.

Tabla II.13
Rutas posibles de exposición a través de distintos medios

Medio	Rutas de exposición
Agua Subterránea superficial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestión directa. 2. Contacto dérmico y/o reacción. Contacto ocular y/o reacción. 3. Inhalación secundaria debido a usos domésticos.
Suelo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestión directa (principalmente por niños de 9 meses a 5 años de edad). 2. Absorción dérmica. Contacto ocular y/o reacción. 3. Inhalación de sustancias volatilizadas del suelo. 4. Inhalación de polvo arrastrado. 5. Ingestión de contaminantes inhalados: capturados por macrófagos pulmonares barridos por las células mucociliares hacia el tracto gastrointestinal.
Aire Intramuros Extramuros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inhalación. 2. Diseminación de contaminantes inhalados capturados por los macrófagos pulmonares.
Alimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestión de plantas, animales o productos contaminados, secundaria a la ingesta de agua contaminada. 2. Ingestión de plantas, animales o productos, secundaria a la inhalación, evaporación y transpiración de aire contaminado. 3. Contacto dérmico con y/o reacción a plantas, animales y productos contaminados; contacto ocular y/o reacción.
Medios diversos: lodos, sedimentos, etcétera	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestión directa. 2. Contacto dérmico; contacto ocular y/o reacciones. 3. Inhalación secundaria a la volatilización o arrastre de medios diversos. 4. Ingestión de plantas, animales y productos contaminados; ingestión secundaria al contacto con medios contaminados (exposición a residuos de materiales de construcción, etcétera).

Fuente: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Health Assessment Form, Guidelines and Methodology*. U.S. Public Health Services., EUA. 1989.

En general, se considera que la exposición humana potencial es mayor en los sitios activos en los que se manejan residuos peligrosos, que en aquellos que han sido abandonados, salvo que en ellos se encuentren sustancias persistentes y bioacumulables.

La forma más directa de determinar la exposición es por medio del análisis de la concentración alcanzada por las sustancias que componen los residuos peligrosos, en muestras de tejidos o en fluidos biológicos de las personas expuestas.

Los agentes químicos difieren en su potencia, ya que para producir un mismo efecto se requieren dosis diferentes, siendo más potente el que en una cantidad menor produce primero el efecto. Para dar un ejemplo de ello, en el Tabla II.14 se

indican las dosis de distintas sustancias tóxicas requeridas para provocar la muerte en 50% de los animales expuestos (Dosis Letal 50).

Tabla II.14
Dosis tóxicas de referencia de algunas sustancias que se pueden encontrar en los residuos peligrosos

Agente químico	Dosis Letal 50 para ratas (mg/kg.)
Cianuro	3
Acetato de fenil mercurio	30
Dieldrin	46
Pentaclorofenol	50
DDT	113
Naftaleno	1780
Tolueno	5000

Modificado de: *Managing the Risks of Hazardous Waste*. Congress of the United States. Office of Technology Assessment. EUA. 1983

II.3.6 Posibles efectos en la salud de los residuos peligrosos

La información acerca de los efectos potenciales en la salud de los residuos peligrosos ha sido obtenida a partir de:

- Estudios realizados en animales de experimentación expuestos en forma controlada a las sustancias que hacen peligroso a un residuo (Cuadro 2.14).
- La evaluación clínica de trabajadores expuestos a dichas sustancias en el ambiente laboral.
- El examen de personas que accidentalmente entraron en contacto con residuos peligrosos o residentes de lugares empleados previamente como depósito de dichos residuos (Tablas II.15 y II.16).

Tabla II.15
Desarrollo de cánceres por exposición a residuos peligrosos

Lugar	Tipo de cáncer	Observaciones
New Jersey	Gastrointestinal, Mamarío	Elevación del riesgo en la población con residencia cercana a sitios contaminados
	Leucemia	Elevación del riesgo en mujeres expuestas por ingestión de agua contaminada con tricloroetileno y tetracloroetileno, provenientes de residuos peligrosos.
Woburn, Massachusetts	Leucemia	Elevación del riesgo en niños expuestos por ingestión del agua contaminada con tricloroetileno y tetracloroetileno, provenientes de residuos peligrosos.
Winnebago, Illinois	Vejiga	Agrupamiento de cánceres en la población que se abastece de agua contaminada por residuos de solventes.
Gassim, Arabia Saudita	Esofágico	Elevación del riesgo entre la población que ingiere agua contaminada con hidrocarburos.

Fuente: National Research Council, *Environmental Epidemiology: Public Health and Hazardous Wastes*. National Academy Press, Washington, D.C. EUA. 1991.

Tabla II.16
Efectos reproductivos por exposición a residuos peligrosos

Sitio	Efectos reproductivos	Observaciones
Woburn, Massachusetts	Muertes perinatales Malformaciones congénitas	Asociación positiva entre los casos y la residencia en lugares con pozos contaminados por residuos peligrosos.
Santa Clara, California	Abortos espontáneos Bajo peso al nacer Malformaciones congénitas	Agrupamiento de casos entre la población que consumió agua contaminada por residuos de solventes.
Tucson, Arizona	Anomalías cardíacas congénitas	Asociación positiva entre los casos y el consumo de agua contaminada con tetracloretileno.

Fuente: National Research Council. *Environmental Epidemiology: Public Health and Hazardous Wastes*, National Academy Press, Washington, D.C. EUA. 1991.

II.3.6.1. Afecciones del aparato respiratorio

La inhalación de sustancias presentes en los residuos peligrosos puede producir diferentes problemas respiratorios que varían en función de las características de dichas sustancias y de la forma y severidad de la exposición.

Sustancias como ácidos o bases y agentes corrosivos o altamente reactivos (amoníaco, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y cloro) pueden provocar quemaduras y dar lugar a edemas pulmonares si la exposición es muy alta; en tanto que exposiciones continuas a bajas concentraciones producen irritación de las vías aéreas y favorecen la aparición de infecciones respiratorias en el corto plazo, así como bronquitis o enfisema pulmonar en el mediano y largo plazo. La exposición a fibras como el asbesto puede desarrollar procesos de cicatrización pulmonar y, como consecuencia, una fibrosis pulmonar.

II.3.6.2 Afecciones del sistema cardiovascular

Se sospecha que sustancias como el disulfuro de carbono y el plomo pueden provocar depósitos de colesterol en los vasos sanguíneos pequeños, lo que dificulta la circulación sanguínea y aumenta el riesgo de sufrir ataques cardíacos.

II.3.6.3 Afecciones sanguíneas

Sustancias como el monóxido de carbono, las anilinas, el tolueno, el trinitrotolueno, el benceno, el cloruro de vinilo, el cloruro de metilo, la arsina y el

plomo pueden interferir con la habilidad de la hemoglobina para fijar y liberar oxígeno; o dañar la membrana de los glóbulos rojos, con la consecuente liberación de hemoglobina, lo cual puede causar daño renal. De acuerdo con el tipo de exposición, puede producirse anemia aguda o crónica y en algunos casos -como ocurre con la exposición al benceno- leucemia.

II.3.6.4 Afecciones hepáticas

Agentes químicos como el tetracloruro de carbono, el tetracloroetano y otros derivados halogenados; metales como el antimonio, el berilio, el cadmio, el manganeso o el selenio; sustancias como el dioxano, el fenol, el naftaleno, el dimetil sulfato, la hidracina o el nitrobenceno, pueden ocasionar daño hepático y ser causa de hepatitis o de fibrosis hepática (cirrosis).

II.3.6.5 Afecciones renales

El bloqueo de la circulación o del transporte de oxígeno en el riñón puede dar lugar a afecciones renales agudas, como ocurre tras la exposición a agentes como el disulfuro de carbono y el plomo. Sustancias tales como el mercurio, el cromo, el arsénico, el ácido oxálico y el etilenglicol pueden dañar los tubos renales.

II.3.6.6 Afecciones del sistema nervioso

Los acetatos, los alcoholes, los éteres, las cetonas y derivados bromados pueden provocar alteraciones en el sistema nervioso, en tanto que los gases asfixiantes y el monóxido de carbono pueden ocasionar daños por privación de oxígeno al cerebro. También afectan la función nerviosa los plaguicidas, los plastificantes, el mercurio, el plomo, el manganeso y el arsénico.

II.3.6.7. Afecciones de la piel

Un gran número de sustancias están consideradas como irritantes primarios de la piel. Entre ellas están: ácidos y bases fuertes; algunas sales metálicas o metales simples, y diversos compuestos orgánicos que pueden penetrar las barreras externas de la piel y dañar las capas internas. Otras más son capaces de provocar

reacciones alérgicas descritas como dermatitis de contacto. Entre ellas están los dicromatos, las resinas epóxicas, los aceleradores de caucho, el hexaclorofeno, el biotinol, las salicilamidas y la formalina. Algunas sustancias contenidas en los combustibles fósiles y los aceites vegetales pueden llegar a ocasionar cáncer de piel.

II.3.6.8 Afecciones reproductivas

Problemas en la reproducción, como es el caso de la impotencia, la esterilidad, la pérdida fetal, la muerte perinatal y algunos defectos congénitos pueden asociarse con la exposición a diversos agentes químicos -aunque también pueden ser ocasionados por factores de otra índole-. Sustancias como el cloruro de vinilo; plaguicidas como el DDT, el aldrín y el malatión; los bifenilos policlorados; el cloropreno, la epiclorhidrina; el benceno y el plomo han estado asociados con mutación de las células germinales, infertilidad y teratogénesis.

II.3.6.9 Desarrollo de cáncer

Estudios epidemiológicos han permitido identificar cerca de treinta agentes capaces de inducir cáncer, de los cuales veinte se han detectado en el ambiente laboral (entre ellos aminas, arsénico, asbesto, bicloro-metil-éter, benceno, cadmio, cromo, isopropilos, gas mostaza, níquel, hidrocarburos policíclicos aromáticos, cloruro de vinilo, radiaciones ionizantes y luz ultravioleta). Estudios experimentales en animales indican que más de 700 compuestos químicos son carcinógenos potenciales. Cabe resaltar que uno de los factores de riesgo de cáncer más importante es el tabaco.

II.3.6.10 Efectos genotóxicos

Diversas sustancias han mostrado tener capacidad de interactuar con el material genético de las células, provocando cambios (mutaciones) que pueden favorecer el desarrollo de cáncer, padecimientos hereditarios y probablemente envejecimiento prematuro.

II.3.7 Peligros de infección

Los residuos generados como consecuencia de la elaboración de diagnósticos, tratamientos o inmunizaciones a los seres humanos y animales, así como los provenientes de investigaciones relacionadas con los mismos o aquellos derivados de la producción y prueba de reactivos biológicos son actualmente objeto de regulación y control para prevenir riesgos a la salud, en particular los de tipo infeccioso (Tabla II.17).

Tabla II.17
Residuos biológicos infecciosos

Tipos de Residuo	Descripción
Cultivos y cepas	Comprenden los cultivos y cepas de agentes infecciosos desechados por laboratorios médicos y patológicos, de investigación o industriales; vacunas vivas atenuadas; y cajas de cultivo o materiales empleados para transferir o inocular cultivos.
Residuos patológicos	Organos o tejidos de pacientes
Sangre humana o productos sanguíneos	Incluye sangre líquida desechada o subproductos, así como cualquier elemento saturado o embebido de sangre y sus contenedores.
Objetos punzocortantes	Utilizados en el cuidado o tratamiento médico de pacientes o de animales enfermos, en investigación o en laboratorios industriales. Incluye objetos de vidrio que hayan estado en contacto con agentes infecciosos.
Residuos animales	Cadáveres, órganos o tejidos de animales expuestos a agentes infecciosos o empleados en evaluaciones toxicológicas.
Residuos aislados	Residuos biológicos y materiales contaminados con sangre, excreciones, exudados o secreciones de seres humanos aislados por padecer enfermedades contagiosas o animales infectados.

Modificado de: National Tank Truck Carriers, Inc. C. *Cargo Tank Hazardous Material Regulations*. C. J. Harvison, J. L. Conley y L. Metcalfe Eds., p.155. EUA. 1992.

Las regulaciones cubren aspectos relacionados con el manejo de tales residuos intramuros en los lugares donde se generan y, en su caso, durante su transporte a los sitios donde reciben tratamiento y en los que se confinan una vez tratados, lo que implica la intervención de tres tipos de autoridad: sanitaria, del transporte y del ambiente.

Ante todo, debe prohibirse y vigilarse que no se disponga de los residuos infecciosos inadecuadamente, para evitar que éstos se difundan en el ambiente y puedan ocasionar graves problemas de salud.

Las enfermedades infecciosas se propagan debido a la interacción entre los agentes infecciosos patógenos y los individuos susceptibles, y en el Tabla II.18 se mencionan las etapas del proceso infeccioso.

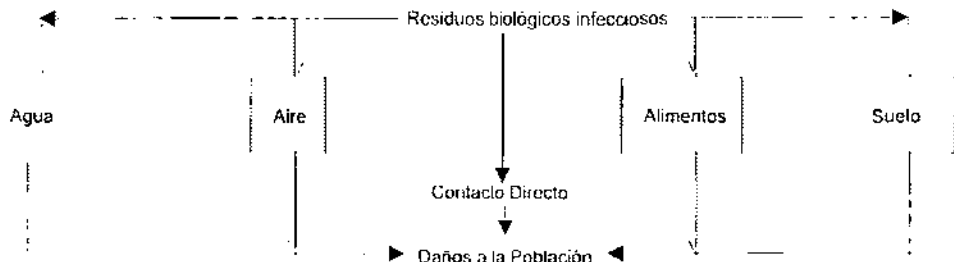
Tabla II.18
Etapas del proceso infeccioso

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción del agente patógeno al organismo. 2. Aprovechamiento del metabolismo de los tejidos del organismo por el agente infeccioso. 3. Resistencia del agente patógeno a los sistemas de defensa del organismo. 4. Producción de daño al organismo afectado. <p>El resultado del proceso infeccioso depende, por tanto, de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La virulencia del agente patógeno. • El número de agentes patógenos. • La vía de entrada al organismo. • La susceptibilidad del individuo. |
|--|

La virulencia de un agente infeccioso está determinada por su patogenicidad, por el nivel de toxicidad de las sustancias que produce en el organismo y por su capacidad de penetración. Sin embargo, a estas características hay que añadir los factores ambientales favorables al agente infeccioso. Las condiciones para la propagación de una infección se dan, por ejemplo, cuando un agente no es muy virulento pero se reproduce fácilmente y tiene altas oportunidades para entrar en contacto con los individuos.

La Figura II.1 resume las rutas por las cuales los residuos biológicos infecciosos pueden convertirse en riesgo para la población y el ambiente.

Figura II.1 Rutas de diseminación de residuos biológicos infecciosos



Por otra parte, para evaluar la peligrosidad de los residuos hospitalarios se consideran:

- a) Los riesgos inherentes a los residuos.
- b) La contaminación producto de su incineración.
- c) Los agentes patógenos viables que forman parte de los residuos con capacidad para inducir enfermedades, en especial hepatitis B y el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA).

CAPÍTULO III

**PERSPECTIVAS GENERALES DE LOS RESIDUOS
PELIGROSOS INDUSTRIALES EN MÉXICO**

"PENA Y ALEGRIA DEPENDEN MÁS DE LO QUE SOMOS QUE DE LO QUE NOS SUCEDE"

MUI TUATLI

El desarrollo industrial en México, a partir de los años cuarenta, ha experimentado importaciones y apoyo a la creación de nuevas industrias en todos los ramos. Asimismo, el crecimiento demográfico de nuestro país se ha mantenido, durante varios años, como uno de los primeros en el nivel mundial. Estas circunstancias obligaron a intensificar el aprovechamiento de los recursos naturales mediante impulso notable, debido principalmente a las políticas de sustitución de diversas actividades industriales. Tal desarrollo, si bien ha traído innumerables beneficios al país, en muchos casos se ha realizado en forma no planeada y sin tomar en cuenta su repercusión en el entorno nacional. En este aspecto se ha descuidado, en muchos casos con serias consecuencias, la calidad del ambiente por la falta de control al que deben estar sujetos todos los residuos que se generan en los diversos procesos industriales y de servicios. Actualmente, en nuestro país se enfrentan problemas generados por el manejo inadecuado de los residuos peligrosos (RP), los cuales se reflejan en la modificación de ecosistemas con la consecuente pérdida de biodiversidad y un aspecto muy importante: que constituyen un peligro para la salud del ser humano.

La problemática relacionada con los RP es muy compleja e involucra aspectos técnicos, políticos y sociales, ya que el desarrollo industrial que ha tenido el mundo y nuestro país en las últimas décadas no corresponde con un esfuerzo similar en el desarrollo de instalaciones apropiadas para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de este tipo de residuos.

Debido a la diversidad de procesos y materias primas con los que trabaja la industria instalada, los residuos que genera presentan una gran variedad de características, desde las que no se consideran riesgosas para la salud y el ambiente, hasta las muy peligrosas. El factor de mayor relevancia dentro del problema lo constituye la falta de control en cuanto al manejo que involucra entre otras actividades, el tratamiento y

disposición final de los residuos, lo que trae como consecuencia su incorporación indiscriminada al ambiente. Los sistemas desarrollados de RP en países industrializados no son siempre aplicables a países como el nuestro debido a su gran complejidad. Así mismo, las características de los residuos son propias de cada país, y por lo tanto se deben definir cuales son los sistemas de manejo más convenientes a las necesidades específicas de cada nación.

Es por ello que en este capítulo, se da una visión general de la situación de los RP en México y en diferentes países, algunos de ellos desarrollados, en el mundo.

III.1 SITUACIÓN EN EL MUNDO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

Aún cuando no se cuenta con inventarios precisos al respecto, se calcula que en el mundo se generan anualmente alrededor de 350 a 400 millones de toneladas (ton) de residuos peligrosos. Una gran parte de ellos provienen de industrias que contribuyen en forma importante a la economía de las sociedades industriales. Entre ellas están las industrias metalúrgicas del hierro y del acero o de metales no ferrosos y la industria química. Se suman otras fuentes, como las actividades agrícolas -generadoras de residuos de plaguicidas-, las extractivas (por ejemplo mineras y petroleras) y las de servicios (como los talleres automotrices que desechan aceites gastados).

La peligrosidad de tales residuos depende de su composición, ya que en la mayor parte de los casos se trata de mezclas complejas que contienen diversos tipos de sustancias. De ahí la importancia de contar con métodos analíticos que permitan realizar su caracterización.

Cabe señalar que en el comercio existen más de 100,000 sustancias y que sólo para un número reducido de ellas se cuenta con información completa acerca de sus propiedades físico-químicas, su toxicidad y biodegradabilidad, aspectos que definen su peligrosidad para la salud humana y el ambiente.

Es en función de esas propiedades y de la forma en que se presentan los residuos, que se puede determinar su peligrosidad. Así por ejemplo, residuos peligrosos en forma líquida pueden constituir un riesgo para los mantos freáticos si penetran a través de los suelos, en tanto que residuos particulados de pequeñas dimensiones pueden ser diseminados por el viento. En uno u otro caso, los residuos peligrosos pueden dar lugar a problemas transfronterizos si son arrastrados por agua o aire hacia países vecinos de los que los generaron.

Las aplicaciones de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos para la salud y el bienestar público, así como para el ambiente, han quedado ampliamente evidenciadas por sucesos que pusieron de relieve que es más costoso remediar que prevenir. Tal es el caso de los episodios de intoxicación por mercurio y cadmio acaecidos en Japón, en los que grupos de individuos que ingirieron alimentos contaminados con residuos industriales y mineros sufrieron graves problemas de salud que llevaron a algunos a la muerte (Tabla III.1).

Tabla III.1
Exposición de poblaciones humanas a metales por la disposición inadecuada de residuos industriales

Año	Lugar	Causa	Metal	Consecuencias
1953	Japón	Descargas de Hg en la Bahía de Minamata	Metilmercurio	En 83 adultos y 40 recién nacidos de la población que ingirió pescado contaminado se desarrolló una intoxicación crónica que afectó principalmente su sistema nervioso central.
1960	Japón	Descargas de Cd, Pb y Zn en un río cercano	Cd	La población que utilizaba el agua para bebida e irrigación desarrolló una intoxicación crónica por Cd (enfermedad de Itai-Itai).

Cd= Cadmio; Pb= Plomo; Zn=Cinc; Hg= Mercurio.

Fuente: Ortiz Monasterio F., C. Cortinas de Nava y L. Maffey García. *Manejo de los desechos industriales en México*. Fundación Universo XXI, México 1987.

También son conocidos los impactos económicos que ocasionó la evacuación e indemnización de residentes de dos comunidades asentadas en áreas en las que se construyeron y abandonaron entierros de residuos químicos industriales. En Love Canal, Nueva York, Estados Unidos, el presupuesto asignado por el gobierno para la

limpieza del lugar ascendió aproximadamente a 500 millones de dólares; mientras que en Lekkekerk, Países Bajos, se estima que se gastaron cerca de 70 millones de dólares para limpiar el sitio afectado (Tabla III.2).

Tabla III.2
Ejemplos de exposición de poblaciones a confinamientos no controlados de residuos industriales

Período de Operación	Sitio	Residuos	Año de Estudio	Hallazgos en la población expuesta
1920-1953	Love Canal, New York, E.U.	Compuestos orgánicos	1978	Bajo peso al nacer y menor desarrollo físico
1940-1977	New Bedford, Massachusetts, E.U.	Bifenilos Policlorados (BPC's)	1983	Niveles sanguíneos de BPC'S
1947-1971	Triana, Alabama, E.U.	Plaguicidas	1983	Hipertensión arterial.
1964-1972	Hardeman County, Tennessee, E.U.	Tetracloruro de carbono Hexacloro Pentadieno Hexacloro Heptadieno	1978	Lesiones hepáticas transitoria
1970-1976	Lekkekerk, Países Bajos.	Solventes orgánicos, Metales.	1980	Niveles sanguíneos de hidrocarburos aromáticos.

Fuente: Ortiz Monasterio F., C. Cortinas de Nava y L. Maffey García. *Manejo de los desechos industriales en México*. Fundación Universo XXI, México 1987.

Dichos sucesos fueron ampliamente difundidos por los medios de comunicación y, junto con los accidentes químicos acaecidos en Seveso, Italia, y Bophal, India, contribuyeron a desarrollar una actitud negativa por parte de las comunidades hacia el establecimiento y operación de instalaciones peligrosas en sus localidades (Tabla III.3).

Tabla III.3
Los accidentes químicos más publicitarios

Año	Lugar	Sustancia Involucrada	Consecuencias
1977	Seveso, Italia.	Dioxinas	193 personas con efectos adversos en la piel (cloroacné), 733 personas evacuadas, 100 000 animales muertos.
1984	Bophal, India	Isocianato de metilo	2000 muertes, 10 000 personas con efectos agudos, 100 000 personas afectadas en su bienestar.
1986	Basilea, Suiza	Plaguicidas, mercurio, etc.	Contaminación del Río Rin.

Fuente: Ortiz Monasterio F., C. Cortinas de Nava y L. Maffey García. *Manejo de los desechos industriales en México*. Fundación Universo XXI, México 1987.

Esta posición -conocida como el síndrome de "no en mi patio trasero" (Nimby, por sus iniciales en inglés)- ha tenido su equivalente en la actitud de funcionarios públicos temerosos de las repercusiones de sus decisiones, quienes se niegan a firmar autorizaciones para construir u operar tales instalaciones o plantas para el tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.

Las actitudes antes descritas no sólo están consideradas como contrarias al desarrollo de las economías nacionales, sino que además son peligrosas, en la medida en que impiden establecer infraestructura necesaria para dar un manejo ambientalmente más adecuado a los residuos y conducen una disposición final inadecuada de éstos, lo que incrementa los riesgos.

Se ha tratado de responder al problema citado con la elaboración y desarrollo de legislaciones y estrategias que permitan dar acceso a la información a las comunidades, en forma tal que éstas puedan establecer juicios fundamentados y tomar parte en la planeación sobre el sitio de asentamiento de las instalaciones de tratamiento de residuos, así como estar al tanto de las medidas de seguridad y emergencia implantadas en dichas instalaciones.

Un problema adicional y de amplias repercusiones fue el descubrimiento en Francia, de residuos peligrosos provenientes de la limpieza del sitio en el que ocurrió el accidente químico en Seveso, Italia. Asimismo, causaron impacto las noticias divulgadas por los periódicos acerca de barcos que zarparon de Estados Unidos de América y de Europa, buscando desembarcar residuos peligrosos en países en vías de desarrollo, y que tuvieron que retomar su carga al lugar de origen ante el rechazo generalizado de lo países con los que habían establecido contacto para solicitar su admisión en su territorio.

Es en respuesta a tales prácticas que se han establecido convenios binacionales y multinacionales diversos para regular el movimiento transfronterizo de residuos

peligrosos, entre los que destaca el Convenio de Basilea, y que alrededor de 90 países han determinado prohibir la importación de tales residuos. La Organización Internacional Greenpeace publicó un documento acerca de la Agenda de la Reunión de la Primera Conferencia de las Partes de la Convención de Basilea (Uruguay, 1992), en el cual precisó los países que prohíben la importación de residuos peligrosos (Ver Tabla III.4).

Tabla III.4
Países que prohíben la importación de residuos peligrosos

Angola	Ecuador	Libia	San Vicente y Granadinas
Antigua	Egipto	Lituania	Santo Tomé y Príncipe
Argel	Etiopía	Madagascar	Senegal
Argentina	Filipinas	Malawi	Seychelles
Bahamas	Gabón	Mali	Sierra Leona
Barbados	Gambia	Mauritania	Siria
Belice	Ghana	Mauricio	Somalia
Benin	Granada	Mozambique	Sudán
Botswana	Guatemala	Namibia	Surinam
Burkina Faso	Guinea	Níger	Swazilandia
Burundi	Guinea Ecuatorial	Panamá	Tanzania
Cabo Verde	Guinea Bissau	Papua Nueva Guinea	Togo
Camerun	Guyana	Perú	Tonga
Colombia	Haiti	Polonia	Trinidad y Tobago
Comoras	Indonesia	Portugal	Túnez
Congo	Islas Fidji	República Centroafricana	Tuvalu
Costa Rica	Islas Salomón	República Dominicana	Uganda
Costa de Marfil	Jamaica	Rwanda	Vanuatu
Chad	Kenya	Rumania	Venezuela
Chile	Lesoto	Samoa Oriental	Zaire
Djibuti	Liberia	San Kitts y-Nevis	Zambia
Dominica	Libano	Santa Lucía	Zimbabwe

Todo lo expuesto llevó a incluir en la Agenda 2 -documento que plantea el marco para la instrumentación de programas con el objeto de permitir el desarrollo sustentable, surgido de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo- un capítulo sobre el manejo ambientalmente idóneo de los residuos peligrosos. Los objetivos de las áreas programáticas de dicho capítulo se resumen a continuación:

1. Promover la prevención y reducción al mínimo de la generación de RP a través de métodos limpios de producción; evitar el uso de sustancias peligrosas cuando existan sustitutos; recuperar materiales, reciclarlos, reusarlos de modo directo o mediante usos alternativos.
2. Mejorar el conocimiento y la información sobre los aspectos económicos de la prevención y administración de los residuos peligrosos.
3. Aumentar el conocimiento acerca de los impactos de los RP en la salud y el ambiente.
4. Promover y fortalecer las capacidades institucionales para prevenir, minimizar y administrar riesgos asociados con los residuos peligrosos
5. Promover y fortalecer la cooperación internacional en el manejo de los movimientos transfronterizos de RP, incluyendo el control y monitoreo, consistente con los instrumentos legales regionales e internacionales.

III.2 SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

III.2.1 FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS PELIGROSOS

III.2.1.1 Planta industrial

En México el proceso de industrialización se inició de manera acelerada en los últimos cincuenta años, con una concentración industrial preponderante en unas cuantas ciudades -entre las que destacan la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMVM), Monterrey y Guadalajara- y en algunos polos de desarrollo como Veracruz y la frontera norte. El país se caracteriza por la conformación de un porcentaje bajo de grandes empresas con tecnologías avanzadas de producción y un gran número de micro, pequeñas y medianas empresas (más de 95%), muchas de ellas con procesos obsoletos de producción.

La planta industrial comprende básicamente, cuatro tipos de industria:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| 1. Manufactureras | 3. De la construcción |
| 2. Extractivas (minería y petróleo) | 4. Eléctrica |

En la Tabla III.5 se describe la distribución de la industria en México, de acuerdo con el XIII Censo Industrial, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en 1989 (Se presentan los datos del Censo realizado en 1989, debido a que el que se llevó a cabo en 1999, presentó errores en los rubros industriales y a la fecha de elaboración del presente documento aún no se realizaban las correcciones pertinentes).

Tabla III.5
Sectores de la Industria nacional

SECTORES	UNIDADES INDUSTRIALES
Minería y extracción de petróleo	2,402
<i>Subsector</i>	
Carbón	46
Petróleo y gas natural	33
Extracción de minerales metálicos	678
Explotación de minerales no metálicos	1,645
Industrias manufactureras	141,446
<i>Subsector</i>	
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	51,151
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	16,853
Industrias y productos de madera (incluye muebles)	16,141
Papel y productos de papel, imprentas y editoriales	7,952
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, del hule y del plásticos	5,472
Productos minerales no metálicos (excluye los derivados del petróleo y del carbón)	14,502
Industrias metálicas básicas	932
Productos metálicos, maquinaria y equipo (incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión)	26,945
Otras industrias manufactureras	1,498
Industria eléctrica	36
<i>Subsector</i>	
Electricidad	36
Industria de la construcción	5,308
<i>Subsector</i>	
Construcción	5,308

Fuente: XIII Censo Industrial, Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática, 1989.

En lo que respecta a la industria química, de las 5,472 empresas que la conforman, la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) reúne a 340 que cuentan con 465 plantas y cubren las áreas de producción de petroquímica básica y secundaria; fibras sintéticas y artificiales, hules sintéticos y negro de humo, pigmentos y colorantes, adhesivos, química inorgánica, resinas sintéticas y especialidades químicas.

La ANIQ promueve la adopción, por parte de sus socios, del Programa de Responsabilidad Integral, que comprende el manejo y eliminación ambientalmente idóneos de las sustancias tóxicas y materiales peligrosos. A su vez, dicha Asociación ha establecido un sistema de información sobre accidentes químicos en el transporte.

El 60% de la industria química está distribuida principalmente en el Estado de México, Veracruz y el Distrito Federal. Aunado a lo anterior, en 1965 el Gobierno Mexicano estableció un plan de industrialización fronteriza, para atraer a industrias de mano de obra intensiva, que permitió a industrias con matriz extranjera -denominadas maquiladoras- traer capital en equipo, componentes y materias primas sin pagar impuestos arancelarios, con la condición de que exportaran sus productos manufacturados.

III.2.1.2 Volumen estimado de generación

Como puede apreciarse en la Tabla III.6, de las 450 mil ton/día de residuos generados por diferentes tipos de industria -según cálculos para 1991-, alrededor de 14,500 ton/día corresponden a RP, lo que equivale a cerca de cinco millones de toneladas anuales.

Tabla III.6
Volumen estimado de generación de residuos sólidos industriales, incluyendo los peligrosos (a nivel nacional)

	1995		1996	
	Ton/día	Ton/año (Miles)	Ton/día	Ton/año (Miles)
Minería extractiva y de fundición,	300000	109500	337500	123187
Industria química: básica, orgánica e inorgánica	70500	25732	81000	29 565
Agroindustria,	29500	10767	31500	11498
Peligrosos	15500	5657	14500	5292
Generación total	415500	1516564	50000	169542

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental - Instituto Nacional de Ecología. Sedesol, 1997.

III.2.1.3 Generación de RP en la franja fronteriza norte

La frontera norte con los Estados Unidos de América es una de las áreas con mayor crecimiento industrial en el país, debido a los beneficios que brinda su cercanía con los mercados estadounidenses; en particular, la industria maquiladora se ha incrementado aceleradamente.

Existen alrededor de 2,147 empresas en la franja fronteriza norte de México, constituidas en 83.3% por maquiladoras. Las ciudades con mayor número de empresas maquiladoras son Tijuana (612) y Juárez (343).

Las principales actividades de las empresas fronterizas, divididas en empresas maquiladoras y empresas nacionales son:

- Maquiladoras. Se dedican principalmente al ensamble de artículos eléctricos y electrónicos, incluyendo el armado de arneses eléctricos, la elaboración de productos de metal, costura de artículos en general, productos de madera y plástico.
- Empresas nacionales. Las actividades más importantes que realizan son la elaboración de productos de metal, alimenticios y químicos.

Se tienen identificadas alrededor de 1,673 empresas generadoras de RP, lo que corresponde a 78% del total mencionado. De éstas, 1,408 empresas son maquiladoras (84%) y el resto (265 empresas) nacionales (Tabla III.7).

Tabla III.7
Empresas generadoras de residuos peligrosos en la
Franja Fronteriza Norte

Estado	Nº de Maquiladoras	Nº de empresas nacionales	Total
Baja California	725	126	851
Chihuahua	283	65	348
Tamaulipas	181	16	197
Sonora	142	20	162
Coahuila	77	38	115
Total	1408	265	1673

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, Sedesol, 1996

Las empresas que se dedican a elaborar artículos electrónicos y eléctricos son las que generan mayor cantidad de residuos; al contrario de lo que sucede con las de costura, alimentos, cuero y calzado.

Se estima una generación de RP de aproximadamente 60,000 ton anuales. De esta cantidad estimada, 27% es generada por 1,141 empresas medianas y microempresas. Las empresas de mayor tamaño son las que generan la mayor cantidad de residuos (53%) y son las que, en términos generales, si manifiestan y registran sus residuos (Tabla III.8).

Tabla III.8
Los residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia

Residuos	Porcentaje
Solventes	36.2
Aceites y grasas	12.89
Pinturas y barnices	7.71
Soldadura Pb-Sn*	5.63
Resinas	4.45
Ácidos y bases	2.72
Derivados del petróleo	2.46
Metales pesados	2.01
Adhesivos	1.69
Freón	1.15
Lodos	1.15
Silicón	0.54
Tintas	0.35
Plástico	0.26
Otros	20.79

* Pb = Plomo; Sn = Estaño

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental. Instituto Nacional de Ecología. Sedesol. 1996

A nivel fronterizo, aproximadamente 29.3% de las empresas generadoras de las cuales 98% son maquiladoras- envían sus RP a EUA; dichos residuos son equivalentes a 32,707 ton/año. 5.4% de las empresas disponen sus residuos en México y corresponden a un total de 10,932 ton/año. En tanto que 65% de las empresas generadoras no manifiestan el lugar de disposición de sus residuos, los cuales sumarían alrededor de 16,054 ton/año.

En México se reciclan o confinan 268,752 ton al año de RP, incluyendo 60,000 ton/año de RP importados, como es el polvo de acerías para la recuperación de zinc. De

Las empresas que se dedican a elaborar artículos electrónicos y eléctricos son las que generan mayor cantidad de residuos; al contrario de lo que sucede con las de costura, alimentos, cuero y calzado.

Se estima una generación de RP de aproximadamente 60,000 ton anuales. De esta cantidad estimada, 27% es generada por 1,141 empresas medianas y microempresas. Las empresas de mayor tamaño son las que generan la mayor cantidad de residuos (53%) y son las que, en términos generales, sí manifiestan y registran sus residuos (Tabla III.8).

Tabla III.8
Los residuos peligrosos que se generan con mayor frecuencia

Residuos	Porcentaje
Solventes	36.2
Aceites y grasas	12.89
Pinturas y barnices	7.71
Soldadura Pb-Sn*	5.63
Resinas	4.45
Ácidos y bases	2.72
Derivados del petróleo	2.46
Metales pesados	2.01
Adhesivos	1.69
Freón	1.15
Lodos	1.15
Silicón	0.54
Tintas	0.35
Plástico	0.26
Otros	20.79

* Pb = Plomo; Sn = Estaño

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental. Instituto Nacional de Ecología. Sedesol. 1996

A nivel fronterizo, aproximadamente 29.3% de las empresas generadoras de las cuales 98% son maquiladoras- envían sus RP a EUA; dichos residuos son equivalentes a 32,707 ton/año. 5.4% de las empresas disponen sus residuos en México y corresponden a un total de 10,932 ton/año. En tanto que 65% de las empresas generadoras no manifiestan el lugar de disposición de sus residuos, los cuales sumarían alrededor de 16,054 ton/año.

En México se reciclan o confinan 268,752 ton al año de RP, incluyendo 60,000 ton/año de RP importados, como es el polvo de acerías para la recuperación de zinc. De

acuerdo con esto, 10,932 ton/año forman 4% del total de residuos que se reciclan y confinan en la parte norte del país.

III.3 CASOS DE MANEJO INADECUADO DE RP EN MÉXICO

La evaluación de los efectos en la salud de los RP en México no ha sido objeto de un estudio sistemático, por lo cual no es posible determinar la magnitud del problema sino sólo inferirlo a partir de la descripción de casos que han sido notificados por los medios de comunicación, a través de algunas publicaciones que analizan problemas particulares o con base en la información acerca de las condiciones que privan en el país en la materia. Aunque el interés que este tema despierta en algunos grupos de investigación está dando lugar a estudios para caracterizar los riesgos de grupos poblacionales específicos, que se espera contribuyan a conocer más a fondo la situación.

En la Tabla III.9 se citan algunos ejemplos de manejo inadecuado de residuos peligrosos en México que han traído consigo la exposición de seres humanos y que ilustran el tipo de problemas que pueden suscitarse.

Tabla III.9
Exposición de poblaciones a RP en México por su disposición inadecuada

ANO	SITIO	MATERIALES Y MEDIO	EFFECTOS
1962	Torreón, Coahuila	scoria con arsénico almacenada en los patios de una empresa metalúrgica.	Contaminación de suelos y agua de pozos cercanos. Intoxicación en la población aledaña.
1974 a 1977	Tultillán, Estado de México.	Residuos con cromo almacenados a cielo abierto y descarga de aguas residuales con cromo de una empresa productora de cromita.	Contaminación de suelos y agua en el poblado. Presencia de cromo en sangre de la población.
1984 a 1985	Tlalnepanitla, Estado de México.	Residuos de la extracción de aceites vegetales, arrojados clandestinamente en un basurero municipal.	Quemaduras severas en niños y adultos.
ND	Diferentes	Reciclado de baterías con plomo en locales familiares.	Intoxicación aguda y crónica por plomo en miembros de las familias involucradas.
ND	Diferentes	Reutilización de envases que contenían sustancias tóxicas (plaguicidas).	Intoxicación aguda en la población expuesta, preferentemente campesinos.

ND: no determinado

Fuente: Ortiz Monasterio, F., C. Cortinas de Nava y I. Maffey García. *Manejo de los Desechos Industriales en México*, Fundación Universo XXI, México, 1987



FOTO III.1



FOTO III.2

Fotografías III.1 y III.2, muestran contaminación a suelos y mantos freáticos, por disposición clandestina de todos provenientes de plantas de tratamiento, Municipios de Amecameca y Tlalmanalco, Estado de México 1998.



FOTO III.3



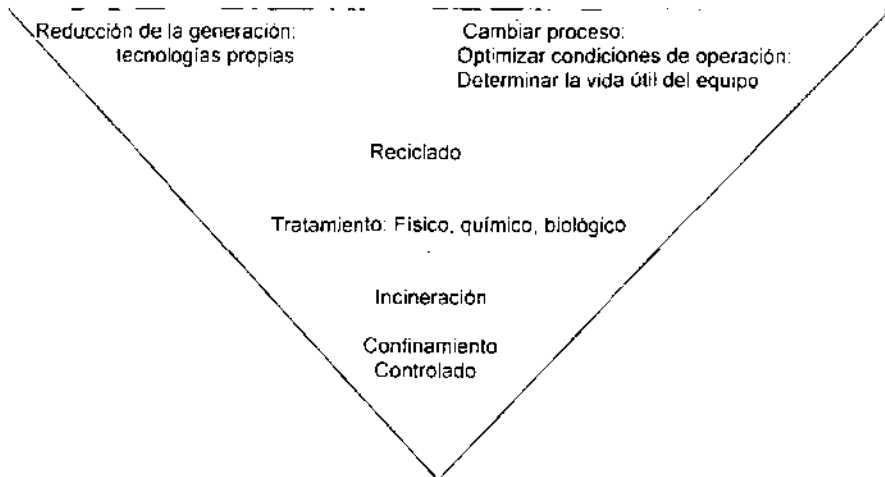
FOTO III.4

Fotos III.3 y III.4, incineración clandestina de residuos industriales, Texcoco, Estado de México, 1999.

III.4 GESTIÓN DE LOS RP (ESTRATEGIA)

El enfoque estratégico adoptado para la gestión de los RP aparece resumido en la Figura III.1.

Figura III.1
Estrategia de eliminación de los residuos peligrosos



Fuente: *Regulación y Gestión de Productos Químicos en México, enmarcados en el contexto internacional*. Instituto Nacional de Ecología, Sedesol, 1996

La estrategia de control de los residuos industriales en plantas nuevas se basa en la autorización de procesos más limpios que reduzcan su generación. En la industria instalada antes de 1988 (año en que se publicó el reglamento) se ha promovido el reciclaje de los residuos, con el fin de reducir los volúmenes destinados a destrucción y disposición final.

En el caso de los confinamientos, los residuos son sometidos a un proceso de estabilización para reducir sus efectos peligrosos. De esta manera se pretende garantizar un manejo tendente a proteger el suelo, el subsuelo, los cuerpos de aguas superficiales y los mantos freáticos.

FOTO III.5



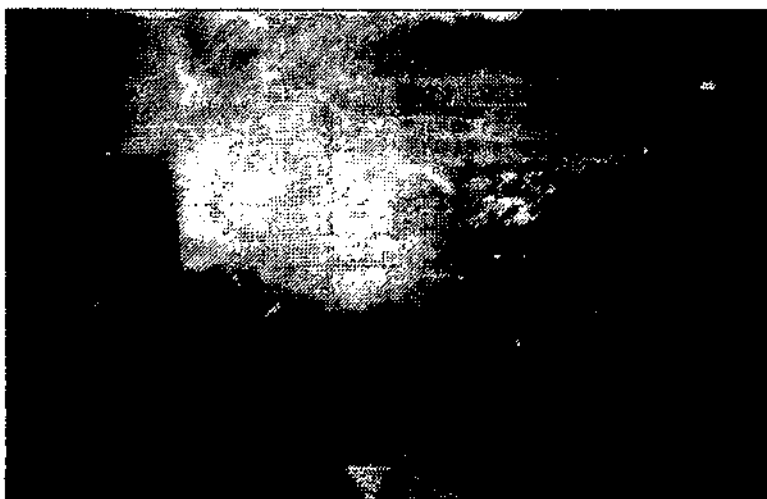
Fotografía III.5 disposición clandestina de residuos industriales en barrancas. Nicolás Romero, Estado de México, 1996.

FOTO III.6



Fotografía III.6 incendio forestal provocado por la quema de clandestina de residuos industriales (tierras de blanqueo), Tlalnepantla, Estado de México, 1995.

FOTO III.7



Fotografía III.7 Quema clandestina de residuos industriales (natas y lodos de pinturas), Santiago Tianguistenco, Estado de México 1997.

CAPÍTULO IV
REGULACIÓN AMBIENTAL VIGENTE PARA LA
PREVENCIÓN Y CONTROL DE RESIDUOS
PELIGROSOS EN MEXICO

"EL PRIMER DEBER DE UN HOMBRE ES PENSAR POR SÍ MISMO".
ARISTÓTELES

La contaminación es el resultado del desfase en la relación consumo energía y explotación de mano de obra y materias primas, bajo un esquema de despilfarro y desperdicio. Es la forma en que se expresa la ineficiencia de los esquemas de producción, en los que no se toma en cuenta valor del sustento natural y los mecanismos de ahorro indispensables para la subsistencia de este proceso. Así, uno de los más graves problemas es lo que sobra, es decir: los residuos, que son reflejo de la ineficiencia del sistema productivo.

El tema de los residuos es eminentemente económico; se genera la microeconomía, en el nivel de eficiencia del proceso productivo, y afecta directamente la macroeconomía, al impactar tanto a las políticas económicas como a los esquemas de consumo de energía.

IV.1 MARCO CONCEPTUAL

Los residuos se entienden como el remanente del sistema productivo; si son susceptibles de ser reciclados, generan lo que podemos denominar la nueva industria ambiental del reciclaje y la reutilización. Sin embargo, muchos de ellos no pueden ser objeto de este proceso y se convierten en un problema.

La creciente industrialización de México ha provocado el incremento de los residuos peligrosos en un nivel que aún hoy, no podemos cuantificar con exactitud. La legislación sobre el tema permaneció estancada durante mucho tiempo, el suficiente como para permitir que el problema se agudizara y requiriera de acciones urgentes. En este ámbito surgen las leyes que regulan actualmente la materia.

Los residuos, desde el punto de vista jurídico, son el producto de un esquema de propiedad privada incompleto, bajo el cual el dueño del bien después de "aprovechar" y "consumir", puede, sin ninguna responsabilidad, desechar el

sobrante. Su responsabilidad como propietario termina en el momento en que voluntariamente lo abandona. Este sistema se ve fortalecido por los esquemas de servicios públicos, en los que el Estado interviene prestando el servicio de la recolección y destino final.

El pago del manejo del sobrante se da por vía indirecta a través de los impuestos, y en ocasiones bajo el pago de derechos, sobre todo bajo el esquema del consumo de bienes domésticos.

También podemos considerar a los residuos como uno de los factores que, en el nivel mundial, pueden ser causa del conflicto espacial, territorial. Tenemos que preguntarnos: ¿cuántas hectáreas son y serán necesarias para ser destinadas como espacios para "depositar" residuos, y quién quiere ser el vecino del "patio trasero"?; ¿cómo resolver el conflicto entre utilizar el suelo y el subsuelo como depósito de residuos o como un elemento susceptible de ser aprovechado en otros fines?; ¿quién paga el costo de destino de estas áreas para este objeto?; ¿quién pagará el costo de su "limpieza" en el momento en que sean requeridos para otros fines?; ¿cuáles serán los mecanismos para este cambio de uso del suelo?

Podemos decir que algunos de los problemas jurídicos que se relacionan con el tema de los residuos son los siguientes:

1. Esquema de propiedad incompleto, que se deriva de la naturaleza jurídica del residuo. En otras palabras, ¿quién es dueño de la basura?.
2. Al ser bienes abandonados, se traslada al Estado la responsabilidad de su manejo, como prestador del servicio público de limpia y recolección de basura.
3. Bajo este esquema, no encontramos responsabilidad legal para el generador.
4. Problema de costos, que se resume en el principio de quien contamina paga, y los costos derivados de la selección, traslado y destino final de los residuos.

5. Usos del suelo y, ambientalmente, la selección de sitios de destino final, que se relaciona con la titularidad, destino y ubicación de los sitios seleccionados.
6. Prevención de los riesgos para la salud del ser humano y para el ambiente, especialmente cuando nos referimos a residuos peligrosos.

Los residuos, por los efectos que generan, pueden ser vistos como:

- ◆ Residuos susceptibles de reciclaje o reutilización.
- ◆ Residuos no reciclables y reutilizables.
- ◆ Residuos peligrosos que pueden ser de los dos tipos anteriores.

El problema de los residuos peligrosos, desde el punto de vista jurídico es que todos los mecanismos de control se dan en una aceptación tácita y generalizada desde el esquema legal de su existencia; pocos son los mecanismos de control para evitar su generación, y casi nulos los mecanismos de ahorro y eficiencia en el sector que los genera.

IV.2 SISTEMA LEGAL EN MÉXICO

La base del sistema legal jurídico mexicano se encuentra en la "Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos". De ésta se derivan las normas jurídicas específicas, siguiendo una jerarquización tal, que cada una valida y fundamenta a otra inferior.

IV.2.1 Leyes

Colocadas en un primer nivel jerárquico en nuestro sistema jurídico, las leyes son normas generales y permanentes, derivadas de la Carta Magna; con la que deben guardar congruencia y no contradecirla, contrariarla, rebasarla o modificarla. Al ser aplicables a toda persona o situación que quede incluida dentro de lo que disponen. Las leyes son generales ya que no se refieren a ninguna persona o

caso en particular. Los destinatarios están señalados por circunstancias abstractas. A quien realice el supuesto, se le aplica la Ley.

En nuestro sistema jurídico, la ley es fuente autónoma, creadora de obligaciones en aquellos casos en que se considera un hecho material, independiente de toda voluntad del ser humano, y hace que se generen consecuencias de Derecho.

IV.2.2 Reglamentos

En segundo nivel dentro de la escalera jerárquica del Sistema Jurídico Mexicano están los reglamentos. Estos comprenden las disposiciones legislativas expedidas por el Poder Ejecutivo para el desarrollo o instrumentación de las disposiciones legales. Es decir, por lo general el reglamento deriva de una ley a la cual complementa y amplía en sus principios.

Los titulares de la Administración Pública de las áreas reguladas son los directamente responsables de la forma y contenido de los reglamentos correspondientes. A propuesta de éstos, el Ejecutivo promulga los reglamentos y los decretos, mismos que pueden ser modificados mediante decreto tanto por los titulares de la Administración Pública como por el propio ejecutivo.

IV.2.3 Normas

El tercer nivel de esta jerarquización está ocupado por las normas. En esencia, son resoluciones de control ejercidas específicamente en el ámbito administrativo, al provenir de decisiones emitidas por una o varias autoridades de la Administración Pública; en algunos casos son producto de un estudio particular de normalización, aprobado por una autoridad reconocida (SECOFI), con objeto de evitar conflictos que pudieran surgir en casos concretos.

A partir de la entrada en vigor de la Ley Federal de Metrología y Normalización (LNMN, 16 de julio de 1992), se hizo necesario replantear todas las normas

técnicas obligatorias (incluyendo las ambientales y las sanitarias), publicadas previamente en nuestro país.

Con este replanteamiento se advierte que la expedición de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de carácter obligatorio requiere una fundamentación científico técnica y/o de protección al consumidor. Del mismo modo, se hace necesario especificar los beneficios potenciales de cada norma, que incluyen los intangibles y no cuantificables monetariamente; identificar a los beneficiarios; especificar los costos potenciales –comprendidos los efectos adversos posibles que no puedan ser medidos en términos monetarios (análisis costo-beneficio); y explicar por qué se considera que esa NOM, particular, constituye la mejor opción para alcanzar el objetivo específico que se persigue.

Esto implica considerar otras alternativas para lograr el objetivo específico, como son el empleo de instrumentos económicos, acuerdos de concertación, educación y capacitación, etcétera.

Con las modificaciones derivadas de la nueva LNMN, las Normas Técnicas Obligatorias dejaron de ser vigentes en el curso del mes de octubre de 1993 (en términos del Artículo Tercero Transitorio de la Ley), con el propósito de armonizar los procedimientos para su elaboración y de que reflejen los intereses de diversos sectores involucrados.

IV.3 ADMINISTRACIÓN PÚBLICA EN LOS RESIDUOS PELIGROSOS

La Administración Pública del Medio Ambiente en la Federación puede ser analizada a partir de la secretaría que encabeza el sector y que atiende los asuntos administrativos del Poder Ejecutivo de la Unión, la cual fue creada dada la reforma de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal en mayo de 1992 como Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Posteriormente el 4 de julio del mismo año, se creó el reglamento interior de dicha dependencia que establece

que para el despacho de los asuntos de su competencia, la SEDESOL, contará con los siguientes Órganos Descentralizados:

- Instituto Nacional de Ecología (INE) y
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

La antigua SEDESOL, en lo relativo a las acciones tendientes al medio ambiente, fue reformada el 28 de diciembre de 1994, creando la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) otorgándole entre otras atribuciones, atender los asuntos relacionados sobre los residuos peligrosos, misma que se apoya en el INE y la PROFEPA. Siendo el INE el órgano administrativo que tiene la facultad de carácter normativo y la PROFEPA, de carácter jurisdiccional administrativo.

El INE para el ejercicio de sus atribuciones cuenta con unidades administrativas, tales como la Presidencia, la Unidad Coordinadora de Áreas Naturales y Protegidas, así como las Direcciones Generales de: Vida Silvestre, Gestión e Información Ambiental, Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental y Regulación Ambiental. Del Reglamento Interior de la SEMARNAP, se pueden mencionar entre otras, las siguientes atribuciones del INE:

- Formular, conducir y evaluar la política nacional en materia ecológica y protección al ambiente.
- Llevar a cabo el ordenamiento ecológico general del territorio nacional.
- Formular y conducir la política general de saneamiento ambiental.
- Organizar y administrar las áreas naturales protegidas de interés de la Federación.
- Administrar y promover el aprovechamiento y conservación de la flora y fauna silvestre.

- Formular y conducir la política en materia de residuos peligrosos y riesgo ambiental
- Establecer y promover el sistema de información ambiental.
- Evaluar, dictaminar y resolver las manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo de competencia federal.
- Otorgar permisos, concesiones, autorizaciones, licencias, dictámenes, constancias y registros de su competencia de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables.

Mientras que la PROFEPA cuenta con la Procuraduría, las Subprocuradurías de Verificación Industrial y Recursos Naturales, Direcciones Generales de: Planeación y Coordinación; Operación; Emergencias Ambientales; Asistencia Técnica Industrial; Inspección Industrial; Laboratorios; Verificación de Ordenamiento Ecológico; Inspección y Vigilancia Forestal y de Flora y Fauna; Inspección y Vigilancia de los Recursos Pesqueros y Marinos; Jurídica; Denuncias y Quejas, Contraloría Interna; Coordinación de Delegaciones; y las Delegaciones de la PROFEPA. Las principales atribuciones de la PROFEPA son:

De acuerdo al Artículo 62 del Diario Oficial de la Federación publicado el 8 de julio de 1996; la Procuraduría tendrá las siguientes atribuciones:

1. Vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales aplicables relacionadas con la prevención y control de la contaminación ambiental, los recursos naturales, los bosques, la flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, pesca, y zona federal marítimo terrestre, playas marítimas y terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas, áreas naturales protegidas, así como establecer mecanismos, instancias y procedimientos administrativos que procuren el logro de tales fines;
2. Recibir, investigar y atender, o en su caso canalizar ante las autoridades competentes, las quejas y denuncias administrativas de la ciudadanía y de los

sectores público, social y privado, por el incumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables relacionadas con el medio ambiente, los recursos naturales, los bosques, la flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas y la pesca;

3. Salvaguardar los intereses de la población y brindarle asesoría en asuntos de protección y defensa del ambiente y los recursos naturales competencia de la Secretaría;
4. Coadyuvar con las autoridades federales, estatales y municipales en el control de la aplicación de la normatividad relacionada con el medio ambiente;
5. Emitir resoluciones derivadas de los procedimientos administrativos en el ámbito de su competencia;
6. Expedir recomendaciones a las autoridades competentes para controlar la debida aplicación de la normatividad ambiental; así como vigilar su cumplimiento y dar seguimiento a dichas recomendaciones;
7. Promover y procurar la conciliación de intereses entre particulares y en sus relaciones con las autoridades, en asuntos derivados de la aplicación de las leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y programas ambientales;
8. Realizar auditorías y peritajes ambientales, respecto a la realización los sistemas de explotación, almacenamiento, transporte, reducción, transformación, comercialización, uso y disposición de desechos y compuestos, así como respecto a la realización de actividades que por su naturaleza constituyen un riesgo para el ambiente;
9. Formular a solicitud de la autoridad competente o de los particulares, dictámenes técnicos respecto de daños o perjuicios ocasionados por infracciones a la normatividad ambiental;
10. Imponer las medidas técnicas y de seguridad, así como las sanciones que sean de su competencia en los términos de las disposiciones jurídicas aplicables;

11. Investigar las infracciones a la legislación ambiental, y en su caso, hacerlas del conocimiento de las autoridades correspondientes cuando no sean de su competencia;
12. Denunciar ante el Ministerio Público Federal los actos, omisiones o hechos que impliquen la comisión de delitos, a efecto de proteger y defender el medio ambiente y los recursos naturales y la pesca;
13. Coordinarse con las demás autoridades federales, estatales y municipales para el ejercicio de sus atribuciones, así como participar en la atención de contingencias y emergencias ambientales;
14. Participar con las autoridades competentes, en la elaboración y aplicación de normas oficiales mexicanas, estudios, programas, proyectos, acciones, obras e inversiones para la protección, defensa y restauración del medio ambiente y los recursos naturales;
15. Canalizar a través de la Unidad de Contraloría Interna de la Secretaría, las irregularidades en que incurran servidores públicos federales en ejercicio de sus funciones, en contra del medio ambiente o los autoridad que resulte competente;
16. Coordinarse con las autoridades federales, estatales y municipales para tramitar las quejas y denuncias que se presenten por irregularidades en que incurran servidores públicos locales, en contra del ambiente o los recursos naturales, para que se proceda conforme a la legislación aplicable, y
17. Resolver los recursos administrativos que le competan.

IV.4 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Los residuos peligrosos son regulados de manera específica por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, publicada en el *Diario Oficial de la Federación*, el 28 de enero de 1988 y su reforma mediante el decreto del 13 de diciembre de 1996).

El artículo 2o. Fracción XXXI señala como residuo, cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó y en la fracción XXXII, señala como residuos peligrosos, a todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente

El artículo 5o. Fracción VI, señala que la regulación y control de las actividades consideradas como altamente riesgosas, y de la generación, manejo y disposición de materiales y residuos peligrosos para el ambiente o los ecosistemas así como la preservación de los recursos naturales, de conformidad con la citada ley otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias será de índole federal.

El artículo 11o. Fracción II, establece que la federación podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación con el objeto de que los Estados o el Distrito Federal asuman el control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad conforme a las disposiciones del citado ordenamiento.

Los artículos 150 al 153 del Capítulo V (Materiales y residuos peligrosos) explican los lineamientos generales del tema, mismos que se amplían en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos (DOF, 25 de noviembre de 1988) el cual está integrado por cinco capítulos:

Disposiciones generales (artículos 1 al 6)

En el artículo 2 se subraya que la materia es de índole federal. Sin embargo, las autoridades del Distrito Federal, de los estados y municipios, pueden participar como auxiliares de la Federación en su aplicación.

El artículo 3 señala las definiciones de los términos usados en el Reglamento, entre otros: almacenamiento, confinamiento controlado, confinamiento en formaciones geológicas estables, contenedor, degradación, disposición final, envasado, empresa de servicios de manejo, generación, generador, incineración, jales, lixiviado, presa de jales, reciclaje, recolección, residuo incompatible, reuso, tratamiento.

El artículo 4 delimita el ámbito de competencia en la materia de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)/Instituto Nacional de Ecología (INE).

El artículo 5 establece los sujetos responsables para el cumplimiento de las normas del Reglamento y las normas técnicas ecológicas que de él se deriven.

De la generación de residuos peligrosos (artículos 7 y 8)

En el artículo 7 se hace referencia a la autorización que debe otorgar la Secretaría a quienes pretendan realizar obras o actividades públicas o privadas por las que puedan generarse o manejarse residuos peligrosos.

Del manejo de residuos peligrosos (artículos 9 al 42)

El artículo 9 define al manejo de residuos peligrosos como el conjunto de operaciones que incluyen su almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final.

De la importación y exportación de residuos peligrosos (artículos 43 al 57)

La importación o exportación se hará mediante autorización de la Secretaría, la cual se encargará de indicar los puertos terrestres, marítimos o aéreos por los que entrarán o saldrán los residuos, así como el tipo de transporte que los trasladará.

De las medidas de control y de seguridad y sanciones (artículos 58 al 63)

El artículo 58 señala que las infracciones de carácter administrativo a los preceptos de la LGEEPA y del Reglamento serán sancionados con: multa, clausura temporal o definitiva y arresto administrativo. El artículo 59 añade la revocación de las autorizaciones que se hubieran concedido.

Por último, el artículo 63 indica que toda persona podrá denunciar ante la Secretaría, o ante otras autoridades federales o locales según su competencia, todo hecho, acto u omisión de competencia de la Federación, que produzca desequilibrio ecológico o daños al ambiente, contraviniendo las disposiciones de la Ley y del Reglamento.

En 1987 se publicó el Decreto relativo a la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos que, por su naturaleza, pueden causar daños al medio ambiente o a la propiedad o constituir un riesgo a la salud o bienestar públicos (DOF, 19 de enero de 1987), el cual hace referencia en su texto al requerimiento de una guía ecológica expedida por la Secretaría a efectos de que un residuo peligroso pueda ser importado o exportado.

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, en su artículo segundo transitorio, deroga el decreto anterior por lo que respecta a los residuos peligrosos. Las disposiciones contenidas en el Capítulo IV del Reglamento (artículos 43 al 57) sustituyen a las normas derogadas.

Como complemento de la legislación, fue publicado el procedimiento de autorización de la importación y exportación de materiales y residuos peligrosos (DOF, 6 abril de 1990), el cual incluye un Manual de procedimientos así como las políticas de operación respectivas.

La importación y exportación de residuos peligrosos también es regulada por los artículos 142 y 153 de la LGEEPA.

Finalmente, es preciso señalar los siguientes acuerdos de la LGEEPA:

- Acuerdo por el que se delegan las facultades para expedir autorizaciones para la importación y exportación de materiales y residuos peligrosos (guías ecológicas, DOF, 15 de noviembre de 1991) en los delegados de la Sedesol en los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas.
- Acuerdo por el que se dan a conocer los formatos en los que la industria nacional debe declarar el volumen y tipo de generación de residuos peligrosos, señalados en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF, 3 de mayo de 1989).

IV.4.1 Control de la generación de residuos peligrosos

En cuanto al control de la generación de residuos sólidos, únicamente encontramos el artículo 141 (LGEEPA), que establece: la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial promoverá la fabricación y utilización de empaques y envases para todo tipo de productos cuyos materiales permitan reducir la generación de residuos sólidos.

No existe ninguna disposición que señale este mismo principio para los residuos peligrosos, aunque cabe aclarar que, en materia de sustancias tóxicas y peligrosas, plaguicidas y fertilizantes, existen una serie de disposiciones que regulan el empaque y embalaje de éstas con el fin de prevenir riesgos en la salud.

Conforme al artículo 143 de la LGEEPA:

Los plaguicidas, fertilizantes y demás materiales peligrosos, quedarán sujetos a las Normas Oficiales Mexicanas que expidan en el ámbito de sus respectivas competencias la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, de

Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, de Salud y de Comercio y Fomento Industrial. El Reglamento de esta Ley establecerá la regulación, que dentro del mismo marco de coordinación deba observarse en actividades relacionadas con dichos materiales, incluyendo la disposición final de sus residuos, empaques y envases vacíos, medidas para evitar efectos adversos en los ecosistemas y los procedimientos para el otorgamiento de las autorizaciones correspondientes.

Esta tendencia y postura difícilmente será superada, por lo redituable de la industria que basa sus ganancias en el manejo de residuos, y los intereses económicos y políticos que la transformación de este esquema implica.

IV.4.2 Residuos Peligrosos

Hablar de residuos peligrosos, desde el punto de vista legal, es hacer referencia a la forma en que la ley enfrenta el problema de su generación, manejo, transporte y disposición final, de aquellos que por su naturaleza pueden generar efectos adversos a la salud y el ecosistema. Uno de los puntos claves a resolver es la forma de establecer mecanismos de prevención de accidentes y de seguridad para las personas que se encuentran en contacto con ellos o que pueden sufrir sus efectos adversos en la salud y bienes.

IV.4.3 Impacto Ambiental y Residuos Peligrosos

La LGEEPA señala en el artículo 29 la facultad del gobierno federal para realizar la evaluación de impacto ambiental en materia de residuos peligrosos:

Artículo 28. Corresponderá al Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría, evaluar el impacto ambiental a que se refiere este artículo, particularmente tratándose de las siguientes materias:

Fracción IV. Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radiactivos.

La manifestación de impacto ambiental deberá ir acompañada de un estudio de riesgo de la obra, de sus modificaciones o de las actividades previstas, consistente en las medidas técnicas preventivas y correctivas para mitigar los efectos adversos al equilibrio ecológico durante su ejecución, operación normal y en caso de accidente.

IV.4.4 El Uso del Suelo y Los Residuos Peligrosos

En el Capítulo III, artículo 134, fracciones II y III de la LGEEPA se establece que los residuos deben ser controlados en tanto constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos y que es necesario racionalizar la generación de residuos sólidos, municipales e industriales, incorporando técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje.

La LGEEPA señala, dentro de su capítulo de aprovechamiento racional del suelo, criterios que deberán ser considerados para la protección y aprovechamiento del mismo.

Estas disposiciones se relacionan con los residuos peligrosos ya que uno de los problemas que se generan en su disposición final, es precisamente la selección del sitio para su confinamiento; por ello, las regulaciones sobre el suelo inciden directamente en este tema.

Artículo 98. Para la protección y aprovechamiento del suelo se considerarán los siguientes criterios:

Fracción I. El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas;

Fracción II. El uso de los suelos debe hacerse de manera que éstos mantengan su integridad física y su capacidad productiva;

Fracción III. Los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos;

Fracción IV. En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de vegetación natural;

Fracción V. En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas y

Fracción VI. La realización de obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

Los criterios ecológicos para la protección y aprovechamiento del suelo deberán de ser considerados en:

Fracción XI. Las actividades de extracción de materias de subsuelo; la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de las sustancias minerales; las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales.

Un tema que se relaciona con los usos del suelo y los residuos peligrosos es el de algunas zonas afectadas por el mal manejo o disposición de éstos, es decir, el caso de tiraderos clandestinos de residuos peligrosos, o los casos en que se han depositado sin un confinamiento especial. La LGEEPA señala, para estos casos, en su artículo 134:

Fracción V. En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligroso, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para

recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

Un mal manejo, como es el caso de la disposición no autorizada de los residuos en predios baldíos, sitios abandonados o lechos de ríos, esteros o en el mar, causan grave deterioro de la calidad de los recursos y la persistencia de muchos de ellos pueden incorporarse en la cadena alimentaria y afectar notablemente el ambiente, la salud del ser humano y degradar su calidad de vida (Conade, 1992).

Lo anterior nos lleva a una nueva situación para el manejo del suelo en México, que tradicionalmente estaba dado para llevar a cabo una función productiva en el sector rural y de asentamientos humanos en el sector urbano. El problema que generan los residuos peligrosos en este es el de sí su manejo, desde su selección, transporte y confinamiento, puede ser considerada como una actividad productiva para los usos del suelo.

La LGEEPA señala en este sentido la aplicación de los criterios de la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo y sus recursos en sus artículos 98 y 99.

IV.5 PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO Y RESIDUOS PELIGROSOS

Para la prevención y control de la contaminación del suelo se considerarán los siguientes criterios:

Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo.

- Deben ser controlados los residuos en tanto constituyen la principal fuente de contaminación del suelo.
- Es necesario racionalizar la generación de residuos sólidos, municipales e industriales, e incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje.

- La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas.

El principio general para la prevención y control de la contaminación del suelo es que: toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se sujetará a lo que disponga la Ley, sus disposiciones reglamentarias y las normas oficiales mexicanas que para tal efecto se expidan.

Los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo se considerarán en los siguientes casos:

- Ordenación y regulación del desarrollo urbano.
- Operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios.
- Autorizaciones para la instalación y operación de confinamientos o depósitos de residuos.
- Otorgamiento de todo tipo de autorizaciones para la fabricación, importación, utilización y, en general, la realización de actividades relacionadas con plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

- La contaminación del suelo.
- Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos.
- Las alteraciones en el suelo que afecten su aprovechamiento, uso o explotación.
- Riesgos y problemas para la salud.



FOTO IV.1

Fotografía IV.1 Disposición clandestina de residuos industriales en tiradero municipal, Estado de México, 1996.



FOTO IV.2

Fotografía IV.2. Disposición clandestina de residuos industriales en tiradero municipal, Estado de México, 1996.



FOTO IV.3

Fotografía IV.3 Disposición clandestina de residuos biológico-infecciosos en rellenos sanitarios, límites Estado de México y Distrito Federal, Ixtapaluca, Estado de México, 1995.

IV.6 EL REGLAMENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente señala que: "Los procesos industriales que generen residuos de lenta degradación se llevarán a cabo con arreglo a lo que disponga el reglamento correspondiente."

El 25 de noviembre de 1988 fue publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de residuos peligrosos. La aplicación del Reglamento compete a la Secretaría, y por medio de mecanismos de coordinación involucra a otras dependencias con función en esta materia.

De la generación de residuos peligrosos

En el artículo 8º se establece que el generador de residuos peligrosos deberá:

- I. Inscribirse en el Registro que para tal efecto establezca la SEMARNAP;
- II. Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligrosos;
- III. Dar a los residuos peligrosos el manejo previsto en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- IV. Manejar separadamente los residuos peligrosos que sean incompatibles en los términos de las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- V. Envasar sus residuos peligrosos, en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad previstas en este Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- VI. Identificar a sus residuos peligrosos con las indicaciones previstas en este Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- VII. Almacenar sus residuos peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos previstos en el presente reglamento y en las normas

técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;

VIII. Transportar sus residuos peligrosos en los vehículos que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y bajo las condiciones previstas en este Reglamento y las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente Normas Oficiales Mexicanas;

IX. Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento y las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente Normas Oficiales Mexicanas;

X. Dar a sus residuos peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el Reglamento y conforme a lo dispuesto en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente Normas Oficiales Mexicanas;

XI. Remitir a la SEMARNAP, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado con sus residuos peligrosos durante dicho periodo, y

Las demás previstas en el Reglamento y en otras disposiciones aplicables.

Del manejo de residuos peligrosos

En el artículo 12 se establece que las personas autorizadas por parte de la SEMARNAP para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final deberán presentar, previo al inicio de sus operaciones, lo siguiente:

- I. Un programa de capacitación del personal responsable del manejo de residuos peligrosos y del equipo relacionado con éste;
- II. Documentación que acredite al responsable técnico, y
- III. Un programa para atención a contingencias.

De la importación y exportación de residuos peligrosos

En el Artículo 45 de dicho Reglamento, se establece que la solicitud para obtener la autorización de importación o exportación de residuos peligrosos, deberá presentarse dentro de los 45 días hábiles anteriores a la fecha en que se pretenda realizar la operación de importación o exportación, cuando se trate de la primera operación y en 5 días hábiles en lo sucesivo, cuando se trate de un mismo residuo; para ello deberá contener los siguientes datos y anexos:

- I. Nombre, denominación o razón social y domicilio de quien pretenda importar los residuos;
- II. Nombre, denominación o razón social y domicilio del exportador de los residuos peligrosos y del propietario de los mismos;
- III. Nombre, denominación o razón social y domicilio del o de los transportistas y los datos de identificación de los vehículos a ser utilizados, incluyendo el modo de transportación y el tipo de contenedor a utilizar;
- IV. Nombre, denominación o razón social y domicilio del destinatario de los residuos peligrosos, lugar donde se les procesará, diagrama de flujo y descripción del proceso de reciclaje o reuso que se les dará y utilización lícita de la que serán objeto;
- V. Lista, composición y cantidad detallada de los residuos peligrosos que se pretenda importar o exportar;
- VI. Lugar de partida y destino de los transportes a utilizar y ruta que seguirá;
- VII. Puerto terrestre, marítimo o aéreo por donde se solicita el ingreso o salida de los residuos peligrosos en los casos de importación o exportación, respectivamente;
- VIII. Certificación de las autoridades competentes del país de procedencia, que indique el grado de peligrosidad de los residuos y los requisitos a cuyo cumplimiento se sujetará la autorización de exportación otorgada por las autoridades de dicho país y las medidas de protección;
- IX. Copia de la documentación en trámite para obtener la autorización del país de destino, en caso de exportación de los residuos peligrosos o la de origen

cuando se trate de importación, traducida al español y debidamente certificada y legalizada;

- X. Descripción del proceso de generación de los residuos peligrosos y características del residuo que queda después del reciclaje;
- XI. Relación detallada de otras autorizaciones, permisos o requisitos que se estén tramitando o hayan de ser satisfechos ante otras autoridades nacionales competentes en cumplimiento de otras leyes, reglamentos o disposiciones aplicables a la importación o exportación de que se trate, y
- XII. Descripción de las medidas de emergencia que se tomarán en el caso de derrames en tránsito durante el transporte.

Resumiendo, se puede decir que:

Las facultades de la autoridad ambiental son:

- Expedición de normas.
- Control.
- Autorizaciones, permisos, licencias.
- Evaluaciones de impacto ambiental.
- Sistemas de información.
- Fomento.

Las actividades controladas en materia de residuos peligrosos son:

- Recolección.
- Almacenamiento.
- Transporte.
- Alojamiento.
- Reuso.
- Tratamiento.
- Reciclaje.
- Incineración y disposición final.
- Importación.
- Tránsito.
- Transporte.
- Listado y normas.

Una de las principales facultades en la materia de la SEMARNAP es publicar en el *Diario Oficial de la Federación* el listado de residuos peligrosos, así como sus

actualizaciones y las normas oficiales para su manejo. Esta facultad se combina con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para expedir las NOM (Normas Oficiales Mexicanas) que, en el caso de los listados, deben de hacerse conforme al procedimiento que esta Ley señala, ya que son documentos de naturaleza análoga a la norma que impone obligaciones en su cumplimiento.

En la importación de residuos:

En ningún caso podrá autorizarse la importación de residuos para su derrame, depósito, confinamiento, almacenamiento, incineración o cualquier tratamiento para su destrucción o disposición final en el territorio nacional o en las zonas en las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

En el tránsito de residuos no peligrosos:

Las autorizaciones para el tránsito por el territorio nacional de residuos no peligrosos con destino a otra nación sólo podrán otorgarse cuando exista previo consentimiento de ésta.



FOTO IV.4

Fotografía IV.4 Caso particular de disposición clandestina de arena sílica (fundición), Acolman, Estado de México 1997.

IV.7 CONVENIOS INTERNACIONALES RELACIONADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS

Acuerdo de La Paz

(firmado en 1983 entre México y Estados Unidos)

El Anexo III de este Acuerdo, suscrito el 12 de noviembre de 1986, regula el movimiento transfronterizo de desechos y sustancias peligrosas.

Dentro del texto se establece que el país exportador de sustancias peligrosas debe notificar y obtener el consentimiento por escrito del país importador, antes de iniciar la exportación. También se indica que los desechos peligrosos generados por materias primas admitidas por cualquiera de los dos países para su procesamiento serán readmitidos por el país que las exportó; tal es el caso de los residuos que producen las maquiladoras.

En el caso de que los ecosistemas sufran algún daño, se les debe restablecer a sus condiciones originales. Además, los daños causados a personas, propiedades y al medio ambiente se restituirán en general mediante compensación.

La industrialización fronteriza no sólo ha traído consigo empleos; también se ha encargado de producir residuos, algunos de ellos de alta peligrosidad. El Acuerdo de La Paz y su Anexo III regulan la materia con el fin de evitar los tiraderos clandestinos, así como diversas prácticas industriales que afectan al medio ambiente de la zona.

Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación (DOF, 9 de agosto de 1991)

El 22 de marzo de 1989 se adoptó este Convenio en la ciudad suiza de Basilea. Entre otros puntos, indica que el país exportador debe asegurarse de que los desechos sean manejados de un modo "ambientalmente apropiado" en el país receptor.

El tráfico internacional de residuos peligrosos constituye un severo problema de difícil arreglo. El Convenio de Basilea representa una base poco sólida, una solución incompleta. Mientras los países desarrollados no lo ratifiquen, seguiremos observando buques y camiones que intentan deshacerse de su carga tóxica en el lugar más remoto posible.

Agenda 21

También es importante mencionar la Agenda 21, aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, efectuada del 3 al 14 de junio de 1992 en Rio de Janeiro, Brasil. Esta Agenda incluye en sus Capítulos 19 y 20 la gestión racional de los residuos peligrosos y de las sustancias químicas tóxicas, así como la prevención del tráfico internacional ilícito de ambos. El Capítulo 22 se refiere a la gestión inocua y ecológicamente racional de los residuos radiactivos (Azuela, 1993).

Otros ordenamientos que contienen diversas normas relacionadas con los residuos peligrosos son los siguientes:

Ley Minera

La Ley Minera (DOF, 26 de junio de 1992) señala en su artículo 27, fracción IV, que los titulares de concesiones de exploración y explotación, independientemente de la fecha de su otorgamiento, están obligados a sujetarse a las disposiciones generales y a las normas técnicas específicas aplicables a la industria minerometalúrgica en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y protección al ambiente.

Cabe recordar que el 90% de los residuos peligrosos generados en México tiene por origen la industria minera, misma que se encuentra obligada a acatar la legislación ecológica en virtud del artículo anterior.

Ley General de Salud

Buscando proteger el bienestar y la salud de los mexicanos, la Ley General de Salud (DOF, 7 de febrero de 1984) dispone diversas medidas, entre ellas la contenida en el artículo 122 que establece la prohibición para descargar residuos peligrosos que conlleven riesgos para la salud pública a cuerpos de agua que se destinan para uso o consumo humano.

En el Reglamento Interior de la Secretaría de Salud (DOF, 31 de diciembre de 1992), en su artículo 25, fracción XVIII, se indica que la Dirección General de Salud Ambiental tiene competencia para identificar y evaluar los riesgos para la salud humana que generen los sitios en donde se manejen, traten y confinen los residuos peligrosos, así como emitir las medidas de prevención y aplicar las medidas de seguridad que procedan.

IV.7.1 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, publicó el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (DOF, 7 de abril de 1993), el cual establece las condiciones y procedimientos aplicables a la transportación de estos materiales por carreteras y vías férreas nacionales.

IV.8 NORMATIVIDAD SOBRE RESIDUOS PELIGROSOS

La LGEEPA señala en sus artículos 152 y 152-Bis la obligatoriedad de atender a las Normas Oficiales Mexicanas y procedimientos que establezca la Sedesol tratándose del manejo de materiales y residuos peligrosos.

Normas Técnicas Ecológicas y Normas Oficiales Mexicanas

Entendemos por Norma Técnica Ecológica (NTE), ahora Normas Oficiales Mexicanas (NOM), según el artículo 36 de la LGEEPA, el conjunto de reglas científicas o tecnológicas emitidas por la SEMARNAP, que establezcan los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y

límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en aprovechamiento de recursos naturales en el desarrollo de actividades económicas, en el uso y destino de bienes, en insumos o procesos que causen o puedan causar alguna afectación ambiental.

El objetivo de dichas normas es determinar los parámetros dentro de los cuales se garanticen las condiciones necesarias para el bienestar de la población y para asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. El 22 de octubre de 1993 se publicaron en el DOF siete Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos peligrosos y el 5 de noviembre de 1993 los anteproyectos de Normas para el Transporte de los mismos.

Por disposición de la Ley Federal de Metrología y Normalización (DOF 10 de julio de 1992), las NTE fueron sustituidas por las siguientes Normas Oficiales Mexicanas (DOF, 22 de octubre de 1993):

- ◆ NOM-052-ECOL/93, que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos.
- ◆ NOM-053-ECOL/93, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad.
- ◆ NOM-054-ECOL/93, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL/93.
- ◆ NOM-055-ECOL/93, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radiactivos.
- ◆ NOM-056-ECOL/93, que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

- ◆ NOM-057-ECOL/93, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
- ◆ NOM-058-ECOL/93, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- ◆ NOM-087-ECOL-94, que establece los requisitos para la clasificación, separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generen en establecimientos que presten atención médica, tales como hospitales y consultorios médicos, así como laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios.

IV.8.1 Aspectos básicos de las Normas Oficiales Mexicanas para residuos peligrosos

Dentro de la normatividad vigente en México, se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas, donde se cuenta con ocho (ya citadas anteriormente), que debido a su amplio contenido a continuación se describe en que consisten básicamente las primeras siete normas oficiales mexicanas relacionados con los residuos peligrosos en material ambiental, por lo que si se desea saber más de cada una de ellas, puede recurrir al archivo magnético incluido en el Anexo A.

IV.8.1.1 Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.

1) Objetivo.

Determinar cuáles residuos deben considerarse peligrosos; dar a conocer un listado de los mismos y un listado de sus componentes tóxicos y de sus concentraciones máximas permitidas.

2) Aspectos esenciales.

Se tomará como base para determinar la peligrosidad o no peligrosidad de los residuos que éstos se encuentren comprendidos en los listados de esta Norma Oficial Mexicana (NOM):

- a) "Clasificación de RP por giro industrial y proceso" (Anexo 2 de esta NOM).
- b) "Clasificación de residuos por fuente no específica" (Anexo 3 de esta NOM).
- c) "Clasificación de residuos de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas" (Anexo 4 de esta NOM).
- d) "Clasificación de residuos y bolsas o envases de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas" (Anexo 4 de esta NOM); o bien que
- e) Los residuos presenten una o más de las características denominadas CRETIB; es decir, que sean corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, y/o estén considerados como biológico-infecciosos (Ver Figura IV.1-A).

Las características CRETIB del residuo se obtienen al hacer un análisis físico-químico-biológico, conforme al inciso 5.5 de esta norma.

- Un residuo que no se encuentre clasificado en las tablas de los Anexos 2-4 se considera peligroso si presenta una o más de las características especificadas de acuerdo a las condiciones de medición establecidas en el inciso 5.5 (Figura IV.2-B).
- Un residuo que cumpla con los criterios a), b), c) y d), pero que no exceda los límites establecidos para ninguna de las características indicadas en el punto e), podrá ser exceptuado de ser considerado residuo peligroso a

critorio de la Secretaría de del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), a través del Instituto Nacional de Ecología (INE).

- En caso de que un residuo se determine como peligroso, el generador tendrá que cumplir con lo estipulado en el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos.

Los listados a los que se hace referencia aparecen en los Anexos de la norma analizada.

Figura IV.1-A

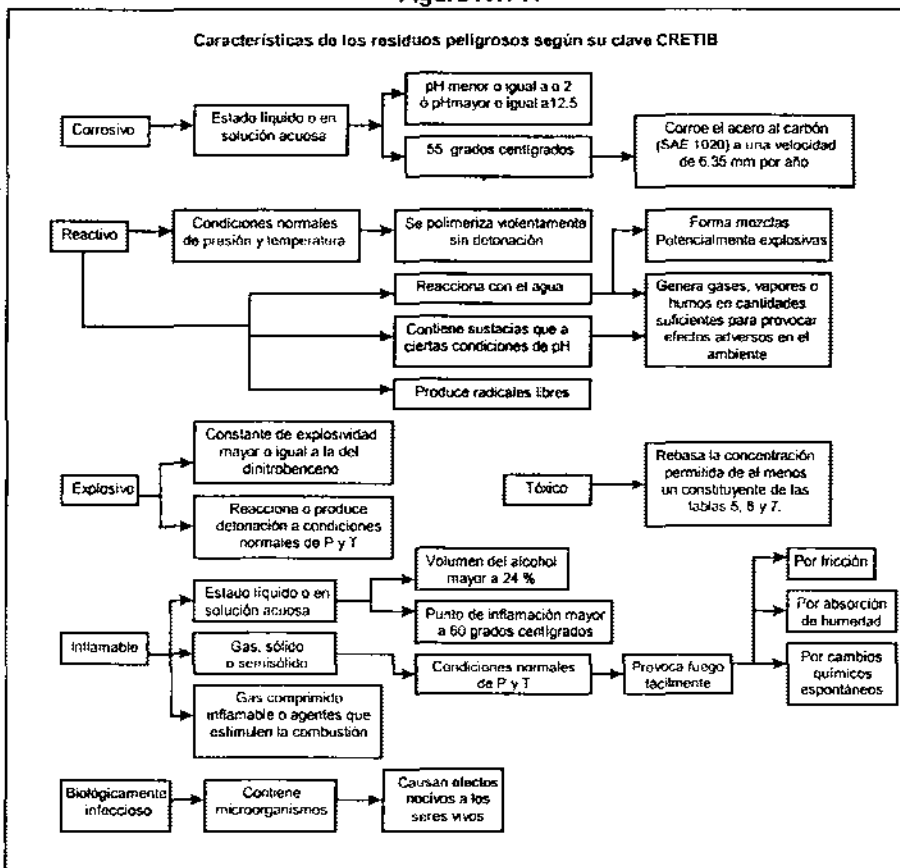
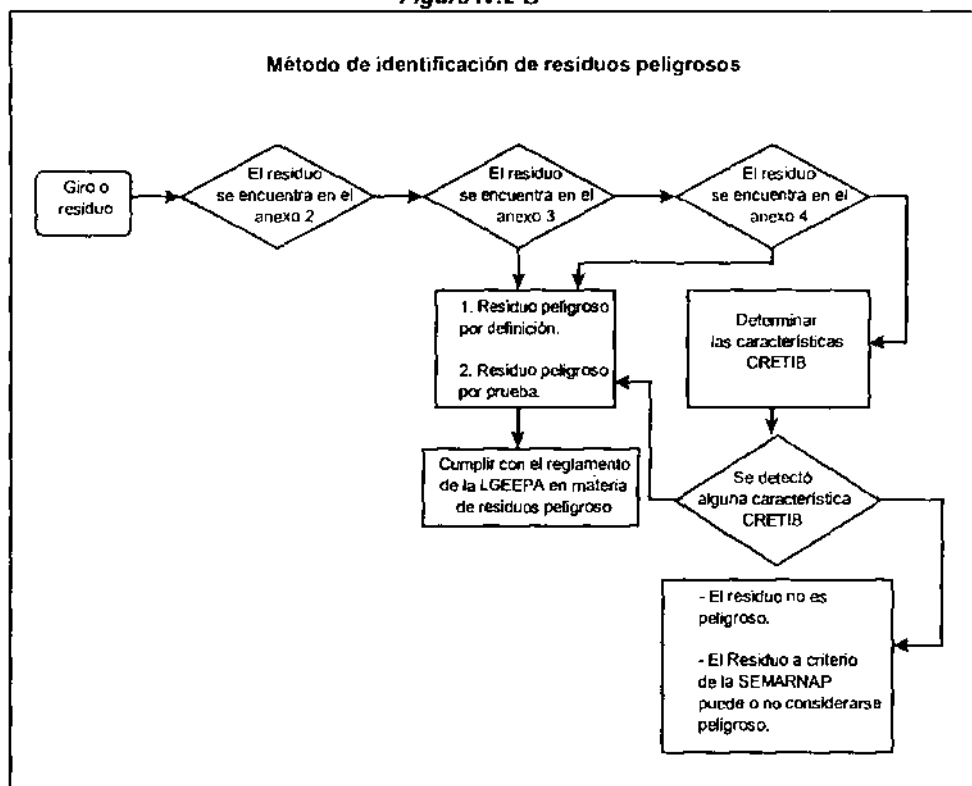


Figura IV.2-B



IV.8.1.2. Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993.

1) Objetivo.

Dar a conocer el procedimiento oficial para preparar las muestras de residuos que se someterán a análisis para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad (Ver Figura IV.3).

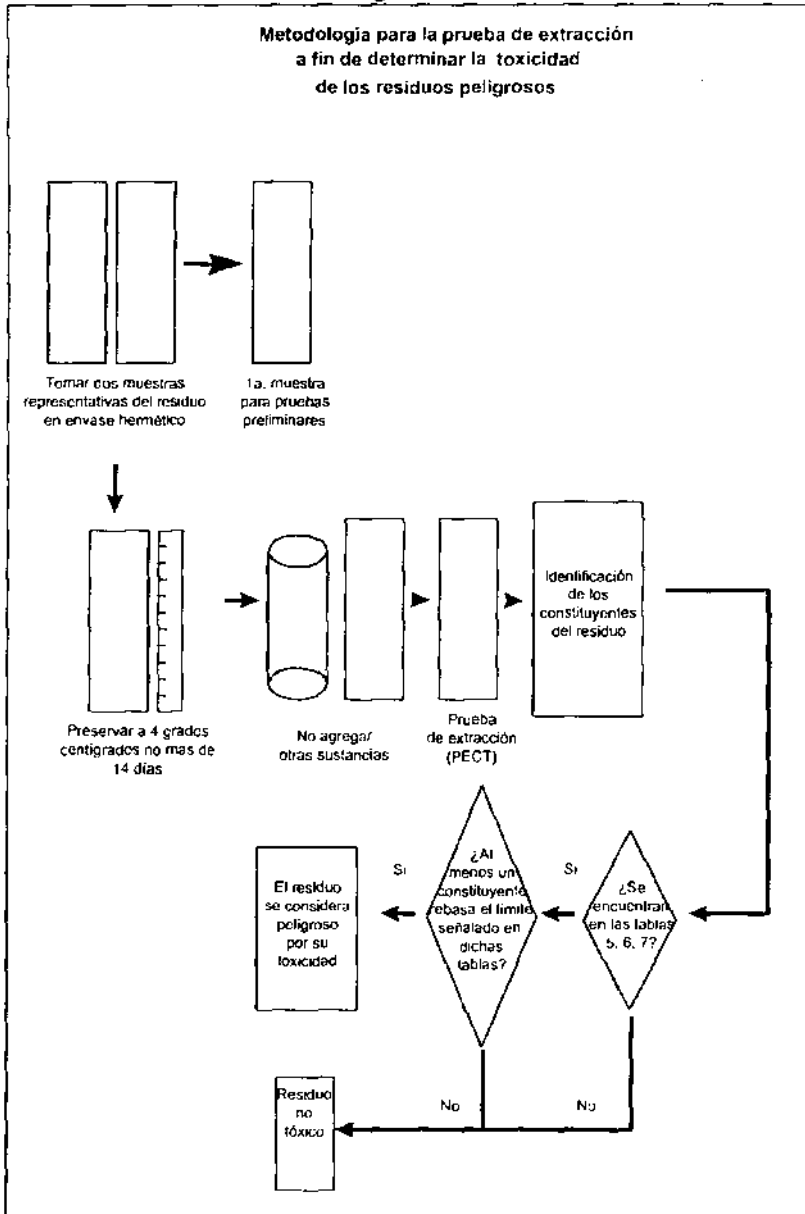
2) Aspectos esenciales

Se toman dos muestras representativas del residuo, en los términos que marca la NOM aplicable. La primera muestra se emplea para las pruebas preliminares; la segunda se utiliza para la prueba de extracción.

Condiciones para la prueba de extracción

- Las muestras y los extractos deben de ser preparados para el análisis en un plazo que no rebase los 14 días; además, deben de ser preservados a una temperatura de 4 grados centígrados.
- En caso de compuestos orgánicos volátiles, las muestras deberán ser recolectadas y preservadas de modo que se prevenga la pérdida de éstos.
- En ningún caso se deben agregar otras sustancias a la muestra para preservarla antes de la extracción.
- La prueba de extracción se elabora con materiales y aparatos adecuados, comparando la constitución de los constituyentes que determinan la toxicidad del residuo analizado, de acuerdo con las tablas 5, 6 y 7 del anexo 5 señaladas en la NOM-052-ECOL-1993.
- Si al menos un constituyente de dicha tabla rebasará la concentración máxima permitida, el residuo se considerará como tóxico por su prueba.

Figura IV.3



IV.8.1.3 Norma Oficial Mexicana NOM-054-ECOL-1993.

1) Objetivo.

Esta norma pretende proporcionar una referencia que permita identificar fácilmente cuando dos o más residuos no deben mezclarse ya que pueden ocasionar daños a la salud y al ambiente.

2) Aspectos esenciales

Para determinar la incompatibilidad entre los residuos peligrosos se incluyó a éstos en diversos grupos reactivos enlistados en los anexos de esta NOM y se elaboró un código de reactividad que describe las consecuencias que dichos grupos de residuos reaccionen entre si.

Con base a esa información se construyeron tablas de incompatibilidad en las que se puede consultar el comportamiento de pares de grupos reactivos en las casillas en las que éstos se interceptan.

Ejemplo: Si se tiene un residuo que contenga nitruros (número 25 de la lista de los grupos reactivos) y otro residuo que contenga aldehídos (número 5 de la lista de grupos reactivos), al intersectar ambos grupos en la tabla de incompatibilidad (Figura IV.4), si cae en la casilla que contiene las letras gfH. Esto significa, según el código de reactividad, que si se mezclan esos residuos se generarán gases inflamables (gf) y calor, por reacción química (H); por lo tanto, los residuos son incompatibles.

Figura IV.4
Tabla de incompatibilidad de residuos peligrosos

No.	Reactividad nombre del grupo									
1	Ácidos minerales no oxidantes	1								
...			2							
...				3						
...					4					
5	Aldehídos					5				
...							6			
...								...		
25	Nitruros								25	
...									...	
107	Sustancias reactivas al agua									107

Figura IV.4 (cont.)
Tabla de incompatibilidad de residuos peligrosos

Código de reactividad	Consecuencias de la reacción
H	Genera calor por reacción química.
F	Produce fuego por reacciones exotérmicas violentas y por ignición de mezclas o de productos de la reacción.
C	Genera gases en grandes cantidades y puede producir presión y ruptura en los recipientes cerrados.
Gt	Genera gases tóxicos.
Gf	Genera gases inflamables.
E	Produce explosión debido a reacciones extremadamente vigorosas o suficientemente exotérmicas para detonar compuestos inestables o productos de reacción.
P	Produce polimerización violenta, generando calor extremo y gases tóxicos e inflamables.
S	Solubilización de materiales y compuestos metales tóxicos.
D	Produce reacción desconocida. Sin embargo, debe considerarse como incompatible la mezcla de los residuos correspondientes a este código, hasta que se determine la reacción específica.

IV.8.1.4 Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-93.

1) Objetivo

Sentar las bases para una elección adecuada de los sitios que serán destinados a confinamientos controlados de residuos peligrosos (excepto radioactivos), con el fin de reducir los riesgos de contaminación ambiental.

2) Aspectos esenciales

Los requisitos que debe reunir el sitio destinado a confinamiento controlado son los siguientes:

2.1 Geohidrológicos

- Evitar la conexión con acuíferos, de preferencia; en caso de encontrarse en las cercanías de un acuífero, el sitio debe estar ubicado a una distancia tal que no permita la filtración de cualquier elemento contaminante.
- Tener un tiempo de flujo de la superficie al manto freático mayor a 300 años.

2.2 Hidrología Superficial

- Ubicarse fuera de las llanuras de inundación.
- Situarse en un desnivel de al menos 20 metros a partir del fondo del cauce de corrientes.
- Encontrarse por lo menos a 500 metros alejado longitudinalmente a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial.

2.3 Ecológicos

- Ubicarse fuera de las zonas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas y de las zonas consideradas como patrimonio cultural, así como de las áreas donde se encuentren especies animales y vegetales protegidas.

2.4 Climáticos

- Ubicarse en áreas donde se evite que los vientos dominantes puedan transportar emanaciones a centros de población.
- Tener una precipitación media anual en el sitio menor a los 2 000 milímetros.

2.5 Sísmicos

- Ubicarse en zona asísmica.
- De no cumplirse la condición de asismicidad, el riesgo sísmico debe ser, mínimo (menor a cuatro sismos mayores de 7° Richter en los últimos 100 años).

2.6 Topográficos

- Tener una pendiente media de terreno natural no menor de 5% ni mayor de 30 por ciento.
- El terreno debe estar protegido de la erosión hídrica y eólica.

- El camino de acceso que une al sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable en todo tiempo y estar en buenas condiciones de seguridad.

IV.8.1.5 Norma Oficial Mexicana NOM-056-ECOL-1993.

1) Objetivo

Identificar las instalaciones, áreas, servicios y otros elementos con los que deben contar los confinamientos controlados de residuos peligrosos para su operación adecuada y dar a conocer los requisitos para su diseño y construcción.

2) Aspectos esenciales

- Áreas de acceso y espera.- Tienen como función controlar entradas y salidas del personal y/o los vehículos. Deberán tener las dimensiones y capacidad adecuada para estacionar los vehículos que transporten residuos peligrosos
- Cerca perimetral y de seguridad.- Se establecen las dimensiones y los materiales a utilizar para las cercas.
- Caseta de vigilancia.- Debe tener un área mínima de 4 m cuadrados.
- Caseta de pesaje y báscula.- La báscula, por lo menos de una capacidad de 60 ton, debe ubicarse en una caseta techada, con una superficie mínima de 16 m² ; su instalación debe apegarse a las especificaciones del fabricante.
- Laboratorio.- Debe contar con los elementos necesarios para verificar la composición y características de los residuos, así como para realizar los análisis de lixiviados y pruebas campo.
- Caminos.- Se establecen las especificaciones que deben de tener los caminos tanto interior como exteriores, tomando en cuenta el tipo terreno, la pendiente, la carga, los materiales, etcétera.

- Área de mantenimiento temporal.- Está destinada a recibir los residuos peligrosos cuando no haya celdas disponibles o cuando no sea posible realizar confinamiento en forma inmediata. Debe tener una capacidad mínima de siete veces el volumen promedio de los residuos peligrosos que se recibe por día.
- Área de emergencia temporal.- Está destinada a recibir los residuos peligrosos que provengan de una contingencia o que deban estabilizarse antes de su depósito.
- Área de limpieza.- Está destinada al aseo de vehículos de transporte, equipos y material usados en la operación del confinamiento.
- Drenaje.- Se dan las especificaciones a seguir para la construcción tanto del drenaje interior como del exterior.
- Instalación de energía eléctrica.- Debe satisfacer las necesidades de iluminación de las áreas, así como el funcionamiento de los equipos y maquinaria que lo requieran (interior y exterior). El confinamiento deberá contar además con una fuente de energía eléctrica para emergencias.
- Señalamientos.- Deben ser de tres tipos: informativos, preventivos y restrictivos. Se instalarán en áreas de acceso, zonas restringidas, andadores y caminos.
- Pozos de monitoreo.- Se dan las especificaciones para construir los pozos para el monitoreo de lixiviados y aguas subterráneas; de manera que sea posible verificar que no existan fugas de líquidos en los confinamientos.
- Área de amortiguamiento.- Debe tener menos 12 m de ancho.
- Taller de mantenimiento.- Debe dar mantenimiento a maquinaria pesada y vehículos.
- Área administrativa.- Debe contar con espacio suficiente para la instalación de oficinas.
- Servicio de primeros auxilios.- Debe contar con un servicio de primeros auxilios, necesarios conforme a las disposiciones legales aplicables.

- Servicio de sanitarios.- Se instalarán conforme a las disposiciones legales aplicables.
- Colocación de accesos.- Se ubicarán a sotavento.

IV.8.1.6 Norma Oficial Mexicana NOM-057-ECOL-1993.

1) Objetivo

Determinar los requisitos para el adecuado diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos, con el fin de evitar en lo posible la contaminación de los mantos freáticos, así como del ambiente en general.

2) Aspectos esenciales

a) Celdas

- Las celdas de un confinamiento controlado deben ser impermeables; contar con sistemas para captar lixiviados; y de venteo de gases (en caso de ser necesario). Deben tener muros con grosor y resistencia adecuados; la estructura de los taludes y el fondo deben ser resistentes.
- En la celda sólo se podrán depositar los residuos peligrosos enlistados en la norma NOM-052-ECOL-1993, tales como los residuos compatibles, los estabilizados y, de ser a granel, tener un porcentaje de agua menor a 30%; (si el contenido del agua es mayor a este porcentaje deberán ser envasados previamente).
- No pueden depositar residuos peligrosos con contenido de aceite mayor a 5% o con tazas de aceite y más de 25% de humedad.

b) Sistemas de captación de lixiviados (SCL)

- Los SCL deben contar con: colector, subcolector, cárcamo y pozos de monitoreo que formen un sistema de drenaje impermeable, resistente y eficiente. Deben existir un SCL por cada 500 m² de celda.

- El cárcamo debe poder almacenar los lixiviados y la precipitación pluvial promedio del sitio y se monitoreará adecuada y constantemente.

c) Sistema de venteo (SV)

- Debe existir un SV por cada 300m² de celda. El diámetro de los conductos y la altura de los subcolectores de captación de gases estarán predeterminados según la norma.

d) Cubierta (C)

- La cubierta podrá ser construida con suelos contaminados por residuos peligrosos.

e) Operación

- Se depositarán los residuos peligrosos a granel y envasados en diferentes frentes libres de lixiviados. Los envasados se depositarán en grupos. Los residuos peligrosos a granel deben compactarse periódicamente. No se operarán las celdas en caso de precipitación pluvial. Se verificará la existencia de lixiviados continuamente, extrayéndolos y tratándolos. No circulará equipo mecánico con peso mayor a 10 toneladas sobre las celdas de confinamiento controlado con residuos peligrosos envasados.

f) Equipo de protección

- Los operarios deben utilizar equipo de protección adecuado.

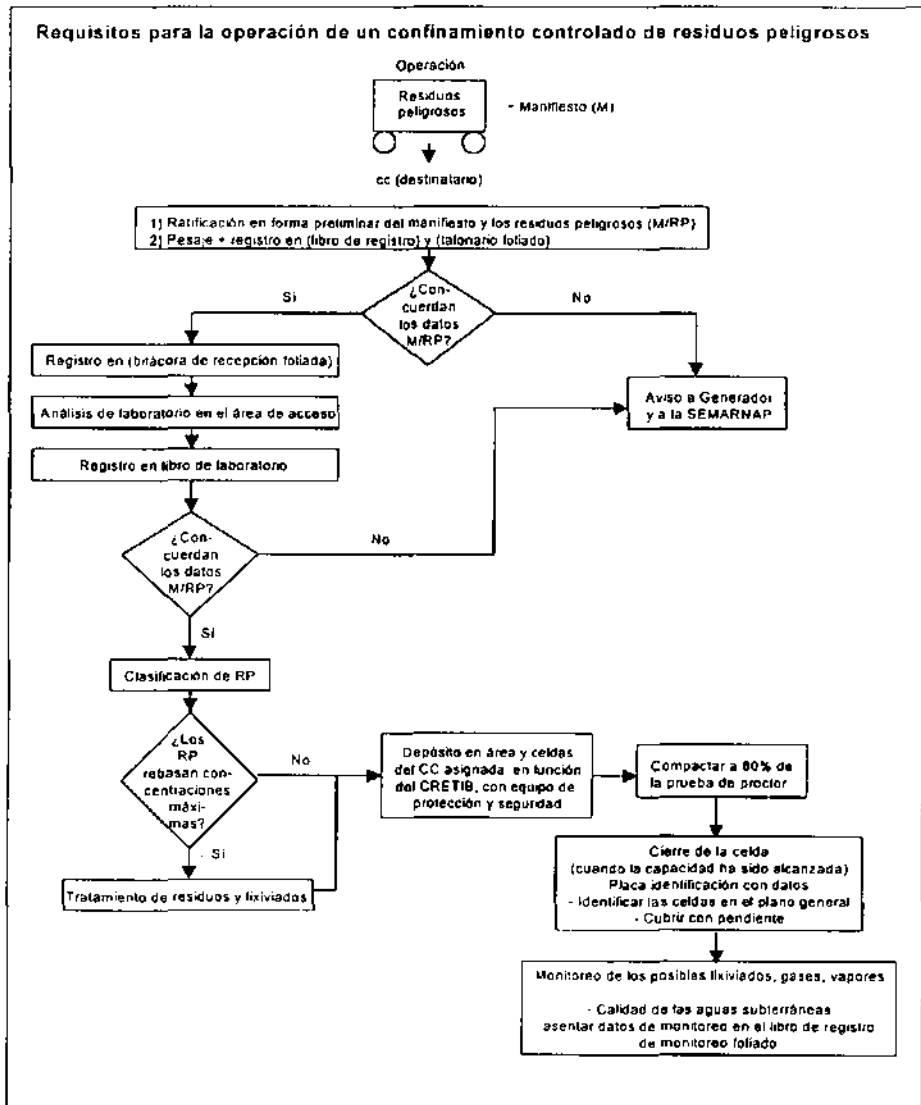
IV.8.1.7 Norma Oficial Mexicana NOM-058-ECOL-1993.

1) Objetivo

Determinar los requisitos para operar un confinamiento controlado para residuos peligrosos con el fin de contar con un adecuado sistema de control, manejo y

registro, así como de las especificaciones necesarias para su disposición en dicho sitio (Ver Figura IV.5)

Figura IV.5



2) Aspectos esenciales

a) Registro

- Deberá contarse con una bitácora foliada para registrar las entradas y salidas de residuos peligrosos; así como libros de registro de pesaje y de laboratorio.

b) Operación

- El transportista deberá contar con manifiestos correspondientes y prestarlos para verificar que los residuos correspondan con lo especificado en dichos documentos.

c) Pesaje

- Deberá verificarse que el peso de residuos a tratar corresponda a lo señalado en los manifiestos.

d) Análisis

- Todo residuo peligroso debe ser muestreado, analizado y clasificado.

e) Tratamiento

- Los residuos deberán ser tratados para asegurar su estabilización y reducir su peligrosidad y riesgo de fuga.

f) Asignación del área y celdas de confinamiento

- Los residuos peligrosos deberán ser depositados de forma inmediata en el área y la celda, tomando en cuenta sus características CRETIB (corrosivos, reactivos, explosivos, inflamables, y/o estén considerados como biológico-infecciosos).

g) Cierre de la celda

- Las celdas de confinamiento cuya capacidad haya sido alcanzada deberán cubrirse y contar con una placa de identificación.

h) Monitoreo

- El responsable llevará a cabo una revisión permanente en los pozos de monitoreo y sistemas de venteo para detectar emisiones de gases y lixiviados.

i) Obras complementarias

- Caminos interiores circulables a velocidad permitida
- Drenajes en buen estado.
- Señalamientos visibles e iluminación adecuados.
- El área de emergencia se utilizará para recibir en el confinamiento residuos en forma temporal y extraordinaria que provengan de alguna contingencia.

IV.9 INSPECCIÓN Y VIGILANCIA Y CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD

La vigilancia al cumplimiento del marco legal y las normas en materia de residuos peligrosos es una de las tareas sustantivas de protección al ambiente. Los sujetos de esta vigilancia abarcan empresas industriales, comerciales y de servicios que generen, almacenen, transporten, reciclen, traten o den disposición final a sus residuos peligrosos.

Con el propósito de verificar el cumplimiento ambiental, los procedimientos de inspección se apegan a la Ley de Procedimiento Administrativo y en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. De acuerdo con ello, el procedimiento administrativo de inspección incluye las siguientes 4 etapas:

Visita de Inspección

1. Ofrecimiento y desahogo de pruebas
2. Emisión de la resolución correspondiente
3. Verificación del cumplimiento de la resolución.

Dentro de los procedimientos de inspección y vigilancia industrial se verifica el cumplimiento de la normatividad en materia de residuos peligrosos, especialmente en lo que se refiere a su almacenamiento, envasado y etiquetado y a su envío a confinamientos controlados o sistemas de reciclaje autorizados. Asimismo se revisa que la empresa cuente con una bitácora donde esté registrada la cantidad generada mensualmente de residuos y los movimientos de entrada y salida de su área de almacenamiento así como la presentación de manifiestos.

Tomando en cuenta que el concepto de manejo implica al conjunto de operaciones que incluyen almacenamiento, recolección, transporte, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final, aproximadamente en el 90% de las visitas de inspección realizadas a las industrias se detectaron irregularidades en el manejo de residuos peligrosos, siendo la mayor parte de estas industrias de escala pequeña y mediana. En general, este tipo de empresas presentan limitaciones muy severas para el manejo de sus residuos peligrosos, incluso en ocasiones, no tienen siquiera conocimiento de que existen regulaciones al respecto. En las visitas de inspección que se realizan cotidianamente, las irregularidades más frecuentes en materia de residuos peligrosos son:

- No se cuenta con una área de almacenamiento adecuada.
- Carecen de manifiestos como empresas generadoras de residuos peligrosos.
- No envían a confinamientos o a reciclaje sus residuos.
- No llevan bitácoras de generación mensual ni de movimientos de entrada y salida de residuos.

- Se carece de una caracterización adecuada de los residuos generados.

A partir de los resultados de las visitas de inspección, en particular cuando se verifica el cumplimiento de medidas dictadas, se tiene evidencia de que aproximadamente el 50% de las medidas correctivas ordenadas mediante resolución administrativas son cumplidas en tiempo y forma. Vale la pena comentar que tratándose de empresas grandes este porcentaje se incrementa hasta casi un 75%. En el caso del incumplimiento de estas medidas se aplican sanciones mayores e incluso la clausura.

IV.10 GESTIÓN INSTITUCIONAL VIGENTE PARA LA REGULACIÓN DE LICENCIAS Y AUTORIZACIONES

El procedimiento para la autorización de proyectos de manejo de residuos peligrosos se sintetiza en la Tabla IV.1.

Cuadro IV.1

Procedimiento que debe cumplir una empresa para obtener la autorización de instalación y operación para otorgar servicio de manejo de residuos peligrosos (estación de transferencia, recicladoras, incineradores, confinamientos controlados, entre otras)

Requisito	Especificación	Marco legal
Carta intención a la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.	Indicando el alcance del proyecto; así como el tipo de residuo, instalación, área geográfica de influencia y tipo de administración.	Ley General del Equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente (Artículos 5 fracción XIX y 6 fracciones XII y XIII).
Plan rector del uso del suelo.	Remitir copia actualizada de la autorización de uso del suelo otorgada por el Gobierno Estatal y/o Municipal, o ambos.	Ley de Obras Públicas.
Obtener la autorización previa del sitio para la instalación y construcción de la infraestructura (exclusivamente para confinamiento controlado de residuos peligrosos).	Presentar estudio geohidrológico de detalle del sitio propuesto, el cual debe estar incluido dentro de los identificados por el INE.	NOM-055-ECOL-93 selección de sitios para confinamientos controlados, o la norma que la sustituye.

Tabla IV.1 (cont.)

Procedimiento que debe cumplir una empresa para obtener la autorización de instalación y operación para otorgar servicio de manejo de residuos peligrosos (estación de transferencia, recicladoras, incineradores, confinamientos controlados, entre otras)

Requisito	Especificación	Marco legal
Presentar el Proyecto Ejecutivo de la instalación para su revisión y autorización.	Remitir los estudios, procesos, diagramas, planos, especificaciones, guías mecánicas, memorias de cálculo, así como diseños y manuales de operación, tomando en cuenta las normas técnicas vigentes o los términos de referencia respectivos y debidamente complementados con los planos, cortes y detalles a escala, de cada una de las partes integrantes del proyecto.	Ley General del Equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente (Artículos 8 fracción XI y 9 Apartado "A" fracción IX).
Cumplir con el Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA).	Presentar manifestación de impacto ambiental en la modalidad que señale la Dirección General de Ordenamiento Ecológico de Impacto Ambiental.	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Artículos 28, 29, 31, 31, 33, y 34).
Cumplir con el Estudio de Riesgo Ambiental.	Anejar a la manifestación de Impacto Ambiental el estudio de riesgo en la modalidad que señale la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental.	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Artículo 32).
Obtener la autorización de funcionamiento en materia de contaminación ambiental de la DGOEIA.	Acatar las condiciones fijadas en la autorización del funcionamiento correspondiente, en función del análisis del proyecto ejecutivo y el resultado del protocolo de prueba.	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Artículo 145).
Cumplir con protocolo de pruebas.	Realizar la supervisión y pruebas previas de las instalaciones y equipos para establecer condicionantes, especificaciones y eficiencias en la operación de la estación (Aire, residuos sólidos y seguridad).	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos (Artículo 10).
Obtener autorización para operar DGMRAR.	Apegarse a las condicionantes generales que establece la normatividad ambiental en materia de residuos peligrosos, así como las específicas del proyecto.	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su reglamento en materia de residuos peligrosos.

La base informativa para el seguimiento de los residuos peligrosos está constituida por los siguientes siete manifiestos, cuyo manejo y sistematización es también responsabilidad de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas del INE:

- Para empresa generadora de residuos peligrosos.
- De entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos.
- De reporte semestral de residuos peligrosos recibidos para reciclaje o tratamiento.
- De reporte mensual de residuos peligrosos confinados en sitios de disposición final.
- De reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento.
- Para casos de derrame de residuos peligrosos por accidente.
- Para empresas generadoras eventuales de bifenilos policlorados.

Ver Anexo "B".

A través de estos se identifican y caracterizan los residuos peligrosos generados y se informan el volumen y los medios para transportarlos, almacenarlos, reciclarlos, tratarlos o confinarlos.

IV.11 INFRAESTRUCTURA INSTALADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

La infraestructura existente en México para el manejo de residuos peligrosos es muy limitada e insuficiente para procesar los varios millones de toneladas que se generan cada año. Las razones de este rezago radican en parte en el tiempo insuficiente de maduración que ha tenido la política ambiental, así como en la carencia de actividades de promoción industrial y en la falta de mecanismos imaginativos de financiamiento. También ha influido en esta limitación la existencia de una oposición sistemática de parte de comunidades locales al establecimiento de infraestructura para el manejo de residuos peligrosos. Algunas estimaciones permiten concluir que tal vez sólo alrededor de 10% del total de residuos peligrosos generados en México recibe un manejo adecuado a través de los sistemas y de la infraestructura instalada.

Tabla IV.2

Infraestructura instalada para el manejo de residuos peligrosos

EMPRESAS	SERVICIO
12	Empresas para el reciclaje de solventes usados.
11	Empresas para el manejo de aceites lubricantes usados.
6	Empresas para almacenamiento temporal.
3	Confinamientos controlados de residuos peligrosos de servicio público.
1	Confinamiento de residuos peligrosos de servicio privado.
2	Incineradores de residuos peligrosos de servicio privado.
1	Empresa para el reciclado de metales.
12	Equipos móviles para el tratamiento "in situ" de residuos peligrosos.
5	Empresas para recolección y transporte de residuos peligrosos.
3	Empresas para la formación de combustible alterno.
4	Empresas cementeras bajo protocolo de pruebas para la recuperación de energía alternativa a partir de residuos peligrosos.

Fuente: Instituto Nacional de Ecología, 1996.

Es necesario señalar que existen más de 70 empresas autorizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para el transporte de residuos peligrosos que carecen de la autorización correspondiente del INE e incurren en ocasiones en prácticas irregulares como es el disponer residuos en barrancas o terrenos baldíos, por falta de incentivos o de los sistemas de control adecuados para garantizar que la carga sea llevada a su destino legal.

Dada la información disponible, no es posible consignar en este documento las capacidades y volúmenes de operación de las empresas que manejan residuos peligrosos, sin embargo, salvo algunas excepciones, se trata de instalaciones relativamente pequeñas (tablas IV.3 al IV.12).

Tabla IV.3
Reciclaje de solventes usados

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Química Omega, S.A. de C.V. (Omega Tank)	Tecamachalco No. 16, 2º. Piso, Lomas de Chapultepec, México, DF. Tels. 01-(5)-2-82-47-22 y 2-82-92-36.	Instalación de tanques para almacenamiento de solventes.
2.- Solventes San Martín	Ex-Rancho San José la Laguna, Amozoc, Pue. Tels. 01-(227)-1-04-34 y 1-04-85.	Reciclaje de solventes usados y lavado de tambores.
3.- Recuperación Industrial de Desechos	Plomo 33, Parque Industrial de Hermosillo, Son. Tels. 01-(62)-51-00-76 y 51-04-01	Reciclaje de solventes.
4.- Química Omega, S.A. de C.V.	Calle Lince No. 9, Parque Industrial Tenango del Valle, Estado de México, CP. 52300. Tels. 01-(5)-2-02-75-44, 2-02-74-12 y 2-02-73-52. Fax. 01-(5)-2-02-74-42	Reciclaje de solventes.

Tabla IV.3 (cont.)
Reciclaje de solventes usados

Empresa	Domicilio	Actividad
5.- Reind Química, S.A. de C.V.	Camino Antiguo a Chimalhuacán s/n Terreno la Estación, Col. San José, Chicoloapan, Chicoloapan de Juárez, Estado de México. Tels. 01-(590)-1-53-78, 1-53-20, 1-59-21 y 1-59-38	Reciclaje de solventes y reacondicionamiento de tambores.
6.- Residuos Industriales Multiquim S.A. de C.V. Planta Tijuana (antes Chemical Waste Management).	Km. 14.5 Carr. Escénica Tijuana- Ensenada. Tijuana, BC. Tels. 01-(66)-9-11-50 y 84-17-45	Reciclaje de solventes.
7.- Química Wimer, SA de CV	Calle Tecamazuchit s/n Col. Ampliación Sta. Catarina, Chalco, Estado de México. Tels. 01-(5)-8-42-02-03, 5-39-36-92.	Reciclaje de residuos peligrosos.
8.- Reciclados California	Calle 9 Sur No. 113. Cd. Industrial Mesa de Olay, Tijuana, BC. Tels. 01-(66)-23-58-11.	Recolección, transporte y reciclaje de solventes.
9.- Solver, S.A. de C.V.	Meseta del Chema No. 2500, Col. Monte de los Olivos, Tijuana, BC. Tel. 01-(66)-84-14-32.	Recolección, transporte y reciclaje de solventes.
10.- Quimicompuestos, S.A. de C.V.	Av. de la Fundación No.318. Col. Parque Industrial Escobedo, Escobedo, NL. Tels. 01-(8)-3-84-84-84 Fax: 01-(8)-3-84-82-56	Recolección, transporte, almacenamiento temporal y reciclaje de solventes.
11.- Ecoquim	Av. del Acero No. 102 Complejo Industrial Mariano Escobedo, Escobedo, NL. Tels. 01-(8)-3-84-82-45 y 3-84-84-21. Fax 01-(8)-3-84-83-01.	Recolección, transporte y reciclaje de solventes y mezclas acuosas con lavado de tambores.
12.- Proveedores Químicos y Materiales, S.A. de C.V.	Acceso 11 No. 14 Fraccionamiento Industrial Benito Juárez, Querétaro, Qro. Tels. 01-(42)-17-01-41 y 17-04-97.	Recolección, transporte y reciclaje de solventes, nats de pintura y emulsiones aceite-agua.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV.4
Confinamientos controlados

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Residuos Industriales Multiquim, S.A. de C.V.	Av. Lázaro Cárdenas # 2400 Pie., Edif. Los Soles, Garza García, NL. Tels. 01-(8)-3- 63-39-06 y 3-63-21-35	Recolección, transporte, tratamiento, reciclaje, elaboración de combustible alterno y confinamiento controlado de residuos peligrosos.
2.- Confinamiento Técnico de Residuos Industriales, S.A. de C.V. (Coterin).	Aquiles Serdán # 630, Col. Santiago, Guadalucazar, SLP. Tels. 01-(48)-2-81-18 y 2-81-32	Confinamiento controlado de residuos peligrosos.
3.- Ciba-Geigy Mexicana, S.A. de C.V.	Km. 43.5 Carretera Guadalajara-Ocotlán. Tel. en México, DF. 01-(5)-6-77-10-88	Confinamiento controlado de las cenizas de su incinerador.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV-5
Aceites lubricantes usados

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Productos Texaco, S.A. de C.V. (Unidad de Recolección)	Av. Central # 615, Col. Jardines de Morelos, Ecatepec, Estado de México. Tel. 01-(5)- 2-27-53-00	Recolección y almacenamiento de aceites y lubricantes usados.
2.- Juan R. Santos Nieto	Domicilio conocido primer barrio de Cahuacán, Nicolás Romero, Estado de México.	Recolección y reuso de aceites lubricantes usados.
3.- Novaceites, S.A. de C.V.	Simón Herrera y Leyva #212-A, Col. Burócratas, Monterrey, NL., Tel. 01-(8)-3-73-77-09 y 3-73-97-29	Manejo de aceite lubricante usado.
4.- Productos Texaco, S.A. de C.V.	Planta Industrial en Querétaro. Oficinas en Insurgentes Sur # 1822, Col. Florida, México, DF. Tel. 01-(5)-2-27-53-00 y 2-77-53-81-directo	Reciclaje de aceite lubricante usado.
5.- Ecología y Lubricantes S.A. de C.V.	Av. Adolfo López Mateos # 3, Col. México Nuevo, Atizapán de Zaragoza, Estado de México. Tel. 01-(5)-8-22-58-16 y 8-22-58-43	Reciclaje de aceite lubricante usado. Incluye, recolección, transporte y almacenamiento.
6.- Productos Lubriform, S.A. de C.V.	Rumania # 923, Del. Benito Juárez, México, DF. Tel. 01-(5)-6-04-63-94 y 6-04-66-88	Tratamiento "in situ" de aceites industriales.
7.- José I. Vázquez Marín y/o Rosario Vázquez Marín.	Domicilio conocido en San José La Laguna Amozoc, Pue. Tel. 01-(227)-1-04-34 y 1-0485	Recolección, almacenamiento y entrega de aceites lubricantes usados.
8.- María Laura Pérez Muñoz.	Morelos Oriente s/n Lote 48 Col. Ignacio Romero Vargas, Puebla, Pue. Tel. 01-(227)-43-16-39	Recolección, almacenamiento y entrega de aceites lubricantes usados.
9.- Servicios de Mejoramiento Ecológico	Calle No. 49 No. 1360, Mérida, Yuc. Tel. 01-(99)-24-29-82	Recolección, transporte, almacenamiento temporal y entrega de aceites lubricantes usados.
10.- Proambiente, S.A. de C.V. (Estación Tlalnepantla)	Vía Gustavo Baz No. 4855 Col. Barrientos, Tlalnepantla, Estado de México. Tel. 01-(5)-83-63-54-11	Recolección, transporte, almacenamiento temporal y entrega de aceites lubricantes usados.
11.- Maquiladora de Lubricantes, S.A. de C.V.	Portino Treviño Arreola No. 233 Col. Del. Norte, Monterrey, NL.	Recolección, transporte, almacenamiento y reciclaje de aceites hidráulicos usados.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1995.

Tabla IV.6
Almacenamiento temporal

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Laidlaw Environmental Services de México, S.A. de C.V. (Antes Olimpia Industrial)	Honduras 132 Norte. Ciudad Juárez, Chih. Tel. 01-(16)-14-70-37	Recolección y almacenamiento de residuos peligrosos.
2.- Residuos Industriales Multiquim, S.A. de C.V. (Antes Chemical Waste Management)	Km. 18.5 Carretera Guadalajara- El Castillo, Jal. Tel. 01-(3)-6-30-03-10 y 6-30-03-12	Transferencia de residuos peligrosos y compactación de tambores vacíos.
3.- Química Omega, S.A. de C.V.	Industria Mecánica # 2168, Fraccionamiento Industrias Zapopan Norte, Zapopan, Jal. Tel. 01-(3)-62-02-75-44	Recolección, transporte y almacenamiento temporal de residuos peligrosos.
4.- Pacific Treatment Environmental Services, S.A. de C.V.	Calle Dos Oriente No. 6926 Ciudad Industrial Nueva Tijuana, Tijuana, B.C., Méx. Tel. 01-(66)-23-52-00	Recolección, transporte y almacenamiento temporal de residuos peligrosos.
5.- Proambiente, S.A. de C.V.	Av. Del Acero No. 104, Col. Parque Industrial Mariano Escobedo, Escobedo, N.L. Tel. 01-(8)-3-63-54-11.	Recolección, transporte y almacenamiento temporal de residuos peligrosos.
6.- Química Omega, S.A. de C.V.	Carretera a Zacatecas No. 430, Fraccionamiento Santa Rosa, San Luis Potosí, S.L.P. Tel. 01-(48)-2-02-75-44 y 2-02-74-12	Recolección, transporte y almacenamiento temporal de residuos peligrosos.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV.7
Equipos móviles para tratamiento de residuos peligrosos "in situ"

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Grupo Ecológico Musa, S.A. de C.V.	Río Tiber #100-802, Col. Cuauhtémoc, Del. Cuauhtémoc México, DF.	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
2.- Consorcio Ghes Industrial, S.A. de C.V.	Callo Del Valle No. 371, Ampliación Magisterio Saltillo, Coah.	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
3.- Habilitación Petrolera Integral, S.A. de C.V.	Francia 171, Col. Florida, Del. Alvaro Obregón, México, DF. Tel. 01-(5)-6-62-51-31; 6-89-33-53 y 6-62-00-02	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
4.- Constructora y Arrendadora Gandara, S.A. de C.V.	Francia 171, Col. Florida, Del. Alvaro Obregón, México, DF. Tel. 01-(5)-6-62-51-31; 6-89-33-53 y 6-62-00-02	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
5.- Ingeniería y Calderas, S.A. de C.V.	Francia 171, Col. Florida, Del. Alvaro Obregón, México, DF. Tel. 01-(5)-6-62-51-31; 6-89-33-53 y 6-62-00-02	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
6.- Grupo Perfotec, S.A. de C.V.	Av. Pacifico 468-F, El Rosedal, Del. Coyoacán, México, DF. Tel. 01-(5)-6-89-99-88; 6-89-90-42; 6-89-96-73 y 6-89-94-76	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
7.- Geo Petrol S.A. de C.V.	Insurgentes Sur, 933-D203, Col. Nápoles, Del. Benito Juárez, México, DF. Tel. 543-16-81, 543-19-64	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
8.- Internacional Enviro Servitel, S.A. de C.V.	Carlos J. Finlay No. 6 PARTIAL Piso 2 Col. Cuauhtémoc, Del. Cuauhtémoc México, DF. Tel. 01-(5)-3-70-06-60	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV.7 (cont.)

Equipos móviles para tratamiento de residuos peligrosos "in situ"

Empresa	Domicilio	Actividad
9.- All Waste Servicios Industriales de Control Ecológico, S.A. de C.V.	Edgar Allan Poe No. 85, Col. Polanco, México, D.F. Tel. 01-(5)-2-81-32-70 y 2-81-37-40	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
10.- Tecnología Especializada de Control Ambiental, S.A. de C.V.	Alvaro Obregón No. 103, Despacho 604 Col. Oriente Tampico, Tamps. Tel. 01-(12)-12-73-66	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos
11.- Suministros Industriales Carrizales, S.A. de C.V.	Calle 35-B No. 46, Col. Fátima, Cd. del Carmen, Camp. Tel. 01-(938)-2-29-38	Tratamiento "in situ" de residuos con hidrocarburos

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV.8

Recuperadoras de energía alternativa

Empresa	Planta	Actividad
1.- Cementos Mexicanos, S.A. de C.V.	Torreón, Coahuila.	Quema de combustible alterno líquido.
2.- Cementos Mexicanos, S.A. de C.V.	Huichapan, Hidalgo.	Quema de combustible alterno líquido y llantas.
3.- Cementos Mexicanos, S.A. de C.V.	Ensenada, Baja California Norte.	Quema de llantas.
4.- Cementos Mexicanos, S.A. de C.V.	Zapotitlán, Jalisco.	Quema de combustible alterno sólido.
5.- Cementos Mexicanos, S.A. de C.V.	Atotonilco de Tula, Hidalgo.	Quema de combustible alterno líquido.
6.- Cementos Apasco, S.A. de C.V.	Apasco, Estado de México	Quema de llantas.
7.- Cementos Apasco, S.A. de C.V.	Ramos Arizpe, Coahuila.	Quema de combustible alterno líquido y sólido
8.- Cementos Portland Moctezuma, S.A. de C.V.	Jiutepec, Morelos.	Quema de combustibles líquidos
9.- Sociedad Cooperativa Manufacturera de Cemento Portland, Cruz Azul, SCL	Jasso, Hidalgo.	Quema de combustible alterno líquido
10.- Sociedad Cooperativa Manufacturera de Cemento Portland, Cruz Azul, SCL	Laguna, Oaxaca.	Quema de combustible alterno líquido

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV.9
Incineración

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Bayer de México, S.A. de C.V.	Vía Morelos No. 330, Col. Sta. Clara, Ecatepec, Estado de México Tel. 01-(5)-2-50-20-55, 5-69-15-44 Ext. 3005	incineración de residuos peligrosos.
2.- Ciba-Geigy de México S.A. de C.V.	Atotonilquillo, Jal. Tel. 01-(3)-6-67-10-83	Recolección, transporte, almacenamiento temporal e incineración de residuos peligrosos.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV.10
Reciclaje de metales

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Industrias Deutch, S.A. de C.V.	Antonio Lavoisier No. 51, Colonia Parque Industrial Cuamatic, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.	Recolección, transporte, almacenamiento y reciclaje de escoria de plomo.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV.11
Recolección y transporte de residuos peligrosos

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Ingeniería y Ecología	Río Fuerte y Felipe Angeles # 599, Col. Vallarta Mexicali, BC. Tel. 01-(65)-66-04-29.	Recolección y transporte de residuos peligrosos.
2.- C. Eduardo Mendias Márquez	Av. Cantú # 318, Col. Dávila, Tijuana, BC. Tel. 01-(66)-85-76-68 y 86-76-68.	Recolección y transporte de residuos peligrosos.
3.- Industrias P. Kay de México, S.A. de C.V.	Calle de la Brea # 3, Meseta del Chema, Col. Monte de los Olivos, Tijuana, BC. Tel. 01-(66)-25-83-65 y 25-83-66	Recolección y transporte de residuos de soldadura estaño-plomo.
4.-Turbo Express 22. S. de R. L. de C.V.	Boulevard 3 Oeste # 17601-201, Col. Fracc. Garita de Otay, Tijuana, B.C. Tel. 01-(66)-23-29-12 y 23-22-97	Recolección y transporte de residuos peligrosos.
5.- Desarrollo Ecológico Sostenido, S.A. de C.V.	ZuaZua y Mina No. 200-213, Col. Centro Mexicali, BC. Tel. 01-(65)-53-58-19 y 53-59-71	Recolección y transporte de residuos peligrosos.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

Tabla IV.12
Formuladoras de combustible alterno

Empresa	Domicilio	Actividad
1.- Química Omega, S.A. de C.V.	Calle Lince No. 2, Parque Industrial Tenango del Valle, Tenango del Valle, Estado de México	Elaboración de combustible alterno líquido.
2.- Proambiente, S.A. de C.V.	Boulevard Cementos Peñoles Km 4 Torreón, Coah. Tel. en Monterrey, NL. 01-(8)-3-63-54-11 Fax 01-(8)-3-63-57-95	Elaboración de combustible alterno líquido.
3.- Ecootec, S.A. de C.V.	Carretera Saltillo-Monterrey Km. 23.5, Ramos Arizpe, Coah. Tel. 01-(84)-12-02-84-74	Elaboración de combustible alterno líquido.

Fuente: Dirección General de Normatividad Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, Noviembre 1996.

IV.12 ORGANIZACIONES QUE BRINDAN INFORMACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA DURANTE EL TRANSPORTE DE MATERIALES

A continuación se presentan algunos organismos, a nivel internacional, que se encargan de proporcionar información más específica al respecto de los productos químicos. Si solicita el apoyo de estos organismos principalmente para dar

respuesta rápida y eficaz a las situaciones de emergencia en las que se ven involucradas las sustancias clasificadas como peligrosas.

IV.12.1 Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (RIPQPT)

El Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos, fue creado en 1976 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en respuesta a una propuesta que se formuló durante la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo, Suecia, en 1972.

El registro tiene siete actividades y servicios principales, los cuales son [PNUMA, 1990]:

- Opera una red mundial destinada al intercambio de información.
- Elabora perfiles de datos sobre sustancias químicas y administra un banco de datos. Posee archivos sobre todos los aspectos que se consideren importantes de estas sustancias, con el fin de realizar la evaluación de riesgos, incluyendo las políticas de monitoreo y de reglamentación que se aplican a los productos químicos.
- Es responsable de la observancia de las directrices de Londres para el intercambio de información acerca de productos químicos que son objeto de comercio. Presta asistencia a los países en desarrollo para que establezcan sus propios registros nacionales.
- Edita publicaciones científicas sobre el control de los riesgos ocasionados por los productos químicos así como sobre la utilización de datos científicos.
- Proporciona un servicio de consulta.
- Publica documentos científicos, técnicos y el Boletín RIPQPT, todos ellos destinados a proporcionar información sobre productos químicos.

Dentro de esas actividades destacan por su importancia, las siguientes: actualizar la información sobre las sustancias químicas contenidas en la Lista de Trabajo de

Sustancias Químicas Seleccionadas; velar para que los trabajos que se realicen lo hagan en consonancia con otros programas de las Naciones Unidas y atender a las necesidades de los Asociados a la Red y del Servicio de Consulta.

Los asociados a la Red son instituciones nacionales e internacionales que participan en la evaluación de los peligros planteados por los productos químicos. Entre los cuales se encuentran los organismos de las Naciones Unidas, organizaciones científicas internacionales, academias nacionales de ciencia, instituciones de investigación especializadas y centros de investigación industrial.

El RIPQPT colabora en la ejecución de programas con el PIPPO (Programa Internacional de Protección frente a los Productos Químicos), la Comunidad Europea, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME). Entre los demás asociados figuran fabricantes de productos químicos y asociaciones industriales.

a) Lista de trabajo de sustancias químicas seleccionadas

En 1979 la Unidad de Tratamiento de la Información del RIPQPT creó una Lista de Trabajo de Sustancias Químicas, sin límite numérico fijo, basándose principalmente en las listas nacionales e internacionales de sustancias que son motivo de inquietud para los gobiernos. De ese modo, el Centro pudo delimitar sus estudios en las sustancias prioritarias de importancia internacional, en vez de tratar de abarcar todas las sustancias químicas de uso común. La primera Lista de Trabajo de Sustancias Químicas Seleccionadas, que contenía 250 productos químicos de importancia internacional, fue preparada en 1979, distribuyó entre los Asociados a la Red del RIPQPT y desde entonces ha sido objeto de revisiones y ampliaciones periódicas.

b) Banco de datos.

El banco de datos del RIPQPT tiene dos finalidades:

1. la compilación
2. la validación

Para el tratamiento de esos datos por computadora, incluida su divulgación a los usuarios. Este organismo prevee establecer un almacén de información que permita conocer los riesgos asociados a los productos químicos tóxicos, para la salud y para el ambiente, con excepción de los productos farmacéuticos y las sustancias radiactivas.

Los datos seleccionados los presenta de manera concisa con fines de evaluación en los llamados perfiles de datos de las sustancias químicas. Mantiene así mismo un índice del Registro que proporciona una indicación de las sustancias comprendidas y de las esferas respecto de las cuales se dispone o carece de información para cada perfil.

c) Perfiles de datos

La preparación de los perfiles de datos sobre productos químicos sigue siendo la actividad primordial del RIPQPT. Un perfil de datos nunca se considera realmente completo y por esta razón se continúan vigilando las nuevas fuentes de información, que han de permitir actualizar y revisar estos archivos.

En el registro se incluyen 17 categorías de datos. Las características químicas se seleccionan en función del interés que presentan como medio para evaluar los riesgos potenciales. Cada registro de datos y cada una de las informaciones que figuran en el archivo de datos, se acompaña con una referencia bibliográfica. En un perfil de datos se señala también cuándo se carece de información. La mitad de los productos químicos respecto de los cuales se dispone de perfiles de datos

completos se utilizan en la agricultura. A continuación se indican los 17 archivo-categorías de un perfil de datos del registro:

1. Identificadores y propiedades
2. Producción Comercial
3. Procedimientos de producción
4. Uso
5. Vías de entrada al ambiente
6. Concentraciones
 - * Pérdida/Persistencia
 - * Concentraciones
 - * Ingesta humana
7. Ensayos sobre el destino ambiental
 - * Biodegradación/Biotransformación
 - * Fotodegradación
 - * Hidrólisis
 - * Evaporación
 - * Oxidación
 - * Estudios sobre modelos de ecosistemas
8. Destino ambiental
9. Quimiobiocinética
 - * Absorción
 - * Distribución
 - * Factor de bioconcentración
 - * Metabolismo
 - * Excreción
10. Toxicidad para los mamíferos
11. Estudios especiales sobre toxicidad
 - * Interacciones bioquímicas
 - * Carcinogenicidad

- Mutagenicidad
 - Comportamiento
 - Sensibilización
 - Agentes interactivos
 - Irrigación primaria
 - Inmunotoxicidad
 - Reproducción
 - Teratogenicidad
12. Efectos en los organismos presentes en el medio
- Toxicidad acuática
 - Toxicidad terrestre
13. Muestreo/Preparación/Análisis
14. Derrames
15. Tratamiento de las intoxicaciones
16. Gestión de desechos
17. Recomendaciones/Mecanismos jurídicos

d) Directrices de Londres

Las Directrices de Londres para el intercambio de información acerca de los productos químicos objeto de comercio, se adoptaron por primera vez en 1987. Se enunciaron para promover la seguridad de las sustancias químicas mediante el intercambio de información científica, técnica, económica y jurídica. En 1989 el Consejo de Administración del PNUMA las amplió para incluir disposiciones especiales conocidas como procedimiento de Consentimiento Previo Informado (CPI).

El Consentimiento Previo Informado es el principio según el cual una sustancia química prohibida o severamente restringida a causa de sus efectos sobre la salud humana, o sobre el medio ambiente, no puede ser objeto de comercio internacional sin el consentimiento del país exportador. Las Directrices

proporcionan un mecanismo para que los países consignen sus decisiones sobre esas sustancias químicas de manera oficial.

e) Servicio de consulta

El Servicio de Consulta es una fuente de información sobre sustancias químicas a la cual recurren periódicamente desde periodistas hasta empresas, institutos de investigación y autoridades legislativas. Ha sido siempre un medio importante para divulgar la información compilada por el RIPQPT. El servicio comenzó a funcionar en marzo de 1976, en la actualidad, y sin que el Servicio haya sido objeto de promoción alguna, se atiende a más de una consulta por día.

La información solicitada al servicio algunas veces se debe a las dudas que crea el desconocer el origen de los residuos peligrosos, ya que no se tiene la certidumbre real de su composición.

CAPÍTULO V

**RESIDUOS PELIGROSOS Y ALTERNATIVAS
TECNOLÓGICAS PARA SU DISPOSICIÓN**

**NO DEBEMOS PERDER LA FE EN LA HUMANIDAD. QUE ES COMO UN OCÉANO: NO SE
ENSUCIA PORQUE ALGUNAS DE SUS GOTAS ESTÉN SUCIAS*.*

MAHATMA GANDHI

Los problemas ambientales que surgen con el desarrollo de las actividades industriales, la intensificación de las actividades comerciales y de servicios, el crecimiento demográfico y la distribución de estas actividades en el espacio, ocasionan diversos problemas relacionados con la calidad de vida de la población y con las perspectivas de un desarrollo autosostenido, al ponerse en peligro la salud humana y en general el equilibrio de la naturaleza, como consecuencia de la contaminación del suelo, agua y aire y la introducción de tóxicos en la biósfera.

Para dar respuesta a tales problemas es imprescindible contar con tecnologías, sistemas, normas, procedimientos, políticas y lineamientos que, si bien se encuentran en una etapa de franco desarrollo en el país, aún carecen de los elementos que permitan implementar de manera efectiva, los diversos instrumentos que en materia de política ambiental se han desarrollado.

En referencia a la actividad industrial, los aspectos de mayor importancia están constituidos por la generación, manejo, tratamiento y disposición de residuos industriales, ya sea porque provienen del consumo de gran diversidad y volumen de materias primas o como consecuencia del nivel tecnológico de los procesos, que en ocasiones representa un factor de dispendio de recursos y de riesgo ambiental por su características de peligrosidad, y es ahí en donde el ingeniero químico debe poner mayor énfasis al ser el creador y desarrollador de las tecnologías de la máquina industrial.

Este capítulo tiene por objeto servir como una introducción a las tecnologías disponibles que puede usarse en el tratamiento de los residuos peligrosos. Dentro del marco de este capítulo, se incluyen a los residuos peligrosos tal como llega de un generador o del almacenamiento y los que han contaminado algún otro medio, tal como el suelo o mantos freáticos y por lo tanto se consideran como residuos peligrosos. Se debe señalar que ninguna de las presentes tecnologías de tratamiento de residuos es un proceso autosuficiente. Cualquier escenario de

tratamiento utilizado para el residuo peligroso debe incluir una línea de proceso constituida de varios de los procesos de tratamiento discutidos aquí.

Aunque el contenido de este capítulo no es exhaustivo, se encuentran la mayoría de los procesos de tratamiento disponibles actualmente y que más adelante se discuten. La discusión de cada tecnología incluye una descripción de la base de la misma, la condición y el uso apropiado y, un diagrama de proceso para una aplicación típica de esa tecnología. Además, para algunas de ellas, un listado tabular de datos específicos necesarios para el ingeniero que diseñe un sistema de tratamiento.

V.1 MANEJO DE RESIDUOS

Los residuos que se encuentran en el exterior están directamente relacionados con los efectos en el ambiente y la salud ocasionados por estas sustancias tóxicas, de tal manera que es indispensable elaborar una serie de estudios y metodologías para manejar de una manera segura los RP en diferentes sitios, pensemos como por ejemplo, en la frontera, donde hay una serie de residuos que se generan en las maquiladoras y que es necesario manejarlos de una manera adecuada y segura y regresarlos a su origen, en este caso sería al país del norte.

Por otro lado, hay muchos cuerpos receptores que ya están contaminados de una manera excesiva; en este caso, los estudios o las metodologías que se han estado elaborando y que se continuarán, servirán más que nada, para analizar el estado actual de ese grado de contaminación de los cuerpos receptores y cuales son los efectos sobre la salud de la población aledaña.

Además, es muy valioso para continuar con todo lo referente a prevención de riesgos, elaborar un sistema de información en donde se manejen grandes volúmenes de datos; en este caso hemos estado pensando en un sistema para la administración de eventos que involucran accidentes relacionados con residuos industriales, dado que hay información en diferentes sitios de donde se puede

obtener datos relacionados con el tipo de accidente que tuvo lugar, ya sea durante el transporte o en las instalaciones; y cuales son las sustancias o las zonas, incluso los estados del país en donde ocurren mayor cantidad de eventos. Así mismo, también es importante para la prevención de riesgos, identificar la vulnerabilidad de las áreas industriales de las diferentes zonas más pobladas, en los Estados de la República. De esta manera conjugar todos estos estudios para prevenir una serie de riesgos en el ambiente y la salud.

V.2 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

La mayor parte de los residuos industriales, y principalmente aquellos caracterizados como peligrosos, se tratan y disponen en locales distantes del punto de generación. Estos locales pueden estar situados en la propia área industrial o alejados a varios kilómetros, como generalmente ocurre. La operación de llevar un residuo del punto de generación hasta su destino final, involucra generalmente colecta, transporte y almacenamiento dentro de la propia industria así como colecta y transporte hasta el local de tratamiento o disposición. La fase interna es sin duda, de responsabilidad exclusiva del industrial, en cuanto que la fase externa, es muchas veces, responsabilidad del personal contratado; en este caso, la legislación vigente torna al industrial co-responsable por cualquier accidente o contaminación que pueda ocurrir. Eso implica que los residuos se deben manejar adecuadamente por el industrial en todas las fases, siendo por eso recomendable que sólo se contraten firmas idóneas de transporte, tratamiento y disposición final.

La caracterización de los residuos juega un rol crucial en la operación diaria del manejo de los residuos de las fábricas. Una apropiada caracterización comienza con la obtención de una muestra representativa de los residuos, que puede no ser homogénea.

Las muestras y análisis deben satisfacer tres puntos:

- 1.- Identificar la peligrosidad inherente de los residuos.

- 2.- Caracterizar el residuo para su manejo adecuado.
- 3.- Encontrar una característica para facilitar su caracterización.



FOTO V.1

Fotografía V.1 Caso particular de disposición temporal y manejo inadecuados de residuos industriales. Chicoloapan, Estado de México, 1999.

Las actividades a realizar por un generador de acuerdo a la Norma Mexicana y a los reglamentos correspondientes, son:

- 1.- Inscribirse en el registro que para tal efecto establezca la Secretaría.
- 2.- Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligrosos.
- 3.- Dar a los residuos peligrosos el manejo establecido.
- 4.- Manejar separadamente los residuos peligrosos que sean incompatibles.
- 5.- Envasar sus residuos peligrosos en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad.
- 6.- Identificar a los residuos peligrosos.
- 7.- Almacenar sus residuos peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos mínimos necesarios.
- 8.- Transportar sus residuos peligrosos en los vehículos que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- 9.- Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que corresponda.

- 10.- Dar a sus residuos peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos provistos.
- 11.- Remitir a la Secretaría, en el formato que esta determine, un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado con sus residuos peligrosos durante dicho periodo.

V.2.1 Almacenamiento de Residuos

El primer escenario en esta infraestructura es el almacenamiento de residuos después de que éste es generado. Los residuos generados necesitan tener un sistema para almacenar de forma segura los residuos hasta que puedan ser transferidos a un almacenamiento más lejano, tratamiento o disposición. Normalmente este almacenamiento es en contenedores o tanques para grandes volúmenes.

V.2.1.1 Formas de Almacenamiento

La USEPA (United States Environmental Protection Agency) autorizó 4 formas para el almacenamiento de residuos peligrosos en la regulación RCRA (Acta de Recuperación y Conservación de Recursos) de mayo de 1980 (Kokoszka 1989).

- **CONTENEDORES:** se definen como algún artefacto portátil para almacenar, transportar, tratar, o disponer materiales, Los contenedores son los recipientes más comunes que se usan para almacenamiento de residuos
- **TANQUES:** es la segunda forma más usada para almacenamiento de residuos peligrosos, se definen como artefactos estacionarios construidos primeramente de materiales tales como madera, concreto, acero o plástico proveniente del soporte estructural.
- **SUPERFICIES ENCERRADAS:** son instalaciones o partes de instalaciones que son depresiones topográficas naturales, excavaciones hechas por hombres; o áreas de diques formados por materiales térreos. Las superficies

encerradas se diseñan para depositar y acumular los residuos líquidos o residuos libres de líquidos.

- **PILAS DE RESIDUOS:** es el tipo de almacenamiento usado menos frecuente de las cuatro formas antes mencionadas. Incluido algún contenedor de suelo. Se usa para residuos no corrientes o semi-líquidos de residuos peligrosos y se usa para tratamiento o almacenamiento mencionados anteriormente se debe cumplir con un pertinente requerimiento intermedio o estándares generales.

V.2.1.2 Principios del Almacenamiento de Residuos Sólidos Peligrosos

Los principios que se deben tener en cuenta para realizar las actividades de un sistema de almacenamiento de residuos peligrosos son:

- | | |
|--|--|
| - Contención. | - Control de derrames. |
| - Protección del clima. | - Arreglo del área de almacenamiento. |
| - Segregación de residuos. | - Etiquetado y marcado de recipientes. |
| - Localización de áreas de almacenamiento. | - Limpieza de las instalaciones. |
| - Ordenamiento del área de almacenamiento. | - Recipientes vacíos. |

a) Segregación.

La segregación de los residuos dentro de una industria y en los locales de tratamiento y disposición, es de suma importancia para el manejo de los residuos sólidos. Los objetivos básicos son:

- evitar la mezcla de residuos incompatibles;
- contribuir para el aumento de la calidad de los residuos que se puedan recuperar o reciclar y;
- disminuir el volumen de residuos peligrosos o especiales a ser tratados o dispuestos.



FOTO V.2

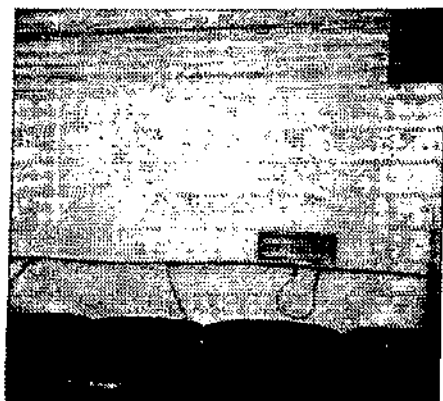


FOTO V.3

Fotografías V.2 y V.3 presentan alarma sonora con sensores de atmósferas explosivas y lámparas a prueba de explosividad, señalamientos y tierras físicas dentro del almacén de residuos peligrosos autorizado por la PROFEPA, cortesía Panasonic México, S.A. de C.V.

V.2.2 Transporte de Residuos Peligrosos

Existen básicamente tres tipos de transporte de residuos sólidos peligrosos los cuales son: marítimo o fluvial, ferroviario y sobre ruedas.

El transporte terrestre sobre ruedas de residuos peligrosos presenta las siguientes ventajas son:

- 1.- Bajo costo para pequeñas cantidades.
- 2.- Bajo costo para pequeñas distancias.
- 3.- No necesita un sistema de tratamiento.
- 4.- Son de fácil acceso a los puntos de generación y descarga.

Las desventajas, son las siguientes:

- 1.- No es adecuado para grandes cantidades.
- 2.- El costo es elevado para grandes distancias.
- 3.- Las rutas se pueden alterar fácilmente.

Suponiendo que las tres modalidades de transporte se ofrecieran para una determinada situación, la opción por una de ellas debería considerar el tipo de

residuo a tratar, la cantidad y la distancia a recorrer. En ese caso en función de la distancia y de la cantidad, la modalidad más económica a ser escogida sería: (Cetesb 1985)

PARA DISTANCIA (Km):

- < 300.... sobre ruedas
- 300 – 500 ferroviario
- > 500 Marítimo/fluvial

PARA CANTIDAD (Tm):

- <20 sobre ruedas
- 20 – 200 ferroviario
- >200 Marítimo/fluvial

Independientemente del tipo de vehículo, el entrenamiento de los transportistas y de sus ayudantes es fundamental para el buen desempeño del sistema. Ese entrenamiento asegura a los conductores conocer la operación adecuada del vehículo y de su equipo, así como actuar correcta y rápidamente en caso de accidente o avería de equipos.

Básicamente deben recibir información sobre:

- Material que está siendo transportado.
- Cuál es el riesgo de la carga.
- Cuál es la ruta a seguir.
- Lo que se debe hacer en caso de accidente, avería de la carga o del vehículo, cómo proceder en ese caso y dónde obtener información y con quien contar si es necesario.

No se pretende que el transportista y su ayudante sean especialistas en manejo de residuos peligrosos o en emergencias, pero sí que posean un mínimo de conocimientos y entrenamiento para preservar su propia vida y evitar daños mayores a la población y al medio ambiente.

V.3 PLANES DE EMERGENCIA Y PROGRAMAS DE SEGURIDAD

El manejo, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos puede generar muchos tipos de accidentes, originando alguna situación de emergencia.

Se les llama medidas de control a la identificación y clasificación de residuos peligrosos. La clasificación de estos residuos peligrosos no es una tarea fácil. La lista de materiales peligrosos creada por la USEPA, contiene aproximadamente 250,000 especies, (Pojasek 1982). Muchos de los materiales peligrosos, sin embargo, se identifican, etiquetan y clasifican de acuerdo a su facilidad de manejo, de operación y empleo correcto de la tecnología para minimizar los daños al ambiente y la salud.

El personal que realiza el manejo de residuos peligrosos puede estar expuesto a éstos durante un largo período de tiempo. Por lo tanto, es necesario tomar precauciones para proteger su salud de los riesgos existentes. El personal puede no conocer las características del material recibido que está procesando, sin embargo deben estar informados de los riesgos a los que están expuestos ellos mismos y los demás, deben recibir instrucciones y el equipo de seguridad para el manejo de varios tipos de residuos peligrosos.

Los programas de prevención de accidentes pueden ser establecidos, y un plan o acción de emergencia se prepara de forma inmediata y apropiada en respuesta al accidente. Este procedimiento debe identificar el tipo de emergencia, el tipo de residuo, y que hacer para minimizar el efecto del incidente.

Los análisis de seguridad se usan como herramienta del procedimiento. Se debe enfatizar lo siguiente:

- I) Cómo proteger a los empleados durante el incidente.
- II) Cómo minimizar los efectos del incidente en el medio ambiente.
- III) Protección de los equipos de la fábrica.
- IV) Interacción con la comunidad de servicio (policía, bomberos, etc.), para desarrollar todo el plan de emergencia.

V.3.1 Análisis de Riesgos Químicos

V.3.1.1 Definiciones de Riesgos

- A) Es una función de la probabilidad que un evento ocurra y la magnitud o severidad del evento ocurrido (Berger, 1982)
- B) Medida de la probabilidad y severidad de efectos adversos, (Conway, 1982).
- C) Probabilidad de daño, pérdida o trauma, (Lee and Nair, 1979).
- D) Probabilidad de accidentes y enfermedades que terminan en trauma o muerte, (Inhaber, 1982).

V.3.1.2 Clasificación de Riesgos Químicos

Los accidentes químicos pueden surgir en una variedad de maneras y no hay dos accidentes exactamente iguales. Una forma de clasificarlos puede ser:

- Explosión o incendio. En una planta o en un almacén.
- Fugas o derrames. En una planta, en un almacén o durante el transporte de productos químicos.
- Envenenamiento, radiaciones. Manejo inadecuado de desechos.

V.3.1.3 Análisis de Riesgo Ambiental

Riesgo.- Probabilidad cuantitativa de que ocurra un efecto en la salud después de una "cantidad" específica de peligros relacionados con sustancias químicas a los que ha sido expuesto un individuo.

¿Cómo analizar los Riesgos?

La *Primera Etapa* de cualquier análisis consiste en definir exactamente las instalaciones, objeto de análisis. Las informaciones que hay que recoger se refieren al diseño de la planta, los productos, las características materiales de las instalaciones, su entorno, sus procedimientos de explotación, así como la intervención que se haría en caso de accidente.

En la *Segunda Etapa*, se procede a la identificación de los riesgos.

Generalmente, los diversos enfoques utilizados suelen ser: una investigación de las características peligrosas de cada uno de los productos presentes en la fábrica; un estudio de las reacciones peligrosas que podrían producirse en caso de mezcla binaria de aquellos productos; y una primera explosión de toda la instalación, con ayuda, de listados de comprobación que permitan determinar los elementos potencialmente peligrosos. Al final de la segunda etapa, además de un conocimiento mucho más profundo de la instalación, el investigador es capaz de determinar los acontecimientos indeseables que puede provocar la instalación en estudio, además de cierto número de elementos críticos. En cambio, si bien ha podido determinar las causas que, por sí solas pueden causar un accidente, no ha logrado lo mismo con las combinaciones de dichas causas.

Una vez determinado y eventualmente probabilizado el accidente, lo único que queda por hacer es apreciar la gravedad de sus consecuencias, apreciación que constituye la finalidad de la segunda gestación:

La modelización de las consecuencias, requiere de una definición exacta de las características iniciales del producto liberado y de su modo de liberación, (producto en fase gaseosa o líquida, tamaño de la fisura, etc). Estas etapas van, desde el caudal que escapa por fisura, hasta la dispersión del producto y la estimación del efecto final.

El conjunto de estos métodos y modelos, de aplicación general, pueden, sin embargo, utilizarse para evaluar las consecuencias que sobre el medio ambiente puede tener la implementación de cualquier unidad de producción, almacenamiento o transporte de materias peligrosas.

V.4 ACCIONES EN CASO DE ACCIDENTE QUÍMICO.

a) Antes del Accidente

1) Evaluación de riesgos:

- Identificación de riesgos.
- Identificación de zonas vulnerables.
- Evaluación de riesgos.

2) Prevención:

- Remoción de riesgos.
- Selección de alternativas.
- Control de riesgos.

3) Planificación de mitigación de efectos:

- Planificación de contingencia.
- Conocimiento de métodos de rehabilitación.
- Establecimiento de marcos de trabajo organizacionales.

b) Después del Accidente

1) Emergencia:

- Reacción adecuada y precisa.
- Velocidad de acción.

2) Seguimiento:

- Conocimiento de los agente químicos.
- Aislamiento de la zona del accidente.

3) Rehabilitación:

- Diagnóstico de necesidades.
- Implementación.
- Monitoreo.

- Retroalimentación y ajuste.
- Transferencia y almacenamiento de información.

Dada la actividad industrial del país y el movimiento de diferentes materiales químicos a lo largo y ancho del territorio, los accidentes por manejo y transporte de sustancias peligrosas se presentan con cierta frecuencia. En la Tabla V.1 se muestra un resumen de los accidentes que ocurrieron desde febrero de 1991 a diciembre de 1992.

Tabla V.1
Accidentes ocurridos entre Febrero de 1991 y Diciembre de 1992.
Por manejo de Sustancias Peligrosas.

ESTADO	N° Derrames	N° Incendios	N° Fuga	N° Explosión
Baja California Norte	1			3
Campeche		1	2	
Chihuahua		1	1	
Coahuila			2	
Distrito Federal	6	2	11	2
Estado de México	8	1	5	4
Guadalajara	11	2	1	2
Guanajuato		2		1
Guerrero	3			
Hidalgo			2	
Morelos	1	1		
Nuevo León	4		4	
Oaxaca	1		1	
Puebla	2		2	4
Querétaro			2	
San Luis Potosí			1	
Sinaloa			1	
Sonora		1		1
Tamaulipas			2	1
Veracruz	5		5	2
Zacatecas			5	
TOTAL	42	11	47	20

Fuente: Daños Oficiales.

Como se puede apreciar, las fugas de los compuestos ocupan el primer lugar, seguidas de los derrames. Un accidente químico normalmente es una combinación de derrame-incendio-fuga-explósión. Dichas combinaciones incrementan los efectos sobre el ambiente y la salud.

Las tecnologías se clasifican en base de si son consideradas como tratamiento físico, tratamiento químico, tratamiento biológico, tratamiento térmico (incineración) o estabilización/fijación. Obviamente, hay superposición en las mentes de muchos con respecto a la categorización de las diferentes tecnologías. Por ejemplo, algunos consideran la fotólisis UV como un proceso físico debido a la necesidad para la irradiación ultravioleta mientras otros la consideran meramente como hidrólisis, en donde la energía de activación es abastecida por el UV de irradiación. En este capítulo, similarmente, los procesos de fijación/estabilización son tanto procesos físicos o químicos. Sin embargo, el propósito para su uso, los factores de diseño y requerimientos sobre el producto final son tan únicos que estos procesos merecen un tratamiento separado.

V.5 TRATAMIENTOS FÍSICOS

Son los procesos que utilizan características físicas para efectuar una separación o concentración de componentes en una corriente de residuos. Los procesos se clasifican en cuatro agrupaciones según su base física (Ver Tabla V.2), es decir, la separación por gravedad, separación por cambio de fase, separación por disolución y separación por el tamaño, adsorsividad o características iónicas. En el Cuadro 5.3 se señalan los datos requeridos para el diseño de un tratamiento físico para sólidos, líquidos y gases, así como de mezclas.

Tabla V.2
Clasificación de Tratamientos Físicos

BASE FÍSICA	PROCESO FÍSICO
Separación por Gravedad	Sedimentación Centrifugación Floculación Separación Aceite/Agua Flotación por Aire disuelto (DAF) Separación de Medios pesados

Tabla V.2 (cont.)
Clasificación de Tratamientos Físicos

BASE FÍSICA	PROCESO FÍSICO
Cambio de Fase	Evaporación Despojamiento por Aire Despojamiento por Vapor Destilación
Disolución	Limpieza y lavado de sólidos Quelación Extracción Líquido-Líquido Extracción supercrítica de solventes
Tamaño/Adsorsividad/Características iónicas	Filtración Adsorción con carbón La Osmosis Inversa Intercambio Iónico Electrodialisis

Tabla V.3
Datos Requeridos e Importantes para el Tratamiento Físico

DATOS REQUERIDOS	PROPOSITO
Para Sólidos	
Densidad Absoluta Densidad de Volumen Distribución por Tamaño Friabilidad Solubilidad (en H ₂ O, solventes orgánicos, aceite, etc.)	La Separación por Densidades El Volumen de Almacenaje Requerido Clasifique Modificación o Separación Clasifique Reducción La Disolución
Para Líquidos	
Gravedad Específica Viscosidad Contenido de Agua (Contenido de aceite, etc.) Sólidos Disueltos Punto de ebullición y congelamiento	Separación por Densidad El bombeo y Manejo Separación La Separación Separación por Cambio de fase, Manejo y Almacenaje
Para mezclas Líquidos/ Sólidos	
Densidad de Volumen Contenido Total de Sólidos Distribución por Tamaño de Sólidos Contenido de Sólidos Suspendedos Velocidad de Fijación de Sólidos Suspendedos Contenido de Sólidos Disueltos Contenido Libre de Agua Contenido de Aceite y Grasas Viscosidad	Almacenaje y Transporte Separación Separación Separación Separación Separación El almacenaje y Transporte Separación El bombeo y Manejo
Para Gases	
Densidad Temperatura de Ebullición (condensación) Solubilidad (en H ₂ O, etc.)	Separación Separación por Cambio de Fase Disolución

V.5.1 Sedimentación

La sedimentación es un proceso de fijación por gravedad el cual permite que los sólidos más pesados se colecten en el fondo de un recipiente de contención resultando su separación desde la suspensión del fluido. Este tipo de operación puede realizarse mediante un proceso por lote o un proceso continuo de remoción. Existen varios arreglos físicos en el que el proceso de sedimentación puede aplicarse. Estos se representan en la Figura 5.1. En la parte superior del diagrama se ilustra una fosa de corrientes residuales donde el medio acuoso fluye mientras los sólidos suspendidos se separan por gravedad y son removidos. Ocasionalmente, las partículas removidas (los fangos o lodos) se quitan considerando a este un proceso por lotes. En el segundo esquema de la misma Figura V.1, se muestra un clarificador circular equipado con un dispositivo de remoción de sólidos para facilitar la clarificación en un proceso continuo, resultando un fluido con bajo contenido de sólidos. El tercer esquema es una fosa de sedimentación, que utiliza una banda tipo recuperador de sólidos, forzándolos hacia el fondo de la fosa donde estos podrán ser retirados. La eficiencia del tratamiento de sedimentación depende directamente del área de sedimentación y profundidad de la fosa, tiempo (tiempo de residencia), el tamaño y clasificación de partícula y la velocidad de la corriente del fluido.

La sedimentación es considerada un proceso de separación, utilizada para el tratamiento de residuos acuosos y lodos. El uso se restringe a los sólidos que son más densos que el agua y no es apropiado para residuos emulsionados. Ver Tabla V.4.

Tabla V.4
Datos Necesarios e Importantes para la Sedimentación

DATOS	PROPOSITO
Viscosidad de residuos acuosos	Altas viscosidades impiden la sedimentación.
Contenido de aceites y grasas en la corriente del residuo.	No aplicable a residuos que contengan emulsiones con aceite.
Peso específico de sólidos suspendidos	Debe ser mayor a uno para que la sedimentación se lleve a cabo.

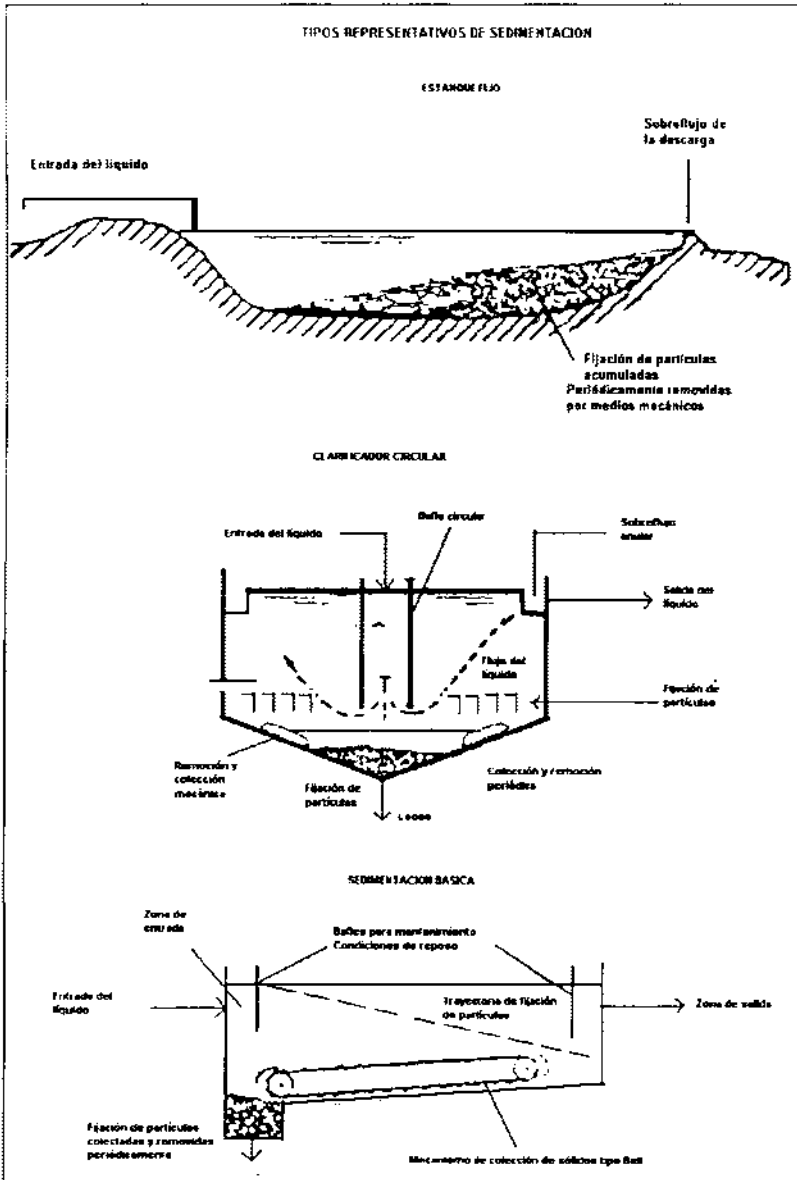


Figura V.1
Sedimentación

V.5.2 Centrifugación

La centrifugación es una separación física en donde los componentes de una mezcla de fluido se separa, basados en su densidad relativa, rotando rápidamente la mezcla de fluido dentro de un contenedor fijo. Las partículas sólidas que son más densas que el medio del fluido, se depositan exteriores desde el eje de rotación, mientras el líquido superflotante esta próximo al eje. Las fuerzas centripetas en la centrifugación son parecidas a las fuerzas gravitatorias en la sedimentación, excepto que las fuerzas centripetas son millares de veces más fuertes que las fuerzas gravitatorias, dependiendo del diámetro y velocidad giratoria del centrifugador. En las Figuras V.2 (A y B), se muestran dos esquemas de centrifugación.

Este tratamiento se limita a lodos acuosos (incluyendo los que contienen metales, separación de aceites/agua y clarificación de resinas y gomas viscosas). Las centrifugas son generalmente mejores que los filtros a vacío para lodos acuosos, viscosos o gelatinosos. Las centrifugas tipo disco pueden usarse para separar mezclas de tres componente (p. ej. aceites, agua, sólidos), sin embargo, con frecuencia no pueden utilizarse para la clarificación, ya que pueden fracasar en retirar sólidos menos densos y los que son suficientemente pequeños para permanecer en suspensión. Las eficiencias de remoción y recuperación pueden mejorar si se incorporan filtros de paño o papel en la centrifuga.

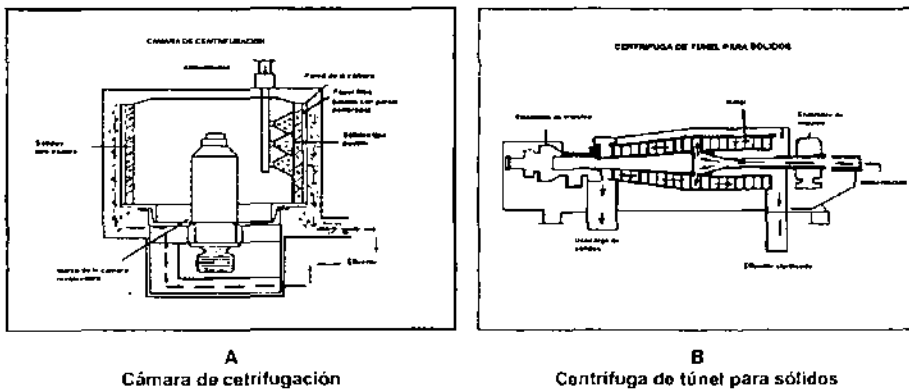


Figura V.2
Centrifugación

V.5.3 Floculación

La floculación es una tecnología de tratamiento que se usa para mejorar la sedimentación o la centrifugación. La corriente de residuos es mezclada mientras un floculante se agrega. Los floculantes adhieren fácilmente a los sólidos suspendidos, aglomerándose el uno al otro, para que las partículas resultantes sean demasiado grandes para permanecer en la suspensión. La floculación se usa principalmente para la precipitación de inorgánicos.

El alcance de la floculación depende directamente del flujo de la corriente de residuos, su composición y su pH. Este proceso no es recomendado para un flujo de residuos con alta viscosidad, por lo que dependiendo del propósito se debe considerar los datos señalados en la Tabla V.5.

Tabla V.5
Datos Necesarios e Importantes para la Floculación

DATOS	PROPOSITO
pH del residuo	Selección del agente floculante.
Viscosidad del sistema de residuos	Determinar la afección de los sólidos aglomerados, alta viscosidad no apropiada
Determinar la velocidad de sólidos suspendidos	Selección del agente floculante.

V.5.4 Separación Aceite/ Agua

Como en la sedimentación, la fuerza de gravedad puede usarse para separar dos (o más) líquidos inmiscibles que cuenten con densidades suficientemente diferentes, tal como el aceite y el agua. La separación líquido/líquido ocurre cuando la mezcla líquida está clara, y para un proceso continuo se requiere controlar la velocidad del flujo. El flujo de residuos fluye al interior de una cámara donde queda inmóvil y permite radicarlos. El aceite flotante es desnatado fuera por la parte superior mediante el uso de un desnatador mientras el agua o el efluente fluye por la parte inferior de la cámara. Los ácidos pueden usarse para romper una emulsión aceite/agua y mejora este proceso para permitir mayor eficiencia en la remoción del aceite.

La eficacia del proceso de separación depende en gran parte de la velocidad del flujo de la corriente residual, temperatura y pH. Esta separación constituye un proceso de pretratamiento si las natas del aceite requieren algún tratamiento adicional.

V.5.5 Flotación por Aire Disuelto (DAF)

La flotación por aire disuelto es un proceso físico por el cual las partículas suspendidas o la mezcla de líquidos pueden ser removidas de una corriente residual acuosa. La mezcla para ser separada, se satura con aire (o algún otro gas, tal como el nitrógeno) y típicamente la presión se reduce hacia arriba en el tanque de tratamiento. Como el aire sale de la solución, las microburbujas fácilmente adsorben los sólidos suspendidos o aceites, mejorando su características de flotación. En la cámara de flotación, el aceite separado u otros flotantes forman natas en la parte superior mientras los líquidos acuosos fluyen hacia el fondo.

Esta tecnología es solo aplicable para residuos que tienen densidades cercana a la del agua. Puede ser necesaria la implementación de control de emisiones a la atmósfera si en el residuo están presentes compuestos orgánicos volátiles peligrosos. En la figura 5.3 se esquematiza un sistema como el descrito arriba.

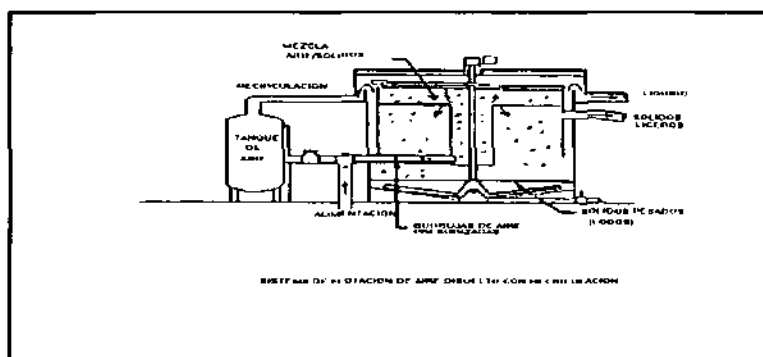


Figura V.3
Sistema DAF

V.5.6 Separación de medios pesados

La separación de medios pesados es un proceso para separar dos sólidos que tienen densidades absolutas muy diferentes. Para que la mezcla de sólidos pueda ser separada se pone en un fluido cuya gravedad específica se elige (o se ajusta) para que los sólidos más ligeros floten mientras que los más pesados se dirijan hacia el fondo. Comúnmente, el fluido separador (medio pesado) es una suspensión de magnetita en agua. La gravedad específica del fluido es ajustable variando la cantidad de polvo de magnetita utilizada, la cual puede ser fácilmente recuperable magnéticamente de las aguas de enjuague y derrames, para después poder ser reutilizable.

Este tipo de separación no presenta complicación para separar dos sólidos insolubles que tienen densidades diferentes. Dentro de las limitaciones se incluye la posibilidad de disolución de sólidos y la pérdida del medio pesado, incapacidad de costear la separación efectiva de los materiales magnéticos debido a la presencia de sólidos cuya densidad sea similar a la que se desea separar (recuperación de magnetita).

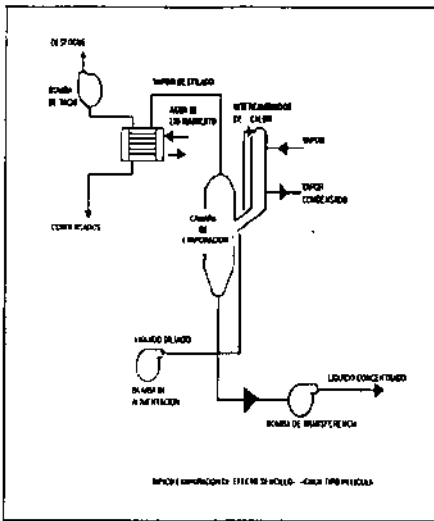
Comúnmente se utiliza en la industria minera para separar a los minerales de los residuos.

V.5.7 Evaporación

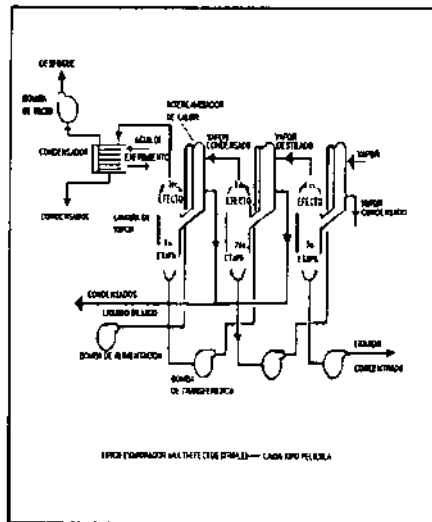
La evaporación es la separación física de un líquido de un sólido disuelto o suspendido por la aplicación de energía que volatiliza al líquido. En el tratamiento de un residuo peligroso, la evaporación puede usarse para aislar el material peligroso en una de las dos fases, simplificando el tratamiento subsiguiente. Si el material peligroso está en la fase volatilizada, el proceso se denomina comúnmente como "remoción" (Ver remoción con aire).

La evaporación puede aplicarse a cualquier mezcla de líquidos y sólidos no volátiles, dado que el líquido es suficientemente volátil para evaporarse bajo

condiciones razonables de calentamiento o de vacío (tanto el líquido y el sólido pueden ser poco estables a estas condiciones). Si el líquido es agua, la evaporación puede efectuarse en un recipiente grande provisto de la energía solar. La evaporación de residuos acuosos puede también llevarse a cabo en un proceso utilizando recipientes cerrados con energía proporcionada por el vapor y el vapor de agua resultante puede ser condensado para un posible reuso. Los requerimientos de energía son comúnmente minimizados por técnicas tales como recompresión del vapor o evaporadores de efecto múltiple. La evaporación se aplica al solvente residual contaminado con impurezas no volátiles tal como aceite, grasa, sólidos de pintura o resinas poliméricas. Puede usarse la agitación y enjuague mecánico en un evaporador de película delgada. El solvente se evapora y es recuperado para su reutilización. El residuo queda en el fondo, conteniendo comúnmente del 30 al 50% de sólidos. En la Figura 5.4 se presentan dos casos de evaporación, uno (A) de efecto sencillo y otro (B) de multiefectos.



A
Típico evaporador de efecto sencillo-caída tipo película



B
Típico evaporador multiefectos (triple)-caída tipo película

Figura V.4
Evaporadores

V.5.8 Remoción con aire

La remoción con aire es un proceso de transferencia de masa en el cual el contaminante volátil presente en el agua o suelo, se evapora en el aire. Los factores importantes en la remoción de orgánicos de aguas residuales por medio de la remoción con aire son: la temperatura, la presión, la relación agua/aire y el área de la superficie disponible para la transferencia de masa. La tasa volumétrica aire/agua pueden oscilar desde 10:1 hasta 300:1. Los residuos resultantes son el gas contaminado y el efluente volatizado. Los materiales peligrosos volatizados pueden ser recuperados por un tratamiento subsecuente para reducir lo concerniente a la contaminación del aire.

Este proceso se usa para tratar residuos orgánicos acuosos con volatilidad relativamente alta, solubilidad baja en agua (p. ej. hidrocarburos clorados tales como tetracloroetileno) y aromáticos (tales como tolueno). Sus limitaciones incluyen el hecho de que el proceso es dependiente de la temperatura por lo que la eficiencia de remoción puede ser impactada por cambios en la temperatura ambiente y la presencia de sólidos suspendidos reduce la eficiencia. Si la concentración de compuestos orgánicos volátiles (COV's) excede aproximadamente 100 ppm, algún otro proceso de separación puede utilizarse (p. ej. remoción con vapor).

V.5.9 Remoción con vapor

La operación de remoción con vapor, utiliza vapor de agua para evaporar orgánicos volátiles desde residuos acuosos. La remoción con vapor es esencialmente un proceso de destilación continua fraccionada, efectuada en una columna empacada o de platos. El vapor limpio, generado en la ebullición de los fondos, provee directamente el calor en la columna en donde el gas fluye desde el fondo a la cima de la torre. Los residuales resultantes son vapor condensado contaminado, solvente recuperado y efluente removido. Los vapores orgánicos y los refinados se envían a un condensador para la preparación de un tratamiento

adicional de purificación. Los fondos requieren algún tratamiento adicional, que pueden incluir la incineración, adsorción con carbón y la disposición final, esto depende directamente de la caracterización de los mismos.

La remoción con vapor se usa para tratar residuos acuosos contaminados con hidrocarburos clorados, aromáticos tal como xileno, cetonas tales como la acetona o metil-etil-cetona, alcoholes tales como el metanol y aromáticos clorados con alto punto ebullición tal como pentaclorofenol. La remoción con vapor trata residuos menos volátiles y más solubles que en la remoción por aire y puede manejar una amplia gama de concentración (p. ej. desde menos de 100 ppm hasta el 10 por ciento de orgánicos contenidos en el residuo). El proceso de remoción con vapor requiere de algún tipo de mecanismo de control de contaminación del aire para reducir las emisiones tóxicas generadas en el mismo. En la Figura 5.5, se muestra el esquema de una columna de remoción con vapor.

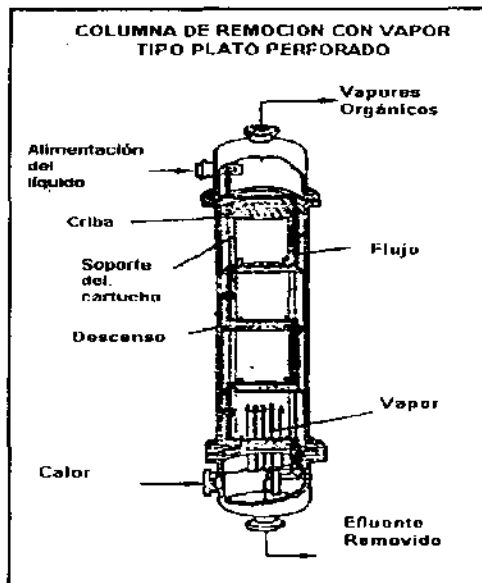


Figura V.5
Columna de remoción con vapor
Tipo plato perforado

V.5.10 Destilación

La destilación es un proceso simple de evaporación seguido por la condensación, por medio de la cual la separación de materiales volátiles puede mejorarse controlando la temperatura de la etapa de evaporación (y presión) y la temperatura del condensador. La destilación separa líquidos orgánicos miscibles, del solvente de interés y reduce el volumen del residuo. Los residuales resultantes quedan en el fondo (frecuentemente contienen metales tóxicos tales como los pigmentos de pintura y tinta) y reduce la destilación intermedia. Dos tipos importantes del proceso de destilación son: por lote y de fracción continua.

La destilación se usa para separar residuos orgánicos líquidos, primeramente los solventes gastados, para su recuperación total o parcial y reuso. Los solventes halogenados y no halogenados pueden recuperarse por medio de la destilación. Los líquidos para ser separados deben tener volatilidades diferentes. La destilación para la recuperación puede ser limitada por la presencia de otro volátil o sólidos suspendidos térmicamente reactivos. Si los constituyentes en la corriente inicial del residuo forman un azeótropo (una mezcla específica de líquidos que exponen un punto máximo o mínimo de ebullición que los componentes individuales) entonces el costo de energía por romper el azeótropo puede ser prohibitiva.

La destilación por lote se lleva a cabo en un recipiente con calentamiento fijo, condensando los vapores en la parte superior permitiendo su control y flexibilidad, sin embargo, no obtiene alta pureza de producto, típica en la destilación de fracción continua. Las pequeñas columnas empacadas que tratan un tambor por día o menos llegan a ser populares en los sitios donde se recuperan solventes. La destilación continua fraccionada se completa con columnas empacadas con un rango superior a 40 pies en el diámetro y 200 pies de alto. Cada uno es equipado con un evaporador, un condensador y un acumulador. La capacidad de una unidad es función del residuo procesado, los requerimientos de pureza, el calor y la relación de reflujo. La destilación fraccionada no es aplicable para: líquidos con

alta viscosidad a temperaturas altas, líquidos con alta concentración de sólidos, poliuretanos e inorgánicos. Ver Figuras V.6 (A y B).

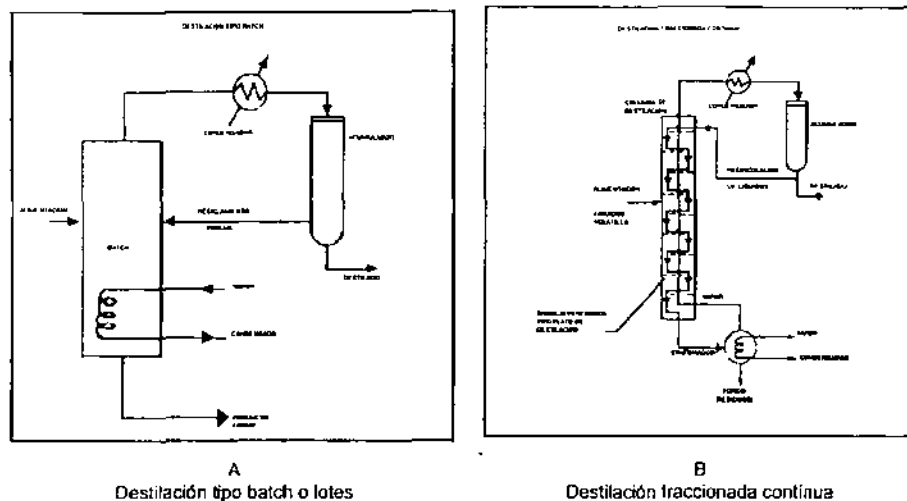


Figura V.6
Destilación

V.5.11 Limpieza de Suelo/Lavado de Suelo

La limpieza de suelo es una extracción en sitio de compuestos inorgánicos u orgánicos de los suelos y se realiza pasando solventes extractantes a través del suelo utilizando un proceso de inyección y circulación. Estos solventes pueden incluir: agua, mezcla de surfactantes en agua, ácidos o bases (para inorgánicos), agentes quelantes, agentes oxidantes o reductores. El lavado de suelo consiste en tratamientos similares, pero el suelo es extraído y tratado en superficie en una lavadora de suelo.

Los fluidos de limpieza y lavado de suelo deben tener buenos coeficientes de extracción, baja toxicidad y volatilidad, ser seguro, de fácil de manejo y ser recuperable/reciclable (más importante). Esta tecnología puede llegar a ser muy útil para la extracción de metales pesados en suelos, a pesar de posibles problemas como suelos secos o ricos en orgánicos. Los surfactantes se pueden

usar para extraer organismos hidrófobos. Las características del suelo tales como el tipo y la uniformidad son importantes. Ciertos surfactantes, cuando se probaron en la extracción en sitio, atascaron los poros del suelo e imposibilitaron la limpieza.

La USEPA Edison, New Jersey cuenta con lavadoras móviles de suelo, mientras otros sistemas están en desarrollo.

V.5.12 Quelación

Una molécula quelada contiene los átomos que pueden formar ligaduras con iones de metal. Si el número de tales átomos en la molécula es suficiente y si la forma molecular final es tal que el átomo de metal se rodea esencialmente, entonces el metal no será capaz de formar sales iónicas que puedan precipitarse afuera. Así, la quelación se usa para seguir los metales en la solución y ayuda en la disolución para la remoción y posteriormente su eliminación (p. ej. el lavado de suelo).

Los químicos quelantes pueden elegirse por su afinidad a metales particulares (p. ej. EDTA y la cal) y son comercialmente disponibles. La presencia de grasas e hidrocarburos pueden interferir en el proceso.

V.5.13 Extracción Líquido/Líquido

Dos líquidos que están mezclados o son mutuamente solubles pueden ser separados por una extracción líquido-líquido. El proceso requiere de que un tercer líquido se agregue a la mezcla original. Este tercer líquido debe ser un solvente para uno de los componentes originales, pero debe ser insoluble e inmiscible con el otro. La corriente final solvente/soluto puede ser posteriormente separada por destilación o por medios químicos y el solvente extractor capturado puede ser utilizado de nueva cuenta.

La separación completa se logra rara vez, para que de alguna otra forma de tratamiento se requiera por cada corriente separada. Para la recuperación efectiva

del solvente y soluto a partir del proceso, será necesario buscar otro tratamiento, tal como la destilación o algún otro medio de remoción.

V.5.14 Extracción Supercrítica

En una cierta combinación de temperatura y presión, los fluidos alcanzan su punto crítico, más allá de las propiedades de los solventes, se mejora mucho. Por ejemplo, el agua supercrítica es un excelente solvente no polar en el cual la mayoría de los orgánicos son fácilmente soluble. Estas propiedades hacen una extracción más rápida y eficiente que los procesos que usan destilación o métodos convencionales para la extracción solvente. Actualmente, el uso de dióxido de carbono supercrítico extrae orgánicos peligrosos de residuos acuosos, mismo que está siendo investigado.

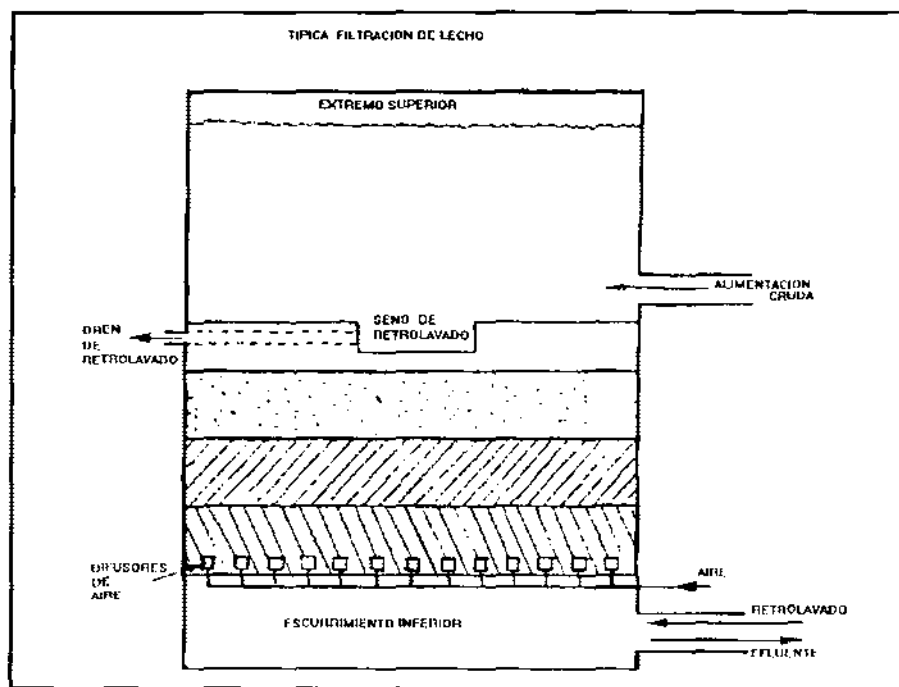
Esta tecnología es potencialmente útil para extraer residuos peligrosos de medios acuosos. Las limitaciones y la pertinencia específica no son conocidas aún.

V.5.15 Filtración

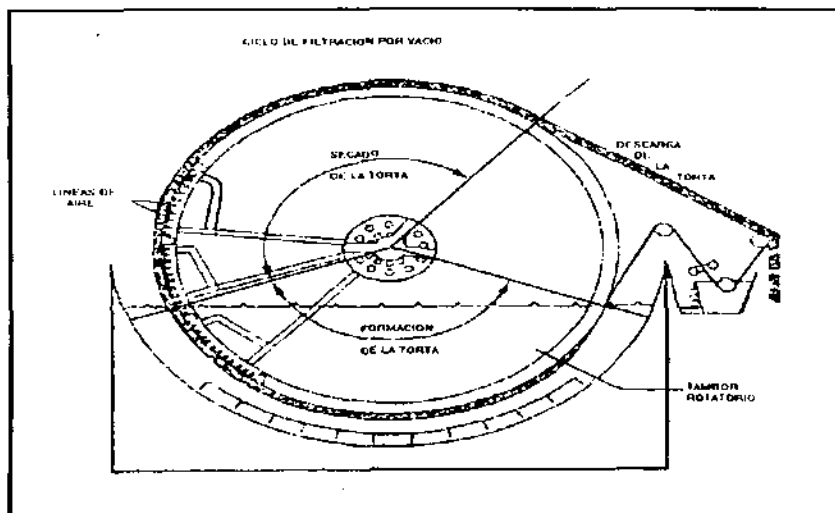
La filtración es un proceso de separación y de remoción de sólidos suspendidos de un líquido mediante un medio poroso. El medio poroso puede ser una tela fibrosa (papel o tela), una pantalla o un lecho de material granulado. El medio filtrante puede ser precubierto con un auxiliar de filtración tal como granos de celulosa o tierra diatomácea. El flujo del fluido a través del medio filtrante puede ser realizado por gravedad, por inducción de un vacío parcial sobre un lado del medio, o ejerciendo presión mecánica sobre la torta húmeda adjunta al medio filtrante.

La filtración es usada para lodos muy húmedos, como un pretratamiento para otros procesos. La filtración de medio granular se usa comúnmente después de procesos de separación por gravedad como una remoción adicional de sólidos suspendidos y aceites, previo a los otros procesos de tratamiento. También es usada como un paso limpiador para residuos tratados, para reducir sólidos

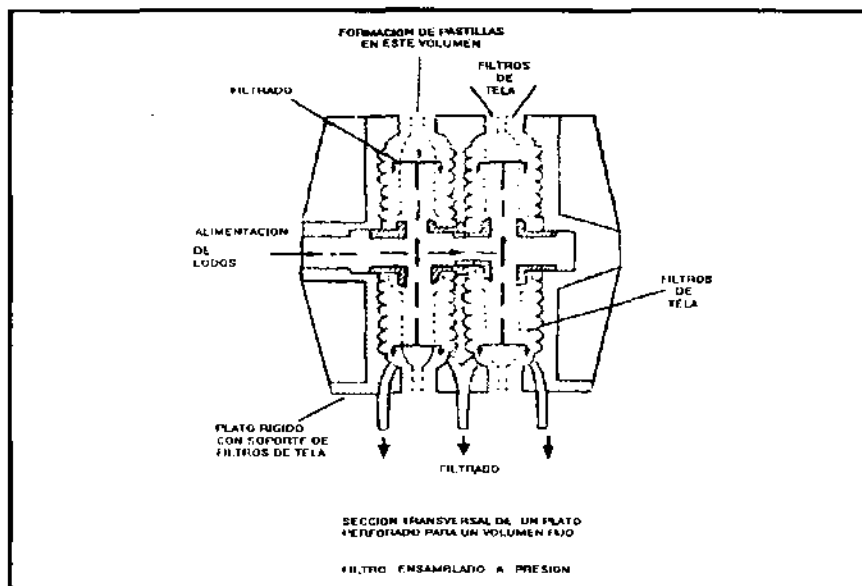
suspendidos y contaminantes asociados a niveles bajos. El pretratamiento por filtración es apropiado para procesos de separación con membrana, intercambio iónico y adsorción con carbón a fin de prevenir obturaciones o sobrecargas de estos procesos. La filtración de residuos radicados es frecuentemente requerida para eliminar metales pesados insolubles que están presentes como sólidos suspendidos. La filtración no reduce la toxicidad del residuo, aunque a veces un carbón activado fuerte puede usarse como una combinación de adsorbente y filtro auxiliar. La destilación no debe usarse con lodos viscosos o gelatinosos, debido a la probabilidad de obturación del medio filtrante. Dentro de la Figura 5.7, se muestran tres ejemplos de filtración, A: filtración de lecho; B: filtración por vacío y C: sección transversal de un plato perforado.



A
Típica filtración de lecho



B
Ciclo de filtración por vacío



C
Sección transversal de un plato perforado para un volumen fijo
Filtro ensamblado a presión

Figura V.7
Filtración

V.5.16 Adsorción con Carbón Activado

La química del carbón es tal que la mayoría de los compuestos orgánicos y muchos inorgánicos fácilmente se adjuntan por sí mismos a los átomos de carbón. La fortaleza de sus enlaces (y así, la energía requerida para la subsecuente desorción) depende del enlace formado, que a la vez, depende del compuesto específico que está siendo adsorbido. El carbón para ser usado en la adsorción es comúnmente tratado para producir un producto con una tasa grande superficie/volumen, así, exponiendo un número máximo práctico de átomos de carbón para ser un adsorbente activo. Un carbón muy tratado se dice que es "activado" para la adsorción. El carbón activado que ha adsorbido más contaminantes que su capacidad de adsorción se reduce severamente y se dice que está "gastado." El carbón gastado puede regenerarse, pero cuando ha adsorbido fuertemente contaminantes, el costo de tal regeneración puede ser más alto que un simple reemplazo con nuevo carbón.

Este proceso es usado para tratar residuos orgánicos en fase acuosa con alto peso molecular y alto punto de ebullición, baja solubilidad y baja polaridad, hidrocarburos clorados tal como el tetracloroetileno y aromáticos como el fenol. Se utiliza también para capturar orgánicos volátiles en mezclas gaseosas. Las limitaciones son comúnmente económicas y relacionadas con la rapidez con que el carbón llega a gastarse. Las reglas directivas básicas son que las concentraciones de contaminantes deben ser menores de 10,000 ppm, menos de 50 ppm para sólidos suspendidos, sólidos disueltos y 10 ppm para aceites y grasas. Por lo que es necesario considerar los datos señalados en el Cuadro 5.5.

Tabla V.5
Datos Necesarios e Importantes para el proceso de Adsorción con carbón

DATOS	PROPOSITO
Caracterización química de la corriente de residuos	Disponibilidad de tratamiento de carbón
Peso molecular	Disponibilidad de tratamiento de carbón
Solubilidad	Disponibilidad de tratamiento de carbón
Polaridad de los contaminantes para ser removidos	Disponibilidad de tratamiento de carbón
PH de la corriente de residuos	Disponibilidad de tratamiento de carbón

V.5.17 Ósmosis Inversa

En procesos osmóticos normales, el solvente fluirá a través de una membrana semipermeable desde una concentración diluida a una solución más concentrada hasta el que equilibrio se alcance. La aplicación de una presión alta del lado de mayor concentración ocasiona que este proceso sea a la inversa. Esto resulta en el flujo desde la solución concentrada, dejando una concentración aún más alta de soluto. La membrana semipermeable puede ser plana o tubular, no obstante de su forma, actúa como un filtro debido a que la presión manipula su fuerza. En la aplicación, el flujo de la corriente residual pasa por la membrana mientras el solvente, tal como el agua, es detenido por los poros de la membrana y los solutos remanentes, tales como componentes orgánicos e inorgánicos no pasan a través de ella, pero llegan a ser más aumentando la concentración del lado influente de la membrana.

Para un eficiente proceso de ósmosis inversa, las propiedades químicas y físicas de la membrana semipermeable debe ser compatible con las características químicas y físicas de la corriente del residuo. Algunas membranas pueden ser disueltas por algunos residuos. Los sólidos suspendidos y algunos orgánicos atascarán el material de membrana. La baja solubilidad de sales pueden precipitarse en la superficie de la membrana.

V.5.18 Intercambio Iónico

Aunque naturalmente existen medios de intercambio iónico, el proceso comúnmente se basa en el uso de resinas específicamente formuladas que tienen un ion "intercambiable" enlazado a la resina con un enlace "iónico débil". El intercambio del ion depende de la potencialidad electroquímica del ion que se va a recuperar contra la del ion intercambiable y también de la concentración de los iones en la solución. Después de que la concentración, relativamente crítica del ion "recuperable" al ion intercambiable en la solución se excede, se dice que la resina está "gastada". La resina gastada es recargada por su exposición en una

solución muy concentrada del ion intercambiable original para que se dé un intercambio inverso, dando como resultado una resina regenerada y una solución concentrada del ion removido que puede entonces ser procesado para su recuperación y posible reutilización. El proceso se usa comúnmente para quitar los iones de metales tóxicos de una solución a fin de recuperan soluciones concentradas con metal para su reciclamiento. Los residuales resultantes, incluyen resinas gastadas y regenerantes gastados, tales como un ácido, un cáustico o salmuera.

Esta tecnología se usa para tratar residuos metálicos que incluye cationes (p. ej. Ni^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+}) y aniones (p. ej. CrO_4^{2-} , SeO_4^{2-} , HAsO_4^{2-}). Las limitaciones son la selectividad/competencia, pH y los sólidos suspendidos presentes. Las corrientes de residuos altamente concentrados (mayor a 25,000 mg/l de los contaminantes) pueden generalmente ser separados con mayor efectividad por otros medios más costosos. La alta concentración de sólidos suspendidos (mayor a 50 mg/l) debe evitarse para impedir que la resina pueda cegarse. Por todo lo anterior se ejemplifica este tipo de proceso en la Figura V.8

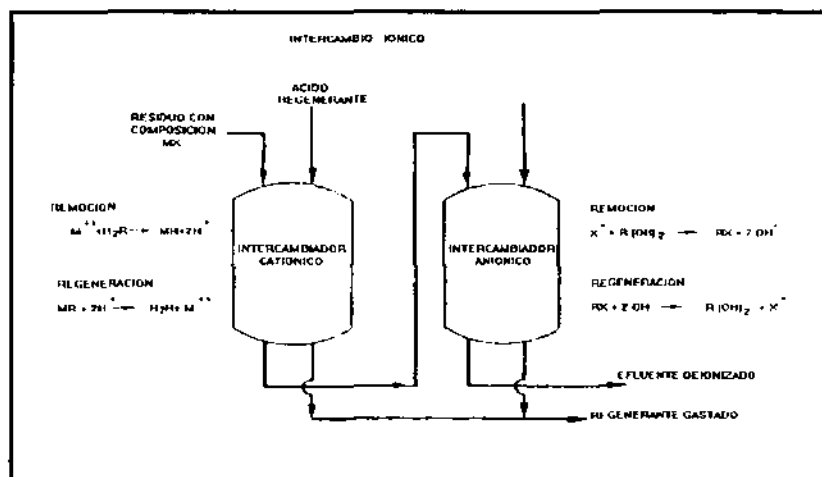


Tabla V.8
Intercambio iónico

V.5.19 Electrodialisis

La electrodialisis concentra o separa especies iónicas contenidas en una solución de agua. En la electrodialisis, una solución de agua se pasa a través de una membrana permeable alternadamente catiónica y aniónica. Un potencial eléctrico se aplica a través de la membrana para proveer la fuerza móvil y provocar la migración del ion de interés. Las membranas de iones selectivos son las hojas delgadas de una resina de ion intercambiable reforzadas por una fibra sintética.

El proceso es establecido para purificar agua salobre y recientemente se ha demostrado su uso en la recuperación de sales de metal desde enjuagues de plata.

Las unidades están siendo comercializadas para la recuperación de metales de valor en las corrientes de enjuague. Tales unidades pueden ser montadas y requieren de una sola tubería y conexiones eléctricas.

V.6 TRATAMIENTO QUÍMICO

Los procesos de tratamiento discutidos en esta sección incluyen la mayoría de los que generalmente se utilizan para el tratamiento de residuos. Estos incluyen

- Ajuste de pH (por Neutralización o Precipitación)
- Hidrólisis y Fotólisis
- Oxidación y Reducción
- Oxidación con Peróxido de Hidrógeno
- Ozonación
- Cloración Alcalino
- Cloración con hipoclorito
- Oxidación Electrolytica
- Dechloración Química

Deberán considerarse los puntos referidos en el Tabla V.6.

Tabla V.6
Datos Requeridos e Importantes para el Tratamiento Químico*

Datos requeridos	Propósito
PH	Ajuste de pH necesario, corrosividad
Turbidez/Opacidad	Fotólisis
Análisis de los constituyentes	Tratamiento requerido)
Contenido de Halógeno	Dehalogenación

*Generalmente, los datos requeridos para evaluar y comparar las tecnologías de tratamiento químico incluyen los datos necesarios identificados para las tecnologías de tratamiento físico.

V.6.1 Neutralización

Cuando una sal iónica se disuelve en el agua, varias moléculas del agua fuerzan la entrada en sus constituyentes iónicos de H^+ y OH^- . La neutralización es el proceso de cambiar los constituyentes en una solución iónica hasta que el número de iones de hidrógeno (H^+) presentes, sea equilibrado con el número de iones hidroxilo (OH^-). La falta de balance se mide desde el punto de vista de la concentración del ion de hidrógeno (H^+), es decir por el pH de la solución. La neutralidad se da sobre la escala de pH como 7, mientras un exceso de iones H^+ (acidez) es un número entre 0 y 7 y un exceso de iones hidroxilo (OH^-) (alcalinidad) indicado por un número entre 7 y 14. La neutralización se usa para tratar los residuos ácidos y residuos alcalinos (básicos) a fin de eliminar o reducir su reactividad y corrosividad. La neutralización puede ser un tratamiento muy barato, especialmente si los residuos alcalinos pueden utilizarse para tratar el residuo ácido y viceversa. Los residuos incluyen un efluente neutro conteniendo sales disueltas.

El proceso debería desempeñarse en un sistema mixto por aseguramiento. El cuidado debe tomarse para asegurar la compatibilidad del residuo y el tratamiento químico, para impedir la formación de compuestos más tóxicos o más peligrosos que lo que originalmente eran.

V.6.2 Precipitación Química

Al igual que la neutralización, la precipitación química es un proceso de ajuste del pH. Para lograr la precipitación, el ácido o la base se agrega a una solución para

ajustar el pH al punto donde los constituyentes a ser eliminados deben tener baja solubilidad. La precipitación química facilita la remoción de metales disueltos desde residuos acuosos. Los metales pueden eliminarse desde la solución como hidróxidos, sulfatos, carbonatos u otras sales insolubles. La precipitación de hidróxidos es muy común, sin embargo, el sulfato de sodio se usa a veces para lograr menores concentraciones del metal en el efluente. La separación sólida es efectuada por las técnicas de floculación. El residuo resultante son lodos de metal y el efluente tratado que tiene un pH básico y (en el caso de precipitación de sulfatos) demasiados sulfatos.

Esta tecnología es usada para tratar residuos acuosos que contienen metales. Las limitaciones incluyen el hecho de que no todos los metales tienen un punto de pH óptimo común a la que ellos puedan precipitarse. Los quelantes y los agentes complejos pueden interferir en el proceso. Los orgánicos no se remueven excepto mediante un medio adsorbente. El lodo resultante puede ser peligroso.

V.6.3 Hidrólisis Química

La hidrólisis es el proceso de rompimiento de enlace en una molécula (la cual no es ordinariamente soluble en agua), de modo que resulte una solución iónica en agua. La hidrólisis puede ser lograda por la adición de químicos (p. ej. hidrólisis ácida), por la irradiación (p. ej. fotólisis) o biológicamente (p. ej. rompimiento de enlace enzimático). La molécula dividida puede entonces ser tratada por otros medios para reducir su toxicidad.

La química de la hidrólisis es aplicable a una amplia gama de otros orgánicos refractarios. La hidrólisis ácida como un tratamiento en sitio debe realizarse cuidadosamente debido a la potencialidad para mover cualquier metal pesado presente.

V.6.4 Fotólisis Ultravioleta

La fotólisis ultravioleta (UV) es un proceso que destruye o desintoxica químicos peligrosos en soluciones acuosas utilizando la irradiación UV. La adsorción de energía en el espectro UV resulta en una elevación de moléculas al estado más alto de energía, aumentando la facilidad de rompimiento de enlace y la oxidación subsiguiente de la molécula. Por ejemplo, la luz ultravioleta se ha usado para la degradación de dioxinas en lodos residuales. Este proceso requiere la extracción del residuo a ser destruido en un solvente limpio transparente. Los productos de la reacción son materiales de clorados y gas libre de cloro. El uso de la fotólisis UV sobre residuos nitrados se ha demostrado exitosamente a escala piloto.

El inhabilidad de la luz UV para penetrar y destruir contaminantes en soluciones turbias u opacas es una limitante. El tratamiento fotolítico puede ser mejorado por la introducción simultánea de peróxido de hidrógeno u ozono.

V.6.5 Oxidación y Reducción Química

La oxidación y la reducción pueden tener lugar en cualquier reacción. En alguna reacción de oxidación el estado de oxidación de un compuesto aumenta (es decir, es oxidado), mientras el estado de oxidación de otro compuesto disminuye (se reduce). Las reacciones de reducción y oxidación se utilizan para cambiar la forma química de un material peligroso a fin de hacerlo menos tóxico o para cambiar su solubilidad, estabilidad, separabilidad o cualquier otra forma de manejo o disposición. En la reacción, el compuesto que abastece el oxígeno (o cloro o el otro ion negativo) se denomina agente oxidante mientras que el compuesto que acepta el oxígeno (que abastece el ion positivo) se llama el agente reductor. La reacción puede ser mejorada por catálisis, electrólisis o irradiación.

El proceso es llamado reducción química cuando su propósito es para reducir el estado de oxidación de un compuesto. Los agentes reductores típicos incluyen: hierro, aluminio, zinc y los compuestos del sodio.

Para que el proceso de reducción ocurra eficientemente, el pH del residuo podría ser ajustado a un nivel apropiado. Después de esta etapa es completada, el agente reductor se agrega y la solución resultante se mezcla hasta que la reacción se completa. Este tratamiento puede aplicarse a químicos tales como cromo hexavalente, mercurio y plomo. Es probable que otros procesos de tratamiento puedan usarse conjuntamente con la reducción química.

El proceso es no específico. Los sólidos deben estar en la solución. Las reacciones pueden ser explosivas. La composición del residuo debe ser conocida para impedir la producción de uno más tóxico o un producto más peligroso.

V.6.6 Oxidación por Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2)

Esta tecnología de tratamiento esta basada en la adición de peróxido de hidrógeno para oxidar compuestos orgánicos. El peróxido de hidrógeno no es un óxido de hidrógeno estable y fácilmente abandona su oxígeno extra, es un óptimo agente oxidante.

El proceso es una reacción no específica. Puede ser exotérmica/explosiva o requerir la adición de calor y/o catalizadores. La oxidación por peróxido de hidrógeno es probablemente no aplicable para un tratamiento in situ. Sin embargo, puede usarse para el tratamiento de superficies contaminadas de aguas residuales o lodos.

V.6.7 Ozonación

El ozono es una molécula de oxígeno que contiene tres átomos de oxígeno. Es relativamente inestable y por lo tanto, es químicamente ideal como un agente oxidante. La ozonación es un proceso químico de oxidación apropiado para corrientes acuosas que contiene menos del 1 por ciento de compuestos oxidables.

El ozono puede usarse como un pretratamiento de residuos para disminuir orgánicos refractarios o ser el siguiente paso después del tratamiento biológico u otro proceso de tratamiento para oxidar orgánicos no tratados. El ozono es

comúnmente producido por una ionización de alto voltaje del oxígeno atmosférico (O_2). El ozono es principalmente usado para el tratamiento de residuos peligrosos que contienen cianuros y compuestos fenólicos. La oxidación rápida de cianuros con el ozono ofrece ventajas sobre los métodos de cloración alcalina. Dentro de las limitaciones esta la forma física del residuo (p. ej. los lodos y los sólidos no son tratados fácilmente) y la competición no selectiva con otras especies.

V.6.8 Cloración Alcalina

Cuando el cloro se agrega a las aguas residuales, bajo condiciones alcalinas, las reacciones que ocurren conducen a la oxidación (cloración) del contaminante. Este proceso de oxidación, que se usa ampliamente en el tratamiento de residuos de cianuro, se refiere generalmente como el proceso de cloración alcalina. Los cianuros pueden oxidarse con el cloro para ser cianatos menos tóxicos. El cloro adicional oxidará a los cianatos en gas no tóxico como el nitrógeno, dióxido de carbono y bicarbonatos.

La cloración alcalina se usa para tratar cianuros libres y compuestos de cianuros complejos con Fe o Ni que tomarán un tiempo más largo. Las limitaciones incluyen el calor exotérmico de la reacción, la competencia no selectiva con otras especies y la demanda de cloro adicional. El control del pH (7.5 a 9.0) se requiere para evitar desprendimiento de volátiles tóxicos.

V.6.9 Cloración con Hipoclorito

Este proceso consiste de agregar hipoclorito de sodio o calcio (agentes blanqueadores) para oxidar residuos orgánicos. Tal tecnología se reconocerá como el método común para desinfectar piscinas domésticas de natación.

Este método puede producir orgánicos clorados y debe realizarse bajo condiciones controladas (no in situ) por ejemplo reactores tipo batch. No es una reacción específica.

V.6.10 Oxidación Electrolítica

En este proceso los cátodos y los ánodos se hunden en un tanque que contiene residuos para ser oxidados y una corriente eléctrica se aplica de manera directa sobre el sistema. El proceso es particularmente aplicable a residuos que contienen cianuros. Los productos de reacción son el amoníaco, la urea y el dióxido de carbono. Durante la descomposición, los metales presentes cubren los cátodos.

La oxidación electrolítica se usa para tratar concentraciones altas (por encima del 10 por ciento) de cianuro y para separar metales con potencial de recuperación. Las limitaciones incluyen la forma física de la alimentación (los sólidos deben disolverse), la competición no selectiva con otras especies y largos tiempos de procesamiento. La recuperación electrolítica de especies sencillas de metal pueden ser altas (90 por ciento y mayores).

V.6.11 Dehidrocloración Catalítica

La dehidrocloración catalítica se basa en la reacción de los hidrocarburos policlorados con gas hidrógeno a presiones altas en la presencia de un catalizador. La alimentación puede ser en forma líquida o gaseosa con inorgánicos permitiendo la remoción de constituyentes inertes. Las temperaturas activas son de 350 a 375°C bajo presiones de 30 a 50 atm. La cantidad de catalizador es generalmente menor de 1 por ciento del peso de contaminante.

En general, es apoyado con catalizadores que son rápidamente desactivados por impurezas tales como las breas o compuestos sulfurados. Estos procesos son costosos y frecuentemente se requiere el uso de químicos peligrosos como catalizadores.

V.6.12 Declaración alcalina de metales

El propósito del proceso de declaración química es para desplazar cloruros de compuestos orgánicos clorados contenidos en residuos aceitosos y líquidos. Típicamente, el residuo es filtrado antes de entrar en el sistema de reacción donde

se encuentra el agente decolorante. La alta afinidad de los metales alcalinos hacia el cloro (o cualquier haluro) es la base química del proceso. Tratamientos sucesivos incluyen filtración y centrifugación adicional. Los subproductos incluyen sales cloradas, polímeros y metales a veces pesados. Este proceso puede efectuarse en un sistema de reacción (como mencionó arriba), in situ o por técnicas de excavación. Distintos procesos químicos de la cloración son basados en un método desarrollado en 1980 por la Compañía Goodyear, productora de goma y llantas. El método original usaba naftaleno de sodio y tetrahidrofurano para remover los átomos de cloro de los BPC's (bifenilos policlorados), en la polimerización de bifeniles en una corriente inerte y condensable. El reactor es llenado con nitrógeno debido a que los reactivos son sensibles al aire y al agua y un exceso del reactivo se requiere para el contenido de cloruros. La compañía Goodyear no ha desarrollado comercialmente la tecnología. Sin embargo otra compañías han modificado el método sustituyendo el reactivo por el naftaleno. El equipo es móvil y puede ser transportado por semi-trailers.

Tales procesos se usan para tratar BPC's, otros hidrocarburos clorados, ácidos, tioles y dióxinas. El contenido de humedad adversamente afecta las razones de reacción y la eliminación del agua debe ser un pretratamiento. La concentración residuos también es importante.

V.6.12 Alkali metal/Polietilenglicol (A/PEG)

En 1978, la EPA patrocinó la investigación que condujo al desarrollo de la primera de las series de reactivos A/PEG, los cuales se mostraron efectivamente en el decolorado de los BPC's y aceites. Esencialmente, estos reactivos eran metales alcalinos/polietilenglicol que reaccionan rápidamente con los compuestos halo-orgánicos de todos los tipos, bajo condiciones ambientales y altas temperaturas. En los reactivos A/PEG, el ion del metal de álcali tiene lugar en la solución por el anion grande de polietilen glicol. Los BPC's y otras moléculas halogenadas son singularmente solubles en los reactivos A/PEG. Estas cualidades se combinan para conseguir un sistema de fase sencilla en que los aniones fácilmente

desplazan los átomos de halógeno. La reacción de aromáticos halogenados con PEGs resulta en la sustitución del PEG para el átomo de cloro para formar otro PEG. El otro PEG, en turno, puede entonces descomponerse en fenol.

En este tratamiento, se requiere de calor y reactivo en exceso para que el proceso funcione efectivamente en suelos que contienen más de siete por ciento humedad.

V.7 PROCESOS BIOLÓGICOS

La degradación biológica de sustancias orgánicas peligrosas es un enfoque viable para la administración de residuos. Los procesos comúnmente más utilizados son esos que originalmente se emplearon en el tratamiento de aguas residuales municipales, específicamente los procesos a base de las bacterias aeróbicas o bacterias anaeróbicas. El tratamiento in situ de suelos contaminados puede también realizarse biológicamente. Los cultivos usados en procesos de degradación biológica pueden ser microbios naturales o microbios selectivamente adaptados o microorganismos alterados genéticamente. Debe considerarse la información mostrada en el Tabla V.7.

Algunos procesos con base en otros cultivos biológicos (tales como los hongos) están bajo desarrollo y evaluación, pero no se han demostrado totalmente.

Tabla V.7
Datos importantes y necesarios para el Tratamiento Biológico

Datos necesarios	Propósito
Componente Orgánico Bruto (BOD, TOC)	Tratabilidad
Análisis del Contaminante de Prioridad	Toxicidad de los microbios a procesar
Oxígeno Disuelto	Velocidad de reacción aeróbica/interferencia con sistema anaerobia
Análisis de nutrientes (NH ₃ , NO ₃ , PO ₄ , etc.)	Requerimientos de nutrientes
PH	Ajuste de pH

V.7.1 Tratamiento Biológico Aeróbico

Los hidrocarburos son catabolizados (reducidos a sustancias más simples) por microorganismos que usan tres mecanismos generales. Esta es la respiración

aeróbica, respiración anaerobia y la fermentación. En general, los procesos aeróbicos de degradación se utilizan frecuentemente para la biodegradación debido a que el proceso de degradación es más rápido y más completo y la problemática de productos finales (metano, ácido sulfhídrico) no son producidos. Sin embargo, la degradación anaerobia es la más importante para la deshalogenación.

En la respiración aeróbica, las moléculas orgánicas son oxidadas a dióxido de carbono (CO_2) y agua y los otros productos finales usan el oxígeno molecular como el electrón terminal receptor. El oxígeno puede también incorporarse a productos intermedios de catabolismo microbiano a través de la acción de enzimas oxidadas, haciéndolos más susceptibles para fomentar la biodegradación. Los microorganismos metabolizan hidrocarburos por respiración anaerobia en ausencia del oxígeno molecular que usa substratos inorgánicos como electrones terminales receptores. Naturalmente ocurre que las bacterias aeróbicas pueden descomponer materiales orgánicos de origen natural o sintético a formas más inofensivas o estables o ambas por la mineralización de ellos a CO_2 y agua. Algunos de los compuestos antropogénicos pueden ser relativamente refractarios para la biodegradación que naturalmente ocurre de poblaciones microbianas a causa de las interacciones de influencias ambientales, carencia de solubilidad, ausencia de enzimas requeridas, nutrientes u otros factores. Sin embargo, el uso apropiado de poblaciones microbianas selectas o diseñadas, mantenidas bajo condiciones ambientales más apropiadas a su actividad metabólica, puede ser uno de los medios importantes para la transformación o degradación biológica de residuos refractarios.

Todos los microorganismos requieren niveles adecuados de nutrientes inorgánicos y orgánicos, factores de crecimiento (vitaminas, magnesio, cobre, manganeso, azufre, potasio, etc.), agua, oxígeno, dióxido de carbono y suficiente espacio biológico para la supervivencia y crecimiento. Uno o más de estos factores son generalmente limitantes. En resumen, diversos competidores microbianos afectan

adversamente a cada uno de los otros mediante la lucha por estos factores limitantes. Otros factores que pueden influir en la velocidad de biodegradación microbiana incluye la inhibición por químicos en el residuo para ser tratado, el número y estado fisiológico de los organismos como una función de los nutrientes disponibles, el estado de desarrollo microbiano, depredadores, pH y temperatura. Las interacciones entre estos y otros factores potenciales pueden ocasionar variaciones comunes en la cinética de la degradación. Por estas razones, la degradación aeróbica es comúnmente llevada a cabo en procesos en los cuales todos o la mayoría de los requisitos de condiciones ambientales pueden ser controlados. Tales procesos incluyen los procesos convencionales de lodos activados así como las modificaciones como las secuencias de reactores por lotes o tipo batch y otros procesos tales como los contenedores biológico-rotatorios y filtros para escurrimientos.

Los desarrollos recientes con bacterias diseñadas genéticamente se han formado para ser más efectivo el tratamiento biológico de residuos peligrosos específicos que son relativamente uniformes en su composición.

Este tipo de tratamiento es usado para tratar residuos acuosos contaminados con niveles bajos de orgánicos no halogenados y/o ciertos orgánicos halogenados (DBO < 1000 mg/l). El tratamiento requiere consistencia y condiciones estables de operación.

V.7.2 Lodos Activados

La función del tratamiento de lodos activados es romper los contaminantes orgánicos en corrientes residuales acuosas por medio de la actividad de microorganismos aeróbicos. Estos microorganismos metabolizan los orgánicos biodegradables. Este tratamiento incluye procesos convencionales de lodos activados y las modificaciones tal como la secuencia de reactores tipo batch. El proceso de aereación incluye bombeo del residuo al tanque donde el tratamiento biológico ocurre. Después la corriente es enviada al clarificador donde el líquido

efluente (residuo acuoso tratado), es separado de la biomasa del lodo. Los procesos aeróbicos son capaces de reducir significativamente un amplio rango de orgánicos, tóxicos y peligrosos. Sin embargo sólo el residuo acuoso diluido (> 1%), es normalmente tratado.

El tratamiento requiere consistencia en las condiciones estables de operación. Los procesos de lodos activados no son convenientes para remover orgánicos altamente clorados, alifáticos, aminas y compuestos orgánicos de la corriente residual. Algunos metales pesados y químicos orgánicos son dañinos. Cuando se utiliza la aereación abierta en tanques y clarificadores, esta tecnología puede provocar la volatilización de materiales volátiles peligrosos.

V.7.3 Reactores Biológicos Rotatorios

Los reactores biológicos rotatorios aeróbicos tratan corrientes residuales acuosas, especialmente los que contienen alcoholes, fenoles, ftalatos, cianuros y amonios. El proceso consiste de tratamiento primario para eliminar los sólidos, seguido por los reactores biológicos rotatorios donde la corriente residual entra en contacto con las películas microbiana y la atmósfera. La velocidad de rotación puede variar para mejorar la oxigenación de las bacterias y su tiempo de contacto con los residuos puede ser degradados. El efluente es enviado a un clarificador secundario.

Los reactores biológicos rotatorios no es un método suficiente para eliminar orgánicos altamente clorados, alifáticos, aminas, y compuestos aromáticos. Algunos metales pesados y orgánicos químicos son dañinos para los organismos. Se debe tener consideración de los datos proporcionados en el Tabla V.8.

Tabla V.8

Datos importantes y necesarios para Proyectar Reactores Biológicos Rotatorios

Datos necesarios	Propósito
Componente Orgánico Gruesos (DBO, TOC)	Residuos resistentes, duración del tratamiento
Análisis del Contaminante de Prioridad (orgánicos, metales, pesticidas, cianuros, fenoles)	Disponibilidad para el tratamiento, impacto ambiental tóxico
Influencia de temperatura	Factibilidad en condiciones ambientales

V.7.4 Biorremediación

La biorremediación es utilizada para tratar áreas contaminadas mediante el uso de la degradación microbiana aeróbica. Puede ser realizada por un tratamiento in situ usando procesos de inyección/extracción o excavación. Los residuos o aguas extraídas y filtradas se oxigenan, los nutrientes y bacterias se agregan y los líquidos se inyectan en el suelo. La bacteria entonces puede degradar los residuos en el suelo. El tratamiento se ha aplicado exitosamente a orgánicos no-halogenados biodegradables para reducir los niveles de contaminación de suelos y lixiviados.

Para un tratamiento in situ, las limitaciones pueden incluir la geología y la hidrología del lugar el cual podría restringir el bombeo y la extracción de los residuos peligrosos, junto con la inyección y la recirculación. Las condiciones ideales del suelo son pH neutro, alta permeabilidad y un contenido de humedad de un 50 a 70%. Se deberá tomar en cuenta la información condensada en el Tabla V.9.

Tabla V.9
Datos importantes y necesarios para la Biorremediación

Datos necesarios	Propósito
Componente Orgánico Gruesos (DBO, TOC) Prioridad de análisis	Residuos resistentes, duración del tratamiento identificar los compuestos refractarios y biodegradables, Impacto ambiental tóxico
Enumeración de celdas microbiológicas	Determinar la existencia de una bacteria dominante
Temperatura	Factibilidad en condiciones ambientales
Oxígeno disuelto	Velocidad de reacción
PH	Bacteria preferente
Análisis de nutrientes, NH ₃ , NO ₃ , PO ₄ , etc.	Requerimiento de nutrientes

V.7.5 Digestión Anaerobia

Todos los procesos de tratamiento biológico anaerobio permiten la reducción de materia orgánica, en un ambiente libre de oxígeno, a metano y dióxido de carbono. Este es completado por el uso de cultivos de bacterias los cuales incluyen facultativos anaerobio forzados. Los sistemas bacteriológicos anaerobios incluyen bacterias hidrolíticas (sacarosas catabólicas, proteínas, lípidos); hidrógeno que

produce bacterias acetogénicas (catabolizan los productos de la bacteria hidrolítica, p. ej. ácidos grasos y productos neutros); bacterias homolácticas (catabolizan compuestos multicarbonos a ácido acético); y bacterias metanogénicas (metabolizan acéticos y altos ácidos grasos a metano y dióxido de carbono). Los anaerobios forzados requieren un ambiente totalmente libre de oxígeno y el potencial oxidación/reducción < -0.2 Volts. Los microorganismos en este grupo son comúnmente referidos a consorcios metanogénicos y son encontrados en sedimentos anaerobios y en digestores de lodos de aguas residuales. Estos organismos juegan un papel muy importante en la reacción de deshalogenación reductiva, degradación nitrosamina, reducción de epóxidos a olefinas, reducción de grupos nitro y fisión de estructuras aromáticas. La disponibilidad del concepto de tratamiento anaerobio está basado en investigaciones tales como los sistemas clásicos de mezclado y sistemas de segundo estado y lecho fijo. En los sistemas de digestión mixta se utiliza un recipiente sencillo para contener los residuos que comienzan a ser tratados y todas las bacterias están en función del ambiente común. Estos sistemas típicamente requieren de tiempos largos de retención y el balance entre poblaciones de acetogénicos y metanogénicos es fácilmente alterado. En la segunda etapa dos recipientes son empleados para mantener separaciones ambientales, uno mejorado para la bacteria acetogénica (pH 5) y otra para bacterias metanogénicas (pH 7). Los tiempos de retención son significativamente bajos y las alteraciones no son comunes. El lecho fijo permite (para sistemas de una fase o dos), utilizar un medio sólido inerte para lo cual las bacterias se atacan entre sí y los residuos sólidos son bombeados a través de columnas, que son ricas en bacterias. El uso de un cultivo semejante como apoyo, permite reducir los tiempos de retención de pérdida de bacterias a través de problemas minimizados. Las eficiencias de degradación orgánica pueden ser bastante altas. Un número de procesos de ingeniería basados en este tipo de sistemas están comenzando a activarse en el mercado, cada uno con diferentes características, pero todos emplean la conversión fundamental anaerobia a metano y dióxido de carbono.

Este proceso es utilizado para tratar residuos acuosos con niveles bajos y moderados de orgánicos. La digestión anaerobia en comparación con el tratamiento aeróbico puede mejorar el manejo de ciertos orgánicos halogenados. Condiciones de operación estables y consistentes deben ser mantenidas. La degradación anaerobia puede tomar suelos naturales sucios, pero cuando es usado como proceso de tratamiento controlado, es requerido un reactor seguro para el ajuste de aire. Los gases metano y dióxido de carbono son formados, siendo común el venteo o un flare para la quema de los gases. Sin embargo, los materiales volátiles peligrosos podrían escapar fácilmente por el venteo del gas o del sistema flare. Por lo tanto, se requiere de un control en la quema del gas. Alternativamente, dependiendo de la naturaleza del residuo a ser tratado, el cierre del flujo del gas puede usarse como una fuente de energía.

V.7.6 Descomposición del hongo blanco

La degradación delicada del hongo blanco (*phanerochaete chrysosporium*) se ha utilizado para degradar un amplio espectro de contaminantes orgánicos incluyendo los clorados ligeros derivados de productos de los procesos de papel Kraft. La putrefacción ha demostrado degradar alifáticos, aromáticos y compuestos heterocíclicos. Específicamente, han mostrado de degradar lindano, benzo(a)pireno, DDT, TCDD y BPC's a productos inocuos. Los estudios realizados sugieren que este proceso pueda ser probado en un microorganismo sumamente útil en el tratamiento biológico de residuos orgánicos peligrosos. Esta tecnología está en la fase de desarrollo y se ha aplicado únicamente en el laboratorio.

V.8 PROCESOS DE DESTRUCCIÓN TÉRMICA

Dentro de los métodos disponibles para la destrucción térmica de residuos peligrosos, se encuentra el uso de diferentes tipos de incineradores, hornos rotatorios, la oxidación térmica por lecho fluidizado, el uso de calderas, hornos de cemento, la pirólisis, el uso de plasma y oxidación acuosa supercrítica entre otras. En esta parte se citan los métodos de incineración que potencialmente pueden ser desarrollados a corto plazo en México, tales como el uso de incineradores

comerciales, los hornos rotatorios y la pirólisis.

Los residuos peligrosos contienen carbón, hidrógeno y oxígeno. También pueden estar presentes halógenos, azufre, nitrógeno y metales pesados. Pueden existir otros componentes a nivel de trazas pero no causan cambios mayores en las consideraciones de diseño de un incinerador.

La estructura de una molécula generalmente determina que tan tóxica es al ambiente o al ser humano. Si estas moléculas pueden ser destruidas o reducidas a dióxido de carbono y agua entonces esta toxicidad es eliminada. Esta destrucción o reducción generalmente es llevada a cabo por incineración de los residuos.

La Incineración es la tecnología deseable para la destrucción de grandes cantidades de residuos orgánicos peligrosos. Es necesario monitorear y controlar las emisiones a la atmósfera de los efluentes gaseosos de los incineradores. La incineración de desechos disminuye la necesidad de crear lugares de confinamiento subterráneos.

V.8.1 Ventajas y desventajas de la incineración

V.8.1.1 Ventajas

- 1.- Se logra una reducción de casi el 100% del volumen de residuo.
- 2.- Se pueden utilizar desechos orgánicos con alto poder calorífico como combustibles alternos.
- 3.- La incineración destruye todos los compuestos combustibles que sean cancerígenos, mutagénicos o teratogénicos.
- 4.- Reduce la generación de residuos que sean susceptibles de lixiviación ya que el residuo sólido generado es mínimo.

V.8.1.2 Desventajas

- 1.- La inversión inicial de capital para operar sistemas de incineración es muy alta.
- 2.- Requiere que las instalaciones sean operadas por personal altamente capacitado, lo cual implica altos costos de nómina.
- 3.- Puede generar partículas, olores y vapores que contaminan el ambiente si no es instalado un equipo anticontaminante adecuado a cada tipo de incinerador.
- 4.- Su uso causa controversia en la comunidad e implica problemas con las asociaciones ecologistas.
- 5.- Requiere de muchos trámites gubernamentales para poder iniciar su operación.

La incineración es una oxidación controlada del material orgánico de un residuo para producir dióxido de carbono y agua. También se generan como producto de la incineración sales inorgánicas, ácidos y compuestos metálicos.

En estos procesos ocurren todos los mecanismos de transferencia de calor (convección, conducción y radiación) entre sólidos, líquidos y gases en condiciones de alta temperatura. La complejidad de estas reacciones químicas es incrementada por la existencia de flujos laminares y turbulentos de gases en el sistema.

V.8.2 Sistemas de Incineración

1. Incineradores de inyección de líquidos.
2. Hornos rotatorios.
3. Oxidación térmica de lecho fluidizado.
4. Hornos de cemento.
5. Oxidación húmeda.
6. Pirólisis.
7. Incineración Océanica.

8. Procesos de vidrio fundido.
9. Oxidación con agua a condiciones supercríticas.
10. Sistemas de Plasma.
11. Sistemas de Tratamiento Térmico Móvil.
12. Incineración Catalítica.
13. Uso de Desechos Peligrosos como Combustible en Procesos Industriales.
14. Incineración de Desechos Infecciosos.

La destrucción de un residuo peligroso involucra la exposición controlada del mismo a altas temperaturas, típicamente sobre 1600°F. Cuando un sistema de incineración es diseñado y operado correctamente, ofrece la oportunidad de destruir residuos peligrosos orgánicos y reducir significativamente su volumen. Existen muchos factores a considerar en el diseño de un incinerador, pero los básicos son:

- 1.- **Temperatura:** En un proceso térmico la temperatura es probablemente el factor más importante que se debe controlar para asegurar una correcta destrucción de los residuos. Es muy importante definir cuál es la temperatura mínima (threshold temperatura). La temperatura mínima se define como aquella en la cual se inicia la destrucción térmica de los residuos.
- 2.- **Tiempo de residencia:** El volumen del incinerador determina el tiempo de residencia para un flujo dado. Este es el tiempo que interactúa el residuo en el incinerador para su destrucción completa. Esto se debe definir claramente ya que un correcto tiempo de residencia permite que los productos de combustión incompleta (PIC's) que se forman inmediatamente puedan ser oxidados completamente antes de salir del incinerador.
- 3.- **Turbulencia:** Se puede generar turbulencia dentro del incinerador para asegurar una efectiva destrucción de los residuos a la temperatura de operación. Para lograr esta turbulencia dentro del incinerador se utilizan bombas, burbujeadores y abanicos.

- 4.- Presión: La mayoría de los incineradores están diseñados para operar a una presión ligeramente negativa para reducir las emisiones fugitivas, por lo tanto no es necesario tener el sistema perfectamente sellado. Existe incineradores que operan a presiones elevadas, sin embargo es necesario utilizar sistemas de construcción que permitan soportar estas presiones.
- 5.- Suministro de aire: La Incineración de los residuos involucra la reacción de los compuestos combustibles con el oxígeno. Normalmente el oxígeno es tomado del aire, aunque existen sistemas de incineración que operan solamente con oxígeno.
- 6.- Materiales de construcción: La mayoría de los incineradores son construidos con materiales seleccionados que permiten una operación continua libre de mantenimiento sobre un amplio rango de tiempo y de condiciones de operación y de residuos incinerados. Estos materiales pueden ser desde acero hasta aleaciones raras de metales. En estos materiales se deben considerar compuestos refractarios para evitar pérdida de calor hacia el exterior.
- 7.- Consideraciones adicionales: Estas incluyen el modo de alimentación del residuo, sistemas de neutralización de ácidos y álcalis generados en el proceso, equipos anticontaminantes, remoción de cenizas, etc.

V.8.3 Incineradores

Los incineradores comerciales han sido usados extensamente en países desarrollados para la destrucción de residuos peligrosos en varias formas físicas, tales como líquidos, sólidos y lodos. Las características de los residuos en general son muy variables. Las propiedades físicas, químicas y termodinámicas del residuo deben ser consideradas en los requerimientos para el diseño total del incinerador y sus accesorios, tales como tanques de almacenamiento, agitadores, bombas, válvulas de control, atomizadores, boquillas, material refractario de construcción, sistemas para recuperación de energía y sistemas de control de emisiones. Algunas de las características físicas y químicas del residuo se muestran en el Tabla V.10.

Tabla V.10
Características físicas y químicas
necesarias para el diseño de un incinerador

Composición química
Gravedad específica
Calor de combustión
Viscosidad
Corrosividad
Punto de Ignición
Reactividad
Polimerización
Contenido de sólidos

La desventaja principal del uso de incineradores comerciales contra otros tipos de destrucción térmica es la generación de altas cantidades de ceniza, la cual está compuesta principalmente por óxidos metálicos entre los cuales pueden encontrarse metales pesados dependiendo de la composición original del residuo. En la mayoría de los casos, la ceniza es considerada como peligrosa por toxicidad de sus lixiviados, esto por consiguiente origina un aumento en el costo de disposición final, ya que debe ser encapsulado antes de ser enviado a confinamiento.

V.8.4 Hornos de Producción de Cemento

El cemento es el ingrediente básico del concreto, cuya industria ha tenido un auge durante el desarrollo del mundo moderno. El cemento es obtenido a través de un proceso de pirólisis de minerales ricos en calcio, silicio, aluminio y fierro a temperaturas superiores a los 1450°C. El proceso demanda un consumo extremadamente alto de energía por lo que ha sido una de las tecnologías que más ha contribuido en la recuperación de energía de residuos industriales con alto poder calorífico, tales como solventes, fondos de destilación de solventes, llantas, lodos de pinturas, aceites gastados, entre otros. Adicionalmente, las características de las materias primas y del proceso dan a este tipo de industria el potencial de poder incorporar residuos industriales sustituyéndolos o mezclándolos con materias primas, entre los cuales pueden considerarse: escorias de procesos de producción de fierro y aluminio, lodos de procesos de ablandamiento de agua,

lodos abrasivos, incluso en hornos de proceso húmedo, corrientes ácidas pueden ser neutralizadas por las materia primas e incorporadas al proceso para su destrucción final.

Existen dos tipos de tecnología típicos, los cuales se diferencian en la preparación de la alimentación antes de la etapa de calcinación. En los hornos de proceso húmedo, las materias primas son pulverizadas y mezcladas formando un lechada conteniendo de 30 a 35% de agua. Durante este paso de preparación se puede aprovechar para mezclar residuos líquidos y sólidos inorgánicos para su disposición. Los procesos más modernos son aquellos del tipo seco, en el cual se elimina el alto costo de energía utilizado para la evaporación de agua. Este tipo de proceso en general es un 40% más eficiente en consumo de energía comparado con el proceso húmedo. En la mayoría de los casos, el horno cuenta con quemadores en el área del precalcinador donde la materia prima es calentada para transformar el carbonato de calcio en su óxido, aproximadamente el 90% del dióxido de carbono es eliminado antes de que la alimentación entre al horno rotatorio. En general cualquier instalación de producción de cemento genera una cantidad alta de partículas, la cual es controlada eficientemente con el uso de precipitadores electrostáticos o casas de bolsas. En la mayoría de las instalaciones nuevas, estos polvos son regresados al sistema de alimentación de materias primas.

Hay ocasiones en que se recomienda utilizar cemento bajo en álcalis. Este producto se prepara normalmente instalando un sistema de bypass arriba del precalcinador, el cual opera a una temperatura de 850°C a 900°C la cual es muy cercana al punto de fusión de los cloruros y sulfatos alcalinos. Mediante este sistema, se asegura la remoción de los elementos alcalinos del sistema, incluso hay algunas compañías que utilizan un contenido alto de cloro en la materia prima o los combustibles para garantizar la producción de cemento bajo en álcali. Una desventaja en la eliminación de álcalis a través del bypass es la pérdida de energía asociada con el venteo de aire caliente del sistema.

Las materias primas básicas para la producción de cemento son caliza, arcilla y mineral de hierro, que en mezcla dan una proporción de 80% de carbonato de calcio, 15% de dióxido de silicio, 3% de óxido de aluminio y 2% de óxido férrico. La alimentación entra a contracorriente del flujo de gases calientes donde la humedad es eliminada en las primeras etapas del proceso seguido de la calcinación donde el carbonato de calcio es convertido a óxido de calcio desprendiendo dióxido de carbono a temperaturas entre 500 °C y 900°C. El óxido de calcio (CaO) reacciona; con dióxido de silicio(SiO₂) formando silicato de dicalcio (2CaO.SiO₂) a temperaturas de 850°C a 1250°C. A temperaturas superiores de 1200°C se forma aluminato tricálcico (3CaO.Al₂O₃) y forma aluminato tricálcico (4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃) los cuales producen una fase líquida en la que se disuelven el óxido de calcio y el silicato dicálcico. Finalmente ocurre una reacción exotérmica entre el silicato dicálcico y el óxido de calcio para formar silicato tricálcico la cual ocurre en la fase líquida y que aumenta la temperatura a 1450°C. Para que la reacción de clinkerización se lleve a cabo, la temperatura de los gases de combustión en el área del quemador debe ser mayor de 1650°C.

Bajo estas condiciones, las cenizas generadas cuando se utilizan combustibles a base de residuos peligrosos son integradas completamente a la estructura cristalina del clinker durante la etapa de clinkerización. La composición de las cenizas es en su mayoría óxidos metálicos, dependiendo composición química de las materias primas y de la calidad de combustibles pueden llegar a manejarse cantidades considerables de metales pesados los cuales son intercambiados en la red cristalina del clinker por átomos de calcio con lo cual se garantiza la inmovilización completa de éstos. Este proceso de inmovilización es equivalente al utilizado en la producción de cristal cortado en cuya composición puede encontrarse hasta un 33% de plomo. El proceso en sí, funciona como un scrubber natural en la neutralización de gases ácidos. La materia prima, formada en su mayor parte por carbonato de calcio presenta un pH alcalino mientras que los gases de combustión tienen un pH ácido debido a la formación de HCl, SO_x y

NOx. Durante el proceso, estas dos corrientes viajan en sentido opuesto logrando la neutralización completa de los ácidos formados. La eficiencia en la reacción de neutralización se logra principalmente por los altos volúmenes de materias primas procesados.

V.8.5 Procesos de Pirólisis

La pirólisis es definida como la descomposición química o un cambio realizado por calentamiento en ausencia de oxígeno. La aplicación de la pirólisis al tratamiento de desechos peligrosos se realiza en dos pasos. En el primero, el residuo es calentado, sus componentes volátiles son separados (gases combustibles, vapor de agua, etc.) de los no volátiles y de las cenizas. En el segundo paso, los componentes volátiles son quemados en condiciones adecuadas para asegurar la incineración de todos los compuestos peligrosos.

Existen varios tipos de procesos los cuales incluyen la recuperación de energía y la recuperación de compuestos útiles de los residuos volátiles y sólidos. La pirólisis es especialmente aplicable al tratamiento de residuos peligrosos debido a que se puede lograr un control exacto de la temperatura.

El primer paso de un tratamiento de pirólisis es endotérmico y generalmente es realizado entre 425 y 760 °C. La cámara de combustión es llamada pirolizador. El hecho de que el proceso sea endotérmico lo hace más fácil de controlar. Los compuestos orgánicos peligrosos pueden ser evaporados a baja temperatura y dejan un residuo limpio. En el segundo paso los compuestos volátiles son quemados en un incinerador que puede alcanzar una eficiencia de destrucción mayor al 99.9999%. El proceso, al ser realizado en dos pasos, permite un control preciso de la temperatura y hace posible utilizar equipos relativamente pequeños. La pirólisis es aplicable a los siguientes residuos: desechos contenidos en tanques que no son fácilmente drenables, todos o líquidos con alto contenido de cenizas, volátiles inorgánicos (NaCl, FeCl₂, Zn y Pb).

Algunas veces la pirólisis es descrita como una descomposición térmica o una destilación destructiva; sin embargo, estos términos se refieren sólo a una parte de la secuencia de reacciones en un proceso de pirólisis.

La pirólisis es un proceso térmico para la transformación de material carbono sólido o líquido en sus componentes gaseosos y un residuo que contiene carbón sólido y cenizas. La pirólisis simple es llevada a cabo por calentamiento indirecto para realizar la reacción en ausencia de aire o gases de combustión. Existe una forma de pirólisis modificada la cual puede ser usada por combustión estequiométrica de aire y combustibles en un horno. La selección de uno u otro método depende de la intención de recircular los gases de combustión en un proceso de recuperación de energía

Las reacciones químicas durante un proceso de pirólisis involucran la destrucción térmica, rearreglo de átomos en una molécula y polimerización de pequeñas moléculas. Estas reacciones son muy complejas y dependen de varios factores como el tiempo de reacción, temperatura, efectos catalíticos de las paredes del reactor y la composición del desecho a incinerar.

El grado de descomposición de residuos en estos incineradores es función del tiempo a 427°C para varios materiales y se determina en una mufla de análisis termogravimétrico. La velocidad de descomposición térmica se incrementó con la temperatura.

Las condiciones de operación para un pirolizador están basadas en un análisis de costos de operación y de capital. Los requerimientos de tiempo y temperatura de operación dependen también del espesor de la capa de desechos. Las temperaturas de operación de un pirolizador varían entre 427 a 748°C para diferentes desechos. Los tiempos de residencia pueden variar de unos cuantos minutos a unas cuantas horas, dependiendo del espesor de la capa de desechos. La presión de un pirolizador es típicamente negativa (entre 0.05 y 0.1 pulgadas de

agua) para evitar fugas en el mismo. La concentración de oxígeno en el sistema debe ser cercana a cero y debe ser controlada para que no exceda el nivel de un 2%.

Los procesos de pirólisis pueden ser aplicados a sólidos, lodos y desechos líquidos. Los residuos descritos a continuación son sujetos de incineración por pirólisis:

- 1.- Lodos muy viscosos, abrasivos o aquellos de consistencia tal que puedan ser atomizados en un incinerador líquido.
- 2.- Residuos que pueden sufrir cambios de fase parciales o completos durante el proceso térmico, tales como plástico.
- 3.- Residuos pesados tales como residuos líquidos con alto contenido de cenizas y lodos.
- 4.- Materiales que contienen sales o metales, los cuales se funden a las temperaturas de operación. Materiales tales como NaCl, zinc y plomo cuando son incinerados pueden causar efectos refractarios.

V.8.5.1 Ventajas de la Pirólisis

1. La pirólisis es un proceso a baja temperatura (comparado con la incineración) por lo tanto los materiales refractarios tienen un mayor tiempo de vida.
2. Se reduce la entrada de partículas al sistema, por lo tanto es menor la necesidad de tener un equipo complejo de control de emisiones.
3. Es un proceso más fácil de controlar por ser endotérmico.
4. Desechos sólidos y líquidos heterogéneos son fácilmente homogenizables en la corriente gaseosa.
5. Los constituyentes recuperables útiles son concentrados en el residuo sólido para su reciclaje.
6. El volumen de residuo es insignificante.
7. Vapores condensables con valor económico pueden ser recuperados.

8. Vapores no condensables de combustibles pueden ser reutilizados como fuente de energía.

V.8.5.2 Desventajas

1. Algo del contenido de energía de los desechos puede ser retenido en el residuo sólido final.
2. Se requiere el uso de incineradores de humos para destruir los Productos de Combustión Incompleta (PIC's) o desechos cancerígenos que pudieran estar presentes.

V.8.6 Incineración Catalítica

La incineración catalítica es un proceso en el cual se utiliza un catalizador para incrementar la velocidad de oxidación de residuos a temperaturas más bajas, normalmente 537°C, que las de oxidación. El sistema puede incluir dispositivos de recuperación de calor y de control de contaminantes. Un sistema de lecho fluidizado puede ser diseñado con un calentador integrado.

Los parámetros importantes en el diseño de un incinerador catalítico incluyen la velocidad superficial del gas, el catalizador usado, la geometría de soporte del catalizador la profundidad del lecho del catalizador, tipo de desecho y composición, y la temperatura de incineración.

Un lecho de catalizador consiste de tres elementos:

1.-Catalizador: Los catalizadores son normalmente metales o compuestos metálicos. La eficiencia de destrucción de un incinerador catalítico depende fuertemente del catalizador seleccionado. Los catalizadores más usados son platino, rodio, paladio, iridio y oro.

2.- Acarreadores: Un sistema catalítico generalmente contiene pequeñas cantidades de partículas metálicas distribuidas uniformemente en la superficie del soporte del catalizador, estos compuestos son llamados acarreadores. Los

acarreadores son óxidos metálicos inertes con una gran área superficial. Estos materiales son típicamente alúmina, asbesto, carbón activado y alambres de metal.

3.- Promotores: La actividad de los catalizadores puede ser incrementada con la adición de uno o más compuestos llamados promotores.

Durante la operación normal los catalizadores utilizados gradualmente se deterioran o pierden su actividad, éste fenómeno es llamado desactivación. Las causas de la desactivación son:

1.- Sobrecalentamiento: Puede cambiar la superficie del catalizador y causar una rápida pérdida de actividad.

2.- Cambios térmicos: Son aquellos que resultan de la recristalización del catalizador, el acarreador o ambos.

3.- Envenenamiento: Es el resultado de las reacciones químicas del catalizador con los contaminantes. El envenenamiento de un catalizador generalmente es irreversible. Se consideran como envenenadores de catalizadores al plomo, antimonio, cadmio, zinc, fósforo, arsénico y cobre y el enmascaramiento.

4.-Enmascaramiento: Es el resultado del acumulamiento físico de contaminantes sobre la superficie del catalizador. Como agentes enmascarantes pueden actuar los halógenos, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno.

De los cuatro mecanismos de desactivación de un catalizador solo el enmascaramiento es reversible. Para poder sortear este fenómeno se pueden seguir tres procesos que son:

A.- Uso de dos incineradores mezclados en serie: Durante la operación normal, el gas fluye a través de los reactores en serie y el primer reactor actúa como guardia. El catalizador del primer reactor absorbe los agentes enmascarantes. El primer reactor puede ser periódicamente aislado de la corriente de gas para remover el

catalizador desactivado; durante este periodo, el segundo catalizador pasa sólo través del segundo incinerador.

B.- Uso de dos o más incineradores en paralelo: Durante la operación normal uno ó más incineradores están en línea. Uno de los incineradores está en *stand by*, y aislado de la corriente. Cuando el catalizador de un incinerador pierde actividad, este incinerador es puesto fuera de servicio y se activa el que estaba en *stand by*.

C.- Uso de un incinerador de lecho fluidizado: cuando se usa un sistema de este tipo, el catalizador nuevo o usado, puede ser periódicamente alimentado en una cantidad igual a la cantidad que es removida del lecho mientras el incinerador está en uso continuo.

V.8.6.1 Efectos ambientales

1.- AIRE: Los sistemas de control de la contaminación de aire deben ser usados para que las emisiones de un incinerador catalítico no afecten el ambiente.

2.- AGUA: Las aguas residuales requieren de un tratamiento adicional antes de descargarlas al drenaje. Estas aguas provienen del proceso de incineración.

3.- RESIDUOS: Estos residuos deben ser manejados como catalizadores gastados, pueden ser confinados o vendidos para recuperación de metales.

V.9 PROCESOS DE FIJACIÓN Y ESTABILIZACIÓN

El propósito de estos procesos es inmovilizar los constituyentes tóxicos y peligrosos de un residuo. Este puede darse por el intercambio o cambio de los componentes a formas inmóviles (insolubles), enlazándolos en la inmovilidad, matriz insoluble y/o enlazándolos en una matriz la cual minimice la superficie del material expuesto a un solvente. Cada uno de los descritos aquí complementa la inmovilización por uno o más de dichos métodos. Frecuentemente los productos inmovilizados tienen una estructura suficientemente resistente para protegerse entre sí de una futura fractura (y exposición concomitante de superficies filtrantes adicionales).

Los datos necesarios e importantes en un tratamiento de fijación/estabilización son generalmente los mismos que para los procesos de tratamiento físico y químico.

V.9.1 Proceso Pozzolan

Esta tecnología trata residuos y suelos contaminados por la adición de grandes cantidades de materiales silíceos, combinados con agentes de fijación tales como la cal y el cemento. Tales tratamientos resultan en un producto solidificado y lixiviados estables.

Los procesos de estabilización/solidificación son usados para lodos y suelos contaminados. Los contaminantes pueden incluir metales, residuos de suelos y solventes. Los materiales tales como los boratos, sulfatos y carbohidratos interfieren con el proceso. Grandes términos de estabilidad y resistencia a la filtración es buena para algunos residuos pero es desconocido para otros.

V.9.2 Procesos Pozzolan (Cementos Portland)

Este tratamiento es una variante menor a la descrita con anterioridad. Este tratamiento de estabilización mezcla el residuo con el cemento Portland incorporando el residuo en las matrices del cemento.

Este proceso es efectivo para cationes, látex y residuos sólidos plásticos. Grandes cantidades de sulfato disueltos o aniones metálicos tales como el arsenato y boratos son solidificaciones dañinas. Material orgánico, lignita, sedimento o arcilla en los residuos incrementan el tiempo de fijación.

V.9.3 Sorción

Los contaminantes son enlazados en matrices tipo Pozzolan por sorción física o sorción química produciendo materiales estabilizados de más fácil manejo, la inmovilización líquida dependen de ingredientes agregados. Este proceso resulta en altas concentraciones de contaminantes en la superficie del material y el contaminante puede ser filtrado. El material tratado puede ser permeable.

El proceso está disponible para orgánicos e inorgánicos. Las ventajas de esta tecnología incluyen el hecho de que materiales crudos son abundantes y económicos, el manejo del residuo es mejorado, se requiere de un pretratamiento mínimo y los productos estrechamente relacionados son adecuados para una disposición final. Las desventajas incluyen el hecho de requerir grandes volúmenes de aditivos (aunque estos sean abundantes y baratos), por lo que los volúmenes de residuos para ser dispuestos se incrementa grandemente. Además, el control de filtración es altamente variable, el agua puede ser liberada bajo altas presiones y es susceptible a la temperatura.

V.9.4 Vitrificación

La vitrificación es un proceso por el cual los residuos son convertidos a sustancias cristalinas utilizando altas temperaturas. El proceso es llevado por una inserción de largos electrodos en suelos contaminados que contienen niveles significantes de silicatos. El grafito de la superficie conecta los electrodos al suelo. Altas corrientes de electricidad pasan a través de los electrodos y el grafito, el calor provoca derretimiento o fundición que gradualmente trabaja hacia abajo a través del suelo. Algunos contaminantes orgánicos son volatilizados y escapan de la superficie del suelo y pueden ser capturados por un sistema de vacío. Algunos orgánicos e inorgánicos son atrapados en el derretimiento el cual, al enfriar va tomando una forma vítrica obsidiana o muy resistente. Cuando el material derretido es enfriado el sólido tiene una forma no cristalina estable.

La vitrificación fue originalmente probada como un medio de solidificación e inmovilización de metales ligeramente radiactivos. Este puede también utilizarse para formar barreras. Este último necesita una prueba y evaluación para determinar la uniformidad de la pared y la estabilidad del material por un periodo de tiempo definido. Esto ha sido demostrado en campo.

V.9.5 Microencapsulación (Termoplástico) basado en el asfalto

Esta tecnología implica una mezcla de un residuo calentado y seco entre asfaltos, betunes como parafinas o matrices de polietileno, resultando una masa sólida estable de residuos. Las ventajas son la reducción del volumen, baja permeabilidad, eliminación de líquidos libres, optimiza el manejo y buena resistencia.

Este método es aplicable a residuos peligrosos que tienen dificultad y complejidad en tratamiento. No pueden ser tratados los residuos mediante esta tecnología que contengan altos contenidos de agua, contaminantes altamente oxidantes, sales inorgánicas anhidras, tetraboratos, sales de hierro y aluminio y orgánicos con pesos moleculares bajos y altas presiones de vapor (volátiles). La desventaja incluye el hecho de que el equipo de proceso y los materiales pueden ser costosos, y existe un potencial de contaminación al aire.

V.9.6 Polimerización

La polimerización utiliza catalizadores para convertir a un monómero o un polímero de bajo orden de un compuesto particular a un químico múltiple y largo del mismo, frecuentemente, los polímeros largos tienen estabilidad química, física y biológica más alta que los monómeros (dímeros o trimeros).

Esta tecnología puede tratar orgánicos que incluyen aromáticos, alifáticos, y monómeros oxigenados tales como el estireno, cloruro de vinilo, isopreno y acrinonitrilo. Esta tiene una aplicación para los derrames donde se presenten estos compuestos.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

*"LOS GRANDES HOMBRES SE AGRANDAN AÚN MÁS EN EL RECUERDO.
LO QUE VEMOS EN ELLOS ES, A LA VEZ, LO MEJOR DE NOSOTROS".*

ALAIN

ANÁLISIS

- El desarrollo industrial en los últimos 50 años, el crecimiento demográfico mantenido durante muchos años como uno de los primeros a nivel mundial, la obligación de intensificar el uso de los recursos naturales mediante diversas actividades industriales sin contemplar su repercusión en el entorno nacional y la calidad del ambiente, la falta de control al que deben estar sujetos todos los residuos que se generan en los diversos procesos industriales y servicios, ha generado un problema por manejo inadecuado de los residuos peligrosos; han modificado ecosistemas, provocando pérdidas de biodiversidad y constituyen un peligro para la salud, lo que resulta en un gravísimo problema.
- Debemos reconocer que la industria en México es aún ineficiente y de elevado consumo de materia y energía y que, normar el comportamiento industrial a partir de los conceptos desarrollados en los países más avanzados, conlleva el riesgo de resultar incompatible y rigorista con el esquema industrial actual. No hacerlo significa limitar el acceso de la sociedad a condiciones ambientales más seguras.
- Un proceso de renovación y modernización de la planta industrial requiere de tiempo y por lo tanto, no se puede esperar una modificación de los esquemas de operación de sus respectivos residuales en el corto plazo y por consecuencia, la cantidad y características de los residuos no variará considerablemente en los próximos años.
- Los problemas ambientales resultaron ser más complejos que lo previsto en los programas pioneros de calidad del ambiente, por la aplicación de nuevos problemas emergentes como el deterioro de la capa de ozono, la acumulación de gases en la estratósfera con efecto de invernadero, pérdida de la biodiversidad y la contaminación de océanos, mantos freáticos y aguas superficiales, generó la

necesidad de revisar los criterios de análisis y de solución de los mismos problemas complejos globales. De esta forma nace la nueva filosofía de administración del ambiente, la del desarrollo sustentable, que revisa con un enfoque integral de riesgo en el largo plazo, las necesidades de prevención y control de la contaminación, en donde se abarca agua, aire y suelo.

- Los residuos peligrosos en caso de mal manejo, generan una contaminación que resulta ser de alto riesgo para la salud y en otros países el descuido en esto se ha convertido en un problema de salud muy complejo de resolver por el alto costo económico y en México existen pocos documentos sobre los efectos en la salud de los residuos peligrosos, lo cual representa un escenario de alto riesgo, por lo que deben realizarse esfuerzos con el fin de prevenir y controlar los efectos de los contaminantes ambientales.

- Así mismo, la complejidad creciente de las relaciones causa-efecto condujo a que la regulación fuera complementada con instrumentos de cierta flexibilidad (económicos y sociales), para su cumplimiento y la coparticipación de todos los sectores involucrados en su ciclo, llamémoslos población-autoridad-sector industrial; con los que se esperarían definiciones claras de lo que la misma sociedad está dispuesta a pagar por un entorno de calidad, que propicie su desarrollo personal, comunitario y tecnológico.

- Para dar respuesta a tales problemas es imprescindible contar con tecnologías, sistemas, normas, procedimientos, políticas y lineamientos que, si bien se encuentran en una etapa de franco desarrollo en el país, aún carecen de los elementos que permitan implementar de manera efectiva, los diversos instrumentos que en materia de política ambiental se han desarrollado en los países del primer mundo.

- Existen en el país más de 110 tipos de industria, que utilizan aproximadamente ocho mil diferentes materias primas y productos terminados con características

fisicoquímicas y toxicológicas muy distintas. En los diversos procesos industriales mezclamos o hacemos reaccionar las materias primas para producir a su vez nuevos productos y debido a esa actividad se generan diferentes residuos. Independientemente de las características intrínsecas de los residuos, habrá que tomar en cuenta su concentración para un manejo seguro.

- La reutilización de los materiales trae como consecuencia una serie de beneficios económicos y ecológicos. Es indudable que al reducir su generación o al recuperarlos, el beneficio más relevante descansa en la reducción del riesgo de impactar adversamente a la naturaleza o al ser humano, cuando su manejo es irresponsable; dejando tras de sí una serie de incumplimientos a la legislación y normatividad vigente.

Al reducir el volumen de generación de residuos se evitan gastos que repercutirían en el costo del producto terminado, la fuente aprovecharía un alto porcentaje de la materia prima y como resultado se puede mejorar los rendimientos globales y se reduce el ritmo de explotación del recurso natural.

Sería muy difícil competir en un mercado abierto si no controlamos la generación de los mismos. México se encuentra en el umbral de un mercado de libre comercio a nivel Europa, América del norte y sur, dentro de los cuales el concepto ecología y protección al ambiente ha sido implementado en años atrás, mismo que ha sido absorbido por su economía, no encontrándose desfasado de la calidad del producto y precio.

- Es indudable que conforme se avanza en los programas que tienen como objeto despertar la conciencia ciudadana y fortalecer progresivamente la normatividad ambiental y los esquemas de coordinación y concertación con los diversos sectores de la sociedad, niveles de gobierno y sector público e industrial, los mayores problemas se presentan debido a la falta de infraestructura ambiental mínima que es necesaria para satisfacer las demandas de los sectores

productivos, de manera que se estimule el desarrollo económico en concordancia con la protección ambiental, necesidades ambas que bajo las condiciones actuales son un imperativo social.

- Es importante identificar ciertas limitaciones en la normalización en materia de residuos peligrosos con el objeto de solventarlas a la brevedad, teniendo en cuenta que el ejercicio normativo representa el fundamento de una política exitosa de manejo de residuos peligrosos.

- Existe una gran variedad de fuentes de residuos peligrosos, tales como estaciones de servicio automotriz, hospitales y clínicas, laboratorios de investigación, de educación y comerciales, entre otros que pueden causar efectos importantes al ambiente. Sin embargo, la información relacionada con este tipo de establecimientos se tiene en menor medida dado que, hasta ahora, la legislación en la materia no se ha dirigido a este tipo de actividades y, por lo tanto, dentro de ellas el aspecto de generación de este tipo de residuos ha sido soslayado.

- Las normas y el esfuerzo que en este sentido realiza en todo el país la PROFEPA y el INE es importante, así como el trabajo conjunto con los Gobiernos del Estado de México y Distrito Federal, para limitar la presencia de las industrias en el área metropolitana de la Ciudad de México, son parte del camino que hay que andar, pero sin duda hay que hacer mucho más.

- La peligrosidad de un residuo se basa en las características CRETIB de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, que incluye un listado de sustancias y de materiales que se consideran peligrosos. Cuando un determinado residuo no está dentro de esas listas, el paso siguiente es aplicar los criterios de peligrosidad que establece la norma, con el fin de determinar si tiene cualquiera de las características mencionadas como para considerarlo peligroso.

- En este sentido también hay que subrayar que se ha hecho un enorme esfuerzo por la normatividad actual, que es mucho más completa y más desarrollada para los residuos peligrosos que para otro tipo de residuo; sin embargo no quiere decir que sea suficiente para tener un adecuado control sobre los residuos peligrosos, por lo que se requerirá contar con otros elementos normativos para mejorar el control, ya que:

- Hasta ahora las normas se restringen a la definición de los propios residuos, a pruebas para determinar su toxicidad e incompatibilidad y a ciertos requisitos para el diseño y operación de confinamientos.
- No referencia a la mayor parte de las cadenas posibles y relevantes en el manejo de residuos peligrosos, incluyendo el tratamiento térmico, el reciclaje, la recuperación de materiales secundarios y la recuperación de energía, entre otros.
- No existe un esquema normativo que considere de manera explícita la minimización en la generación de residuos y no solamente arreglos tecnológicos al final del tubo.
- No toma en cuenta los cambios tecnológicos que reduzcan la generación de residuos en la fuente o propicien su reuso o recirculación.

- El acelerado crecimiento industrial del mundo ha propiciado el aumento de la generación de residuos peligrosos, al grado de que ya es clara la configuración de una industria emergente para el manejo de residuos peligrosos. Esta nueva industria ha evolucionado en muchas direcciones y en México se ha presentado una tendencia a canalizar los desechos en última instancia a uno de los tres sistemas tradicionales de disposición final: por combustión, por relleno y por descarga.

- La naturaleza tan diversa del residuo peligroso generado por la industria nacional, nos conduce a pensar en que requeriremos, igualmente de una

diversidad de métodos, que nos permitan escoger el más adecuado para un residuo particular, de suerte que dispongamos finalmente del residuo con seguridad y así evitemos que el generador enfrente responsabilidades futuras. Es por ello, que hablar de confinamiento controlado como única opción de disposición final, sería una proposición limitante, que la legislación en la materia no contempla, ni el generador, quién es al final de cuentas el responsable del manejo integral de los residuos que produce en los diferentes procesos de su empresa.

- Al diseñar y construir infraestructura, para el manejo y disposición final del residuo peligroso, es necesario considerar las diferentes opciones, incluidos los métodos físicos y químicos de estabilización; recuperación de disolventes orgánicos y clorados y de metales pesados; biodegradación; filtración; centrifugación; uso de lagunas de evaporación; mezclado con otros residuos para usarse como combustibles sustitutos e incineración y las celdas de seguridad en el confinamiento controlado.

- Sin olvidar la protección al ambiente y a la salud, no se ha trabajado en gran medida con el objeto de reducir las dificultades para la ubicación de confinamientos controlados en México, tales como identificar y localizar los sitios que cumplan con los requisitos establecidos, adquisición de terrenos, los cuales tienen que ser congruentes con las áreas vecinas, la falta de conocimiento sobre el porqué y el para qué se usa un confinamiento controlado, la resistencia de grupos sociales (ecologistas) para la instalación de estos confinamientos en sitios cercanos a sus comunidades, falta de conocimiento de la población e industriales sobre la necesidad de contar con este tipo de obras en el nivel nacional, el interés político sobre la apertura, clausura o autorización de este tipo de obras y el manejo de decisiones con trasfondo político y no técnico.

- Es fundamental realizar estudios de monitoreo ambiental en las zonas destinadas al confinamiento de residuos peligrosos, para conocer el estado previo del ecosistema, antes y después del depósito de estos residuos, para poder

determinar de esta manera si se presentan cambios en la estructura y función del ecosistema causado por la presencia de dichos residuos, lo que podrá ayudar a establecer las posibles medidas de mitigación de los impactos negativos en los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres, mediante el monitoreo permanente de las zonas determinadas para el confinamiento de residuos peligrosos, de acuerdo con la normatividad oficial.

- En el nivel mundial ya se cuenta con tecnología de tratamiento adecuado para residuos peligrosos; es necesario, entonces, la aplicación de las que se consideren idóneas para nuestra realidad. La situación del país parece propicia, ya que existe en el sector gubernamental un Programa Integral para el Tratamiento de Residuos Peligrosos en el Valle de México, que podría ser un inicio de ello y expandirse al resto de la República Mexicana.

- Es indudable que la disminución de los residuos peligrosos cuesta, de manera que los tomadores de decisiones se enfrentan al dilema de determinar hasta donde es preciso aplicar las medidas de control para que se alcance al máximo el beneficio; es decir requieren contar con los métodos que les permitan sustentar objetivamente sus decisiones.

- Las tecnologías que la industria ha venido generando para el mejor aprovechamiento de materias primas y la recuperación de recursos se han asimilado en las operaciones de tratamiento de residuos peligrosos para no sólo reducir su generación sino también su peligrosidad.

- Desde luego, no es posible atacar el problema de la contaminación por los residuos peligrosos sin considerar la necesidad de estrategias claras y agresivas para minimizar su generación; poco se ha dicho sobre cómo evitar producirlos. Estas estrategias no se pueden generalizar, ya que se apoyan en la revisión y redefinición de los mismos procesos de producción industrial y son específicos para cada planta. Por lo que es importante tener presente la necesidad de ampliar

y difundir el conocimiento sobre la generación, manejo y disposición de residuos peligrosos en México aumenta con la actividad industrial y con los requerimientos impuestos por la reglamentación correspondiente, prioritario dentro de la protección ambiental. Así como, considerar la prevención, que como en muchos otros casos, es seguramente la medida más eficiente, más eficaz y más barata a pesar de todo, en la que realmente tenemos que poner mucho énfasis y mayor atención, debe ser una meta primaria, al igual que la recirculación, dado el costo y la complejidad de limpiar el ambiente una vez que se ha degradado.

CONCLUSIONES

- La protección al ambiente y bienestar de la población es un reto clave que debe encarar el país. Requiere de inversiones elevadas y de la determinación pública. Se trata de un conjunto de desafíos que debemos enfrentar a perpetuidad y a los que se debe responder con flexibilidad y con el claro sentido de metas ambientales bien definidas, de manera que los programas ambientales en el nivel nacional sean exitosos y deben a menudo descansar en una sociedad informada y en una fuente de participación de los estados y cuerpos locales del gobierno.

Las leyes ambientales deben estar respaldadas por una decisiva política de cumplimiento en todos los niveles de gobierno. Debemos mirar hacia nuevas tecnologías que aporten mejores soluciones a los problemas de contaminación que estamos viviendo.

El gobierno tendrá que convencerse que la política ambiental y la función que desempeñan la PROFEPA, el INE y las demás autoridades ambientales deben tener la misma importancia que las demás políticas y dependencias.

- Aunque la normatividad señala con claridad las características que hacen que un residuo pueda ser considerado como peligroso, sería conveniente complementarse con otras legislaciones, tal como la de salud, además de:

- Incluir herramientas para el manejo racional de residuos peligrosos más riesgosos que otros considerados también como peligrosos.
- Establecer metodologías bien definidas para llevar a cabo la determinación de alguna o varias de las características CRETIB.
- Buscar la homologación de los listados mexicanos de los residuos peligrosos con respecto a otros listados (OCDE, Convenio de Basilea, EPA, etc.), para evitar incompatibilidades en diferentes interacciones comerciales, técnicas y de política.
- Es importante diferenciar a los residuos por su peligrosidad, tal como lo hace la OCDE (listados rojo, ámbar y verde), evitando ineficiencias en la gestión administrativa y en los sistemas de manejo, a través de un esquema de prioridades que tome en cuenta el riesgo ambiental asociado, y facilite la definición de políticas adecuadas.
- Contemplar para cada opción de manejo de residuos (reciclaje, confinamiento, etc.), condiciones de tratamiento previo en términos de estabilización termodinámica y cinética y de neutralización química, entre otras.
- Establecer criterios y procedimientos para la remediación de sitios contaminados por diferentes tipos de residuos y definir criterios que establezcan niveles óptimos de remediación, metas y objetivos.
- Incluir una definición adecuada de residuos especiales, los cuales, a pesar de que no tienen características importantes de peligrosidad, requieren un manejo específico. Esto, dado que la frontera entre lo que es un residuo peligroso y otro que no lo es, puede ser bastante difusa.
- Referenciar a la mayor parte de las cadenas posibles y relevantes en el manejo de residuos peligrosos, incluyendo la reducción, el reciclaje, la reutilización, la recuperación de materiales secundarios y energía, tratamientos, incineración, y el confinamiento controlado.

- Consolidar de manera explícita la minimización en la generación de residuos y no solamente arreglos tecnológicos al final del tubo.
- Tomar en cuenta los cambios tecnológicos que reduzcan la generación de residuos en la fuente o propicien su reuso o recirculación.

Por lo que debe plantearse una estrategia para el manejo integral de residuos industriales que permita enfrentar los problemas de manera contundente y suficiente. Con este esquema, es necesario revisar acuciosamente el marco normativo actual, ampliar y actualizar su alcance para promover una infraestructura de servicios ambientales diversificada en sus capacidades de atención, distribuida adecuadamente en el territorio y que opere con los estándares más exigentes de calidad.

- Ahora bien, el ingeniero químico cuenta con una base sólida y considerable para abordar el campo de la contaminación ambiental. El conocimiento del análisis de los sistemas como balances de masa entre otros, tiene un especial valor para la corrección y tratamiento de los residuos en general. Puede asegurarse que la preparación de la ingeniería química es decisiva para entrar en este tipo de actividades. Hasta el momento muchos de los ingenieros que trabajan en este campo han sido sobre todo procedentes del campo de la obras públicas, la naturaleza multidisciplinaria debe ser ampliamente reconocida, debiendo además considerar que las personas con una sólida base en ingeniería química deben abordar una serie de conocimientos complementarios, tales como la normatividad en todas sus facetas y las demás disposiciones legales, que de manera directa o indirecta se enfrenta un ingeniero químico en ejercicio.

- Se debe cambiar el concepto de industria limpia que se está empleando actualmente, en una forma no adecuada, ya que el industrial se limita a dar cumplimiento a todos los trámites y lineamiento marcados en la legislación y normatividad ambiental, pero esto no quiere decir que haya dejado de contaminar,

sino que sólo "regula" su proceso hasta la generación de residuos, aguas residuales y emisiones contaminantes, es por ello que se debe contemplar no sólo el cumplimiento a la normatividad, sino en la reducción en forma potencial de todas sus emisiones tanto al aire, agua y suelo, considerándolo desde el ingreso de sus materias primas.

- Por la magnitud de la problemática relacionada con los residuos peligrosos en México es fundamental el apoyo de proyectos de investigación y de desarrollo tecnológico sobre su manejo. Resulta imperativo estimular y desarrollar estos esfuerzos y enfocar la atención del gobierno en sus diversas instancias, las de los industriales y las de los grupos académicos hacia la solución de este problema.

- El vínculo de los esfuerzos académicos de la comunidad universitaria con esta problemática del país debe ser una de las claves para llegar a resolverlo en un futuro próximo. En tal sentido, el papel de las universidades es fundamental: formar recursos humanos, asesorar a la industria y al gobierno, e instrumentar proyectos de investigación sobre el tema.

ANEXOS

*"NUESTRA GRAN TAREA NO CONSISTE EN VER LO QUE ESTÁ BORROSAMENTE
EN LA DISTANCIA, SINO EN HACER LO QUE ESTÁ CLARAMENTE A NUESTRO ALCANCE".*

THOMAS CARLYLE

ANEXO B
TRÁMITES

DATOS DE REGISTRO								
1) NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA QUE SOLICITA EL TRÁMITE	RFC							
2) NÚMERO DE REGISTRO DEL SIEM*	3) CÁMARA A LA QUE PERTENECE, NÚMERO DE REGISTRO Y							
4) ACTIVIDAD PRODUCTIVA PRINCIPAL DEL ESTABLECIMIENTO ¹	CLAVE CMAP	CÓDIGO AMBIENTAL (CA) ²						
5) DOMICILIO DEL ESTABLECIMIENTO								
Parque o Puerto Industrial () Especifique cual: _____								
Centro Poblado () Calle: _____								
No. Exterior: _____ Edificio: _____ Entrada: _____ No. Interior: _____ Colonia: _____								
Entre Calle _____ Y _____								
Localidad (excepto D.F.): _____ Código Postal: _____								
Municipio o Delegación: _____ Entidad Federativa: _____								
Teléfonos: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____								
6) DOMICILIO PARA OIR Y RECIBIR NOTIFICACIONES (En caso de ser distinto al del establecimiento)								
Calle: _____ No. Exterior: _____								
Edificio: _____ Entrada: _____ No. Interior: _____ Colonia: _____								
Entre Calle: _____ Y _____								
Localidad (excepto D.F.): _____ Código Postal: _____								
Municipio o Delegación: _____ Entidad Federativa: _____								
Teléfonos: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____								
7) FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN: _____ Día _____ Mes _____ Año _____								
8) NÚMERO DE TRABAJADORES EQUIVALENTE ³		9) TOTAL DE HORAS SEMANALES TRABAJADAS EN PLANTA ⁴						
Empleados: _____ Obreros: _____ Total: _____								
10) NÚMERO DE TRABAJADORES PROMEDIO, POR DÍA Y POR TURNO LABORADO* (Conservar un turno por cada horario diferente. No deje espacios vacíos. Si no hay información, anote NA / no aplica).								
Número de trabajadores promedio								
No.	Horario	L	M	M	J	V	S	D
1								
2								
3								
11) ¿ES MAQUILADORA DE RÉGIMEN DE IMPORTACIÓN TEMPORAL? Si () No ()		12) ¿PERTENECE A UNA CORPORACIÓN? Si () No ()		Indique cual: _____				
13) PARTICIPACIÓN DE CAPITAL*: Sólo nacional () Mayoría nacional () Mayoría extranjera () Sólo extranjera ()								
14) NÚMERO DE EMPLEOS INDIRECTOS A GENERAR*				15) INVERSIÓN ESTIMADA (M.N.):*				
16) NOMBRE DEL GESTOR O PROMOVENTE (Anexar carta poderada en no. e membretada del RFC establecimiento industrial y firmada por su representante legal)								
COORDENADAS GEOGRÁFICAS								
Tipo de coordenadas: _____								
Coordenadas X: _____				Coordenadas Y: _____				
Latitud norte: _____				Longitud oeste: _____				
Altitud sobre el nivel del mar: _____ m				Clave catastral: _____				

* Anexar fotostática

* Esta sección será llenada por la SEMARNAP. Presenta copia fotostática simple del documento probatorio por e, emisor, licencia estatal o municipal, documento de radicación de impuestos, etc. en secretarías de estado, licencia de uso de suelo.

* Esta sección será llenada por la SEMARNAP.

* Es el número que resulta de dividir entre 1000 el total de horas trabajadas anualmente, considerando por separado empleados y obreros, para luego sumar el total.

* Esta información es opcional para el particular.

* En caso de presentar Estudio de Piesgo deberá anexarse una hoja membretada, elaborada por la empresa encargada de la elaboración del estudio. En la cual se deberá señalar el nombre de la misma, su domicilio, el nombre del responsable de la elaboración del estudio, su puesto y firma.

ANEXO B

TRÁMITES

MANEJO DE INSCRIPCIÓN COMO EMPRESA GENERADORA DE RESIDUOS PELIGROSOS CLAVES PARA EL LLENADO DEL FORMATO

NOI 057 F COL 03 (1)

Numero de identificación del residuo según las clasificaciones de la Norma NOI-057 F COL 03 (1) sobre el eje 1 (ante el eje 2) de la columna No. 1 (E). Si el residuo no aparece en la lista, se deberá indicar el nombre genérico y sus características (GREF) B.

CLAVE (2)

Clave del residuo peligroso de acuerdo a la siguiente tabla.

CATEGORÍA	TIPO	CLAVE	CATEGORÍA	TIPO	CLAVE
RESIDUOS PELIGROSOS	DELECTABLES	01	LÍQUIDOS PROVENIENTES DE	OTROS PRODUCTOS	01
	FLAMIGEROS	02		OTROS PRODUCTOS	02
	EXPLORIVOS	03		OTROS PRODUCTOS	03
	TRUPLADO DE METALES	04		OTROS PRODUCTOS	04
	OTROS (ESPECIFICAR)	05		OTROS PRODUCTOS	05
SÓLIDOS	CATALÍTICOS	06	SÓLIDOS	OTROS (ESPECIFICAR)	06
	DE DESTILACIÓN	07		OTROS (ESPECIFICAR)	07
	OTROS (ESPECIFICAR)	08		OTROS (ESPECIFICAR)	08
BIOLOGICO- INFECTIVOS	CONTAMINANTES	09	SÓLIDOS	DE MANTENIMIENTO AUTOMÁTICO	09
	CONTAMINANTES	10		CON METALES PESADOS	10
	OBJETOS PATOLÓGICOS	11		CONTAMINANTES	11
	RESIDUOS PATOLÓGICOS	12		OTROS (ESPECIFICAR)	12
	RESIDUOS NO ANATÓMICOS	13		OTROS (ESPECIFICAR)	13
SÓLIDOS	SANITARIO	14	SÓLIDOS	ORGANICOS	14
	OTROS (ESPECIFICAR)	15		ORGANICOS	15
	OTROS (ESPECIFICAR)	16		ORGANICOS	16
SÓLIDOS CON METALES PESADOS	PIRAS	17	SUSTANCIAS CORROSIVAS	ACIDOS	17
	OTROS (ESPECIFICAR)	18		ALCALIS	18
LÍQUIDOS QUE SON OBTENIDOS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN	ORGANICOS	19	OTROS RESIDUOS PELIGROSOS (ESPECIFICAR)	OTROS RESIDUOS PELIGROSOS (ESPECIFICAR)	19
	NO CORROSIVOS	20		OTROS RESIDUOS PELIGROSOS (ESPECIFICAR)	20

UNIDAD (3)

La unidad se deberá expresar con el siguiente catálogo:

CLAVE	UNIDAD	CLAVE	UNIDAD
1	TONELADAS	3	METROS CUBICOS
2	LITROS	4	PIEZAS

CLAVE (4)

Clave del tratamiento o descripción final de acuerdo a las siguientes tablas:

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	CLAVE	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	CLAVE
DISPOSICIÓN FINAL	001	ABSORCIÓN	771
RECUPERACIÓN DE ÁCIDOS	002	ADSORCIÓN CARBÓN ACTIVADO	772
RECUPERACIÓN DE ENERGÍA	003	ALMACÉN	773
RECUPERACIÓN DE METALES	004	CENTRIFUGACIÓN	774
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	005	CRISTALIZACIÓN	775
RECUPERACIÓN DE COMPUESTOS ORGANICOS	006	EXTRACCIÓN	776
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	007	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	777
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	008	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	778
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	009	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	779
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	010	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	780
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	011	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	781
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	012	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	782
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	013	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	783
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	014	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	784
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	015	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	785
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	016	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	786
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	017	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	787
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	018	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	788
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	019	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	789
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	020	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	790
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	021	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	791
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	022	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	792
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	023	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	793
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	024	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	794
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	025	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	795
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	026	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	796
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	027	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	797
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	028	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	798
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	029	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	799
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	030	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	800
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	031	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	801
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	032	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	802
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	033	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	803
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	034	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	804
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	035	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	805
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	036	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	806
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	037	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	807
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	038	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	808
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	039	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	809
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	040	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	810
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	041	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	811
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	042	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	812
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	043	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	813
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	044	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	814
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	045	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	815
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	046	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	816
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	047	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	817
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	048	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	818
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	049	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	819
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	050	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	820
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	051	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	821
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	052	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	822
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	053	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	823
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	054	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	824
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	055	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	825
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	056	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	826
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	057	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	827
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	058	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	828
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	059	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	829
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	060	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	830
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	061	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	831
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	062	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	832
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	063	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	833
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	064	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	834
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	065	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	835
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	066	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	836
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	067	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	837
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	068	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	838
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	069	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	839
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	070	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	840
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	071	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	841
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	072	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	842
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	073	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	843
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	074	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	844
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	075	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	845
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	076	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	846
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	077	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	847
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	078	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	848
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	079	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	849
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	080	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	850
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	081	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	851
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	082	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	852
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	083	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	853
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	084	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	854
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	085	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	855
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	086	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	856
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	087	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	857
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	088	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	858
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	089	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	859
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	090	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	860
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	091	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	861
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	092	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	862
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	093	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	863
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	094	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	864
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	095	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	865
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	096	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	866
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	097	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	867
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	098	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	868
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	099	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	869
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES VOLÁTILES	100	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE	870

ANEXO B

TRÁMITES

REPORTE SEMESTRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS ENVIADOS PARA SU RECICLAJE, TRATAMIENTO O DISPOSICION FINAL CLAVES PARA EL LLENADO DEL FORMATO

NOM-052-ECOL-93 (1)

Número de identificación del residuo según los Listados de la Norma NOM-052-ECOL-93 (clave que se indica en la columna No. INE). Si el residuo no aparece en los listados se deberá indicar el nombre genérico y sus características CRETIB.

CLAVE (2)

Clave del residuo peligroso de acuerdo a la siguiente tabla:

CATEGORIA	TIPO	CLAVE	CATEGORIA	TIPO	CLAVE	
ACEITES GASTADOS	DIELÉCTRICOS	O5	Lodos ACEITOSOS		L6	
	LUBRICANTES	O1				
	HIDRÁULICOS	O3	Lodos PROVENIENTES DE:	GALVANOPLASTIA	L3	
	SOLUBLES	O2		PROCESO DE PINTURAS	L5	
	TEMPLADO DE METALES	O8		TEMPLADO DE METALES	L4	
	OTROS (ESPECIFIQUE)	O4		TRATAMIENTO DE AGUAS DE PROCESO	L2	
BREAS	CATALÍTICAS	B1		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	L1	
	DE DESTILACIÓN	B2		OTROS (ESPECIFIQUE)	L7	
	OTRAS (ESPECIFIQUE)	B3	SÓLIDOS	TELAS, PIELÉS O ASBESTO ENCAPSULADO	SO1	
BIOLÓGICO-INFECCIOSOS	CULTIVOS Y CEPAS	BI1			DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ	SO2
	OBJETOS PUNZOCORTANTES	BI2			CON METALES PESADOS	SO5
	RESIDUOS PATOLÓGICOS	BI3			TORTAS DE FILTRADO	SO3
	RESIDUOS NO ANATÓMICOS	BI4	SOLVENTES	OTROS (ESPECIFIQUE)	SO4	
	SANGRE	BI5			ORGÁNICOS	S1
ESCORIAS CON METALES	FINAS	E1	SUSTANCIAS	ORGANOCORADOS	S2	
	GRANULARES	E2		ACIDOS	C1	
LÍQUIDOS RESIDUALES	CORROSIVOS	LR1	CORROSIVAS	ALCALIS	C2	
	NO CORROSIVOS	LR2	OTROS RESIDUOS		O	

UNIDAD (3)

La unidad se deberá expresar con el siguiente catálogo:

CLAVE	UNIDAD	CLAVE	UNIDAD
1	TONELADAS	3	METROS CUBICOS
2	LITROS	4	PIEZAS

ANEXO B
TRÁMITES



SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE
RECURSOS NATURALES Y PESCA
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DIRECCION GENERAL DE MATERIALES,
RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS

MANIFIESTO DE ENTREGA TRANSPORTE Y RECEPCION
DE RESIDUOS PELIGROSOS

GENERADOR	1.- IDENTIFICACION	No. DE REGISTRO SEMARNAP	No. DE MANIFIESTO	2.- PAGINA
	3.- RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA			
	DOMICILIO _____ C.P. _____		MUNICIPIO O DELEGACION _____ EDO. _____	
TRANSPORTE	4.- TEL. (S) _____ LICENCIA DE SEMARNAP No. _____			
	5.- DESCRIPCION (Nombre del residuo y características CRETIB)	CONTENEDOR	CANTIDAD TOTAL DE RESIDUO	UNIDAD VOLUMEN/PESO
		CAPACIDAD M ³ TIPO		
DESTINATARIO	6.- INSTRUCCIONES ESPECIALES E INFORMACION ADICIONAL PARA EL MANEJO SEGURO			
	7.- CERTIFICACION DEL GENERADOR:			
	DECLARO QUE EL CONTENIDO DE ESTE LOTE ESTA TOTAL Y CORRECTAMENTE DESCRITO MEDIANTE EL NOMBRE DEL RESIDUO, CARACTERISTICAS CRETIB, BIEN EMBACADO, MARCADO Y ROTULADO, Y QUE SE HAN PREVISTO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA SU TRANSPORTE POR VIA TERRESTRE DE ACUERDO A LA LEGISLACION NACIONAL VIGENTE.			
	NOMBRE: _____ CARGO: _____		FIRMA: _____ FECHA: _____ DIA MES AÑO	
TRANSPORTE	8.- NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTADORA:			
	DOMICILIO: _____ TEL. _____		No. DE REGISTRO S.C.T. _____	
	9.- RECIBI DE LOS MATERIALES DESCRITOS EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE.			
	NOMBRE: _____ CARGO: _____		FIRMA: _____ FECHA DE EMBARQUE: _____ DIA MES AÑO	
DESTINATARIO	10.- RUTA DE LA EMPRESA GENERADORA HASTA SU ENTREGA.			
	11.- TIPO DE VEHICULO _____		No. DE PLACA: _____	
	12.- NOMBRE DE LA EMPRESA: _____ LICENCIA SEMARNAP: _____			
	DOMICILIO: _____			
DESTINATARIO	13.- RECIBI DE LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO.			
	OBSERVACIONES: _____			
	NOMBRE: _____ CARGO: _____		FIRMA: _____ FECHA DE RECIBIDO: _____ DIA MES AÑO	

ANEXO C

ETIQUETA PARA CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS Y/O MATERIALES PELIGROSOS.

RIESGO EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

RIESGO ESPECÍFICOS	REACTIVIDAD
OXY OXIDANTE	1. AGUA DE REFINANCIA
ACID ACIDO	2. FLUORO O FOSFORO PERO
ALC ALCALI	3. QUE GERE GAMA FLU ENFER
CORR CORROSIVO	DE INICIO
W NO USE AGUA	4. CAMBIO QUIMICO VOLLENTO
☼ RIESGO DE RADIACION	5. INSTABLE S DE CASENTA
	6. ESTABLE

PRODUCTO: _____

DESTINO: _____

CRETIB: _____

CLAVE: _____

FECHA DE RECEPCION: _____

LOTE: _____

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL _____

ANEXO C

ETIQUETA PARA CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS Y/O MATERIALES PELIGROSOS.

RESIDUOS PELIGROSOS	
CONTENIDO: _____	CLAVE: _____
ZONA DE RECOLECCION No. _____	PLANTA: _____
FECHA DE INSTALACION: _____	FOLIO: 9 4 00002
FECHA DE RECOLECCION: _____	

RESIDUOS PELIGROSOS																					
ESTRICTAMENTE PROHIBIDO TIRAR EL CONTENIDO DE ESTE RECIPIENTE AL DRENAJE, RIOS, TERRENCIOS DE BASURA, RELENOS SANITARIOS, ETC. SI SE ENCUENTRA, NOTIFICAR LAS AUTORIDADES MAS CERCANAS O A LA SEDESO.																					
NOMBRE DEL RESIDUO: _____	CODIGO SEDU: _____																				
CEBISADOR: _____	TELEFONO: _____																				
DOMICILIO: _____	CUIDAD: _____																				
DESTINATARIO																					
NOMBRE: _____																					
DOMICILIO: _____																					
CUIDAD: _____	ESTADO: _____																				
TELEFONO: _____																					
SEDE (CPA) CEN HP: _____																					
MANIFIESTO HP: _____																					
<p style="text-align: center;"><small>Durante su manejo, transporte o en caso de emergencia, las siguientes acciones de prioridad:</small></p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Correas Perforadas</td> <td><input type="checkbox"/> Sello de Seguridad</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Cables de Seguridad</td> <td><input type="checkbox"/> Muestreo & Caracterización</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Químicos de Seguridad</td> <td><input type="checkbox"/> Inspección Adicional</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Tratamiento de Seguridad</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Residuo Substancial</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Correas Perforadas	<input type="checkbox"/> Sello de Seguridad	<input type="checkbox"/> Cables de Seguridad	<input type="checkbox"/> Muestreo & Caracterización	<input type="checkbox"/> Químicos de Seguridad	<input type="checkbox"/> Inspección Adicional		<input type="checkbox"/> Tratamiento de Seguridad		<input type="checkbox"/> Residuo Substancial	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> C. Residuo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> S. Sólido</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> L. Líquido</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> G. Gaseoso</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> I. Inflamable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> C. Residuo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> S. Sólido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> L. Líquido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> G. Gaseoso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> I. Inflamable	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Correas Perforadas	<input type="checkbox"/> Sello de Seguridad																				
<input type="checkbox"/> Cables de Seguridad	<input type="checkbox"/> Muestreo & Caracterización																				
<input type="checkbox"/> Químicos de Seguridad	<input type="checkbox"/> Inspección Adicional																				
	<input type="checkbox"/> Tratamiento de Seguridad																				
	<input type="checkbox"/> Residuo Substancial																				
<input type="checkbox"/> C. Residuo	<input type="checkbox"/>																				
<input type="checkbox"/> S. Sólido	<input type="checkbox"/>																				
<input type="checkbox"/> L. Líquido	<input type="checkbox"/>																				
<input type="checkbox"/> G. Gaseoso	<input type="checkbox"/>																				
<input type="checkbox"/> I. Inflamable	<input type="checkbox"/>																				
CONTENIDO APROXIMADO																					
_____ KG/L.																					
_____ LIT.																					
MANEJES CON CUIDADO CONTIENE RESIDUOS PELIGROSOS																					
ZONA: _____																					

BIBLIOGRAFÍA.

1.- A COMPENDIUM OF TECHNOLOGIES USED IN THE TREATMENT OF HAZARDOUS WASTES.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

CENTER FOR ENVIRONMENTAL RESEARCH AND DEVELOPMENT U. S. EPA, CINCINNATI. OH 45286, 1991

(Cap. V)

2.- C. CARGO TANK HAZARDOUS MATERIAL REGULATIONS

NATIONAL TANK TRUCK CARRIERS, INC.

HARVISON, J.L. y L. METCALFE EDS., p. 155, E.U.A. 1992.

(Cap. V)

3.- CHEMISTRY OF HAZARDOUS MATERIALS.

MEYER, EUGENE.

PRENTICE HALL BUILDING, NEW JERSEY, 1989.

(Cap. II)

4.- DERECHO AMBIENTAL.

GONZÁLEZ MÁRQUEZ, JOSÉ JUAN.

U.A.M., UNIDAD AZCAPOTZALCO, MÉXICO D.F., 1994.

(Caps. II, IV)

5.- DESTRUCTION OF HAZARDOUS CHEMICALS IN THE LABORATORY.

LUNN, GEORGE. SANSONE, ERIC B.

JOHN WILEY & SONS, USA 1990.

(Cap. V)

6.- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN

D.O.F.

MÉXICO, D.F., 19 DE ENERO DE 1987, 25 DE NOVIEMBRE DE 1988, 3 DE MAYO DE 1989, 10 DE JULIO DE 1992,
22 DE OCTUBRE DE 1993.

(Caps. I, IV)

BIBLIOGRAFÍA.

7.- FASCICULO N° 6

CENAPRED.

JUNIO 1993, MEXICO D.F.

(Cap. II, III, IV, V)

8.-GUÍAS ECOLÓGICAS

SEDESOL

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, MÉXICO, D.F. 15 DE NOVIEMBRE DE 1991

(Cap. IV)

9.- HEALTH ASSESSMENT FORMAT, GUIDELINES AND METHODOLOGY.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY.

U.S. PUBLIC HEALTH SERVICES, EUA 1989.

(Cap. II)

10.- HAZARDOUS AND TOXIC MATERIALS / SAFE HANDLING AND DISPOSAL.

FAWCETT, HOWARD H.

JOHN WILEY & SONS, USA 1988. SECOND EDITION.

(Caps. II, V)

11.- HAZZARDOUS WASTE MANAGEMENT.

DAWSON, GAYNOR W., MERCER, BBASIL W.

JOHN WILEY & SONS, USA 1986.

(Cap. V)

12.- INDUSTRIAL AND HAZARDOUS WASTE TREATMENT.

NEROW, NELSON LOENARD., DASGUPTA, AVIJIT.

VAN NOSTRAND REINHOLD, NEW YORK USA, 1995.

(Cap V)

BIBLIOGRAFÍA.

13.- INDUSTRIAL WASTE CONFERENCE.

PROCEEDINGS OF THE 43rd. NOTES MAY 10, 11, 12 / 1988.

LEWIS PUBLISHERS, INC., 1989.

(Cap. III)

14.- INFORME ANUAL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA.

SEDESOL

SEDESOL, MEXICO, D.F. 1992.

(Cap. III)

15.- INTRODUCTION TO ENVIROMENTAL ENGINEERING.

DAVIS, M.L., CORNWELL, D. A.

McGRAW HILL., USA, 1991.

(Caps. II, IV)

16.- LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

SEMARNAP

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN 13 DE DICIEMBRE DE 1996.

(Cap. IV)

17.- LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO.

RIVERO SERRANO, OCTAVIO. PONCIANO RODRÍGUEZ, GUADALUPE.

PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE, U.N.A.M., MÉXICO 1996.

(Caps. I, II, III, IV, V)

18.- MANAGING THE RISKS OF HAZARDOUS WASTE

CONGRESS OF THE UNITED STATES. OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT.

E.U.A. 1983.

(Cap. V)

BIBLIOGRAFÍA.

19.- MANEJO DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES EN MÉXICO.

ORTIZ MONASTERIO F., C. CORTINAS NAVA Y L. MAFFEY GARCIA.
FUNDACIÓN UNIVERSO XXI, MÉXICO 1987.

(Cap. V)

20.- MEMORIAS CURSO-TALLER "MANEJO Y DISPOSICION DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA MAQUILADORA"

PROFEPA / ITES MONTERREY
MEXICO, D.F. 1995.

(Caps. II, III, V)

21.- MEMORIAS CURSO-TALLER "TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS"

PROFEPA / ITES MONTERREY
MEXICO, D.F. 1995.

(Cap. V)

22.- PETROLEUM CONTAMINATED SOILS / REMEDIATION TECHNIQUES ENVIRONMENTAL FATE RISK ASSESSMENT.

KOSTECKI, PAUL T., CALABRESE, EDWARD J.
LEWIS PUBLISHERS, USA 1989.

(Cap. V)

23.- PUBLIC HEALT AND HAZARDOUS WASTE

NATIONAL RESEACH COUNCIL, ENVIROMENTAL EPIDEMIOLOGY.
NATIONAL ACADEMY PRESS WASHINGTON D.C. E.U.A. 1991.

(Cap. II)

24.- REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.

COORDINACIÓN GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL.
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTE, MÉXICO, D.F. 1993.

(Cap. IV)

BIBLIOGRAFÍA.

25.- REGULACIÓN Y GESTIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN MÉXICO, ENMARCADOS EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA

SEDESOL, MÉXICO, D.F. 1997

(Caps. III, IV)

26.- RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO.

SEMARNAP.

FRANCISCO JAVIER GARFIAS Y AYALA, U.N.A.M. MÉXICO, D.F. 1996.

(Caps. I, II, III, IV, V)

27.- RESIDUOS PELIGROSOS.

RIVERO SERRANO, OCTAVIO. GARFIAS VÁZQUEZ, MARGARITA.

PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE, U.N.A.M., MÉXICO 1996.

(Caps. I, II, III, IV, V)

28.- SOLID WASTE MANAGEMENT ENGINEERING.

PFEFFER, JOHN T.

PRENTICE HALL, NEW JERSEY 1992.

(Caps. II, V)

29.- SERIE MONOGRAFÍAS N°. 3, 5, 7.

SEDESOL

SEDESOL, MÉXICO, D.F. 1994

(Caps. III / 3; V / 5; I, II, III, IV, V / 7)

30.- XIII CENSO INDUSTRIAL

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA

INEGI 1989.

INEGI 1996.

(Cap. IV)