



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
CAMPO 1

Tesis:

Residuos Químicos Peligrosos en
Instituciones de Educación Superior

Que PRESENTA:

Ascencio Ángeles Tanya Fabiola.

Para obtener el título de:

QUÍMICA FARMACÉUTICA BIÓLOGA

ASESOR:

QFB. Palomar Morales Ladislao.

Cuautitlán Izcalli, Febrero del 2009



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.

“Perseverancia no es una larga carrera; son pequeñas carreras una después de la otra.” Walter E lliott.

Esto solo es una recompensa de un camino que empecé a los cinco años, en el que fui encontrando personas y amigos que formaron y forman parte de mi vida... Como voy a olvidar mi estancia en el CCH - Azcapotzalco, donde encontré a mis primeras amigochas (casi hermanas), G.R.K.M. (Lita) y G.D.I. (Coneja). Aquí ya pertenecía orgullosamente a la gran casa de estudios la UNAM (acaso hay otra?) y me atrevo a decir que hasta ahora esta ha sido la época más bonita de mi vida.

Tres años después ingrese la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán- Campo 1, en la que forme parte de una extraña generación (la 26) que me permitió conocer a una gran persona y amiga-M.R.B. (Bety)- que siempre ha creído en mí y me ha dado tanto sin esperar recibir nada a cambio, pues mi amistad siempre la tendrá. Y de no ser por los benditos recuses, no hubiera conocido a mi generación adoptiva (la 27) en la que encontré amigos como: L.R.M.V. (Vicky, que para toda ocasión siempre tuvo las palabras indicadas), R.H.AM. (Dory, la persona que comparte la mayoría de mis locuras y mis regañones..je je), R.J.J.A. (Braham, no importa que tan chocoso parezca es un buen amigo), F.G.M.E. (el Borrego, el chico más loco y luchón que conozco), Marilyn (la última amiga que ya no pensé encontrar), José Luis (un chico algo extraño) y Humberto (un colado 25 que nunca sabré cuando está hablando en serio). Con los cuales espero pasar más momentos inolvidables y chuscos (para estos Dory se pinta sola).

Le doy gracias a todos mis profesores que me compartieron parte de su conocimiento-son tantos que no podría mencionar a todos. Pero como una pequeña forma de gratitud, trate de incluir como jurado de mi primera tesis que tendré de licenciatura, no solo a buenos profesores, si no a excelentes personas (lástima que el jurado solo conste de 5 personas-porque hubiera incluido al profesor Bernardo). Y ya fuera poco o mucho, sus observaciones y paciencia fueron de gran ayuda a que este proyecto fuera palpable; en especial agradezco a mi asesor Ladislao por proponerme el tema y al profesor Aguilera, del cual no me arrepiento de haberlo escogido, ya que aunque me detuvo bastante y a veces me desesperaba, su ayuda aportó mas especificidad a mi tesis y bien valió la espera (no lo pude poner como co-asesor por cosas administrativas y no sé si cuente para él, pero para mí lo fue).

De igual forma al realizar mi servicio social en el I ndre, también tuve la oportunidad de conocer y trabajar con excelentes profesores como Chucho y Juanito que antes que Q.B.P. fueron mis amigos (su único defecto fue ser del Poli).

Y como siempre al final lo mejor, "mi Familia":

- ~ Erick; realmente lamento que te fueras a la edad en la que uno verdaderamente valora a los hermanos y gracias por apoyarme económicamente cuando más lo necesite.*
- ~ Diana; aunque compartimos muchos años el mismo cuarto, la realidad es que creí que no teníamos nada en común (por que nos aislamos bastante), pero espero que ahora que llegue a tu vida esa persona no me echas a un lado de nuevo, porque aunque no lo creas te quiero mucho y me agrada estar contigo, para de vez en cuando darte un consejo como la hermana mayor que soy. Gracias por quererme y tratar de entenderme.*
- ~ Papá; lamento no ser lo que esperabas, y aunque no lo creas lo que me propongo lo consigo siempre. Gracias por tu manera taaaan extraña de quererme.*
- ~ Mamá; el Ángel que dios me permitió conservar por más tiempo , has sido mi mejor amiga, mi luz de esos días tan oscuros, la persona que haga lo que haga siempre creará en mí y me dará la fuerza de seguir adelante, gracias por enseñarme poco a poco ha creer en mí (esto es por tí).*

Febrero del 2008.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE

ATN: L. A. ARACELI HERRERA MERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

DRA. SUÉMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Residuos químicos peligrosos en instituciones de
educación superior

que presenta la pasante: Tanya Fabiola Ascencio Angeles
con número de cuenta: 096044733 para obtener el título de:
química Farmacéutica Bióloga

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Noviembre de 2008.

PRESIDENTE	<u>IQM. Rafael Sampedro Morales</u>	
VOCAL	<u>MC. José Luis Aguilera Fuentes</u>	
SECRETARIO	<u>QFB. Ladislao Palomar Morales</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Dra. Susana Elisa Mendoza Elvira</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>MC. Oscar Zúñiga Lemus</u>	

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABREVIATURAS	vi
OBJETIVOS	viii
JUSTIFICACIÓN	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. RESIDUOS PELIGROSOS	4
2.1 Definición	4
2.2 Criterios empleados para definir la peligrosidad de un residuo.	5
3. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR SI UN RESIDUO ES PELIGROSO	6
3.1 Características CRETIB que definen a un residuo como peligroso.	7
3.2 Clasificación de residuos peligrosos en instituciones de educación superior.....	7
4. GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS	11
4.1 clasificación.....	11
4.2 Obligaciones de las instituciones de educación superior como generadoras de residuos peligrosos.	13
5. MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	14
5.1 Envasado y etiquetado.....	14
5.2 Almacenamiento temporal	16
5.3 Solicitud de autorización para la recolección y transporte de residuos peligrosos.....	19
6. REGULACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO	21
6.1 Marco jurídico y normatividad vigente.....	21
7. TRATAMIENTO	29
7.1 Desactivación de residuos químicos en instituciones de educación superior.....	29



7.2	Métodos de disposición final utilizados por gestores autorizados.....	31
7.2.1	Físico-químicos.....	32
7.2.2	Rellenos sanitarios.....	36
7.2.3	Domos salinos.....	36
7.2.4	Confinamiento.....	37
8.	REQUISITOS PARA LOS SITIOS DESTINADOS AL CONFINAMIENTO CONTROLADO Y CIMARI	40
8.1	Centros Integrales para el manejo y aprovechamiento de residuos industriales (CIMARI).....	43
9.	PRODUCCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO	45
9.1	Producción en la ZMVM.....	46
9.2	Sitios de disposición clandestina en restauración.....	49
9.3	Costos del manejo de residuos industriales.....	51
10.	ACUERDOS INTERNACIONALES.	53
10.1	Acuerdo de la Paz	53
10.2	Convenio de Basilea	54
10.3	Agenda 21.....	56
10.4	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).....	57
11.	CONSIDERACIONES FINALES Y NECESIDADES	61
11.1	Minimización de los residuos químicos peligrosos en instituciones de educación superior.....	62
12.	CONCLUSIONES.....	65
13.	GLOSARIO.....	67
14.	ANEXOS.....	72
15.	BIBLIOGRAFÍA	85



ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1	Ejemplos de RP de acuerdo con sus propiedades CRETIB..... 8
Tabla 2	Obligaciones de generadores de RP de acuerdo a su categoría 12
Tabla 3	Lineamientos para el diseño de la zona de almacenamiento de RP 17
Tabla 4	Principales pares de sustancias incompatibles 18
Tabla 5	Normatividad vigente en materia de RP 25
Tabla 6	NOM relacionadas con el transporte de RP 28
Tabla 7	Desactivación de algunos RQP de laboratorio 30
Tabla 8	Tratamientos fisicoquímicos específicos de RP 35
Tabla 9	Límites de RP que pueden disponerse en rellenos sanitarios. 36
Tabla 10	Resumen por tipo de tratamiento según reportes de las empresas de servicios (2004) 39
Tabla 11	Requisitos que debe cumplir una empresa para obtener la autorización de instalación y operación para otorgar servicio de manejo de RP (recicladoras, incineradores, confinamientos controlados, entre otras)..... 42
Tabla 12	Distribución geográfica de las empresas autorizadas a proporcionar servicios de manejo de RP en México..... 44
Tabla 13	Categorías y cantidades de RP reciclables generados en la ZMVM..... 46
Tabla 14	Principales generadores de RP en México..... 47
Tabla 15	Capacidad autorizada por tipo de manejo de RP 48
Tabla 16	Relación de sitios afectados por disposición inadecuada de RP..... 50
Tabla 17	Comparativo de costos actuales de manejo de residuos industriales peligrosos entre México y Estados Unidos..... 52
Tabla 18	Principales disposiciones del Convenio de Basilea 55
Tabla 19	Decisiones adoptadas por la OCDE en materia de manejo transfronterizo de RP..... 58
Tabla 20	Algunos RQP identificados en la FESC..... 61
Tabla 21	RP almacenados en los laboratorios de la FESC..... 61
Tabla 22	Alternativas en el uso de productos peligrosos en el laboratorio..... 63
Tabla 23	Ejemplos de sustitución de compuestos peligrosos 63



ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1	Diagrama de flujo del procedimiento para identificar la peligrosidad de un residuo (listados y caracterización) 9
Figura 2	Etiqueta de residuos peligrosos 14
Figura 3	Diagrama conceptual para el manejo y aprovechamiento de RQP 35
Figura 4	Resumen de inversiones 50



RESUMEN

Las implicaciones de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos para la salud y el ambiente, han quedado ampliamente evidenciadas por sucesos que pusieron de relieve que es más costoso remediar que prevenir.

Este trabajo busca contribuir con una metodología adecuada de manejo de los residuos peligrosos generados por las instituciones educativas, de manera que se dé cumplimiento con la legislación vigente, mediante la gestión adecuada de residuos químicos que reduzca la cantidad generada al más bajo nivel. Incluye desde lo que es un residuo, la forma en que la ley decreta normas que controlen el almacenamiento, transporte y el cuidado de los mismos, al grado y volumen producidos en México. Este texto debe considerarse como sumamente básico, ya que en ninguno de los aspectos abordados se pretendió profundizar y realizar un análisis técnico riguroso.



ABREVIATURAS

Art	Artículo
BPC	Bifenilo policlorado
BTU	Unidad térmica británica
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
CIMARI	Centro Integral para el Manejo y Aprovechamiento de Residuos Industriales
CRETIB	Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico-Infecioso
CRETI	Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable.
DGGIMAR	Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas
DGMRAR	Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas
DGOEIA	Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental
DOF	Diario Oficial De La Federación
ECOL	Secretaría de Ecología
EMP	Plan de manejo ambiental
EPA	Agencia de Protección Ambiental
EUA	Estados Unidos de América
FESC	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
HC	Hidrocarburos
INE	Instituto Nacional de Ecología
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
MIA	Manifiesto de Impacto Ambiental
N° CAS	Número del Chemical Abstract Service (Servicio de Resúmenes Químicos)
NOM	Norma Oficial Mexicana
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas



PECT	Procedimiento de Extracción de Constituyentes Tóxicos
pH	Potencial de hidrógeno
PISQ	Programa Internacional de Seguridad Química
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RCRA	Ley de Conservación y Recuperación de Recursos
REMEXMAR	Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos
REPAMAR	Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos
RP	Residuo peligroso
RQP	Residuo químico peligroso
SECRETARIA	SEMARNAT
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEDUE	Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología
SEMARNAP	Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SSA	Secretaria de Salud
SSA1	Secretaria de Salud (usada en la nomenclatura de las NOM)
TLC	Tratado de Libre Comercio
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
Ton	Tonelada
UCAI	Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USD	Dólares
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México



OBJETIVO GENERAL:

Contribuir al manejo adecuado de los residuos químicos peligrosos en las instituciones de educación superior, a través de dar a conocer las obligaciones de los generadores, lo que facilitará establecer una gestión integral eficiente, que permita promover el cuidado del medio ambiente y proteger la salud de la comunidad universitaria.

Particulares:

- Informar a la comunidad universitaria la manera en que deben ser realizadas las operaciones de acumulación, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos dentro de la universidad, mediante la comunicación de riesgos, para con ello evitar el impacto ambiental que estos producen.
- Dar a conocer de una manera general, la situación que existe sobre los residuos peligrosos, abarcando una panorámica nacional que cree consciencia en que este puede convertirse en un gran problema si no se maneja adecuadamente.

JUSTIFICACIÓN

La gestión de los residuos producidos en el laboratorio es un requisito necesario para obtener unas condiciones de trabajo seguras y saludables, siendo además imprescindibles en aquellos laboratorios que quieran una armonización internacional de sus métodos de ensayo dentro de los denominados “Principios de buenas prácticas de laboratorio”



**... HOY DÍA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS REPRESENTA UNO
DE LOS RETOS MÁS
IMPORTANTES QUE ENFRENTAN LAS AUTORIDADES DE LOS TRES
ÓRDENES DE GOBIERNO,
LOS PRESTADORES DE SERVICIO Y LA SOCIEDAD EN SU CONJUNTO.**
VÍCTOR JAVIER GUTIÉRREZ AVEDOY



1. INTRODUCCIÓN

Los productos químicos son indispensables en nuestra sociedad: facilitan las actividades del hombre, aumentan su bienestar, previenen y curan enfermedades, favorecen la productividad agrícola, y rinden otros muchos beneficios. Sin embargo su empleo inadecuado es capaz de provocar efectos adversos sobre la salud humana y el ambiente y generar una gran cantidad de residuos peligrosos (**RP**).¹

En los años setenta, la conciencia sobre la protección al ambiente se vio reflejada con la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (**SEDUE**) que entre otras funciones tenía la emisión de normas, criterios, procedimientos y permisos, etcétera, para prevenir y controlar la contaminación ambiental. Más tarde esta secretaria se reemplazó por la Secretaría de Desarrollo Social (**SEDESOL**) que estableció dos organismos descentralizados: la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (**PROFEPA**) y el Instituto Nacional de Ecología (**INE**). En 1994 se creó la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (**SEMARNAP**) como autoridad central. El **INE** y **PROFEPA** se subordinaron al mando de la Secretaria. Su nombre vigente es Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**). Pero es hasta 1998, que la contaminación de cuerpos de agua (principalmente las aguas subterráneas) causada por la disposición inadecuada de RP hizo que los países industrializados dieran una alta prioridad a su manejo, fecha en que en México se publica la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (**LGEEPA**), su Reglamento en Materia de RP y siete Normas Oficiales Mexicanas (**NOM**); a este respecto se crea la obligación por parte de los generadores de RP de manifestar dicha generación, así como de darles un manejo adecuado a través de empresas de servicio autorizadas.^{2, 3, 4}

En 1996 México se adhirió a la Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos (**REPAMAR**) para integrarse a la búsqueda de la gestión de residuos con miras al desarrollo sustentable. Entre 1996 y 2001 se crearon en México núcleos técnicos de la Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos (**REMEXMAR**). Participaron 22 de las 32 entidades federativas de nuestro país, entre las que se encuentran empresas, gobierno, instituciones académicas y otros que conforman esta red.²



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 acerca de sus propiedades fisicoquímicas, 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, RP 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 RP pueden dar lugar a problemas transfronterizos si son arrastrados por agua o aire hacia países vecinos de los que los generaron. ⁵

Aunque la legislación ambiental de los RP se enfocó en sus inicios al manejo de los generados por la industria, la cual utiliza de manera relativamente constante un número fijo de materiales peligrosos, así como de procesos, y genera volúmenes significativos de un número pequeño de RP distintos. En instituciones de educación superior, se genera una cantidad significativa de residuos químicos peligrosos (**RQP**), que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, inflamables, tóxicas y biológico-infecciosas (**CRETIB**) y por su forma de manejo pueden presentar un riesgo para el equilibrio ecológico y la salud de la población en general, por lo que es necesario elaborar e implementar un "Programa para el manejo de residuos peligrosos", que determine los criterios, procedimientos, características y listados que les identifiquen. En el caso de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (**FESC**), que cuenta con licenciaturas con un fuerte componente experimental, los residuos generados son usualmente mezclas, soluciones contaminadas y sustancias químicas inusuales en cantidades menores a 4 litros, que incluyen ácidos inorgánicos, bases, solventes orgánicos, metales, y un gran número de polvos secos, y productos de reacción de experimentos, por tal motivo Investigadores y supervisores de laboratorio tienen la responsabilidad primaria de asegurar que todos los residuos químicos sean recolectados al terminar el proceso durante el cual se originaron; de igual forma hacer que las políticas y directrices establecidas sean seguidas por todo el personal, incluyendo a otros investigadores y estudiantes. ^{6, 7, 8, 45}



En el caso de las instituciones educativas, respecto a los RP pueden establecerse dos grupos:⁵

- Las que consumen algunos materiales y productos que al desecharse se convierten en RP por contener sustancias **CRETIB** en pequeñas cantidades;
- Las que, además de lo anterior, realizan prácticas de laboratorio o proyectos de investigación en los que se utilizan reactivos con características peligrosas que se convierten en RP al desecharse.

Por tal razón la gestión de los RQP en instituciones de educación superior es sin duda una actividad de gran relevancia, dados los efectos que éstos pueden tener en la salud de la población y de los ecosistemas, ocasionando costos adicionales a la sociedad por concepto de servicios de salud, baja en la productividad y remediación de ecosistemas afectados. Esta actividad suele basarse en principios internacionalmente aceptados, como son la jerarquía de manejo y el principio precautorio.⁹

Se entiende entonces, que una institución educativa que al mismo tiempo genere residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, deberá identificar en qué áreas de sus instalaciones los generan, las medidas que le permitan evitar su generación, y cuando esto no sea posible, buscar formas de valorizar los residuos en el marco de una gestión integral. Las instituciones de educación superior aceptan que es importante regular el manejo de sus RP, pero también hacen ver que la legislación en la materia no es apropiada para ellas y requiere adaptarse.^{5, 45}



2. RESIDUOS PELIGROSOS

La primera Legislación enfocada exclusivamente a los aspectos ambientales de las actividades fue la **LGEEPA** publicada en el Diario Oficial de la Federación (**DOF**), el 28 de enero de 1988; siendo el ordenamiento jurídico que establece las directrices para la gestión de los residuos, ya sea en lo referente a la prevención y control de la contaminación del agua y del suelo o al manejo de los RP. Sin embargo, el 8 de octubre de 2003 se publicó en el **DOF**, un nuevo instrumento denominado Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (**LGPGIR**), que entró en vigor el 6 de enero de 2004.^{10, 11, 3}

En la **LGPGIR** se establece como objeto principal regular la prevención de la generación, el aprovechamiento del valor y la gestión de todo tipo de residuos. De igual forma regula, en el ámbito federal, la expedición de las **NOM** y los aspectos directamente asociados con la generación, manejo y disposición final de RP y, en el ámbito local, establece las bases para que las legislaturas estatales y municipales emitan la normatividad necesaria, para atender la problemática particular de su localidad o región, relacionada con los residuos de su jurisdicción.^{11, 3}

2.1. Definición

Es así, que para la **LGPGIR** se entiende por **Residuo**:¹⁰

El material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.

De igual forma define a los **Residuos Peligrosos** como:¹⁰

Residuo que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o biológico infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados



2.2. Criterios empleados para definir la peligrosidad de un residuo

Aunque los criterios para definir la peligrosidad de un residuo pueden variar según el país de que se trate (por tipo de fuente, tipo de residuo, componentes, y características o propiedades), en general todos ellos recurren a las características **CRETIB**.⁷

Los criterios empleados normalmente para definir la peligrosidad de un residuo, son los que a continuación se indican:⁷

- No1. Por tipo de fuente generadora.
- No2. Por tipo de residuos.
- No3. Por lista de componentes potencialmente peligrosos.
- No4. Por características relativas a sus propiedades.
- No5. Considerando más de uno de los criterios mencionados.

Podemos decir que Alemania aplica el criterio No.1, Dinamarca el No. 2 estableciendo límites de concentración para los componentes peligrosos, a diferencia de Irlanda que no aplica ningún límite de concentración; mientras que Bélgica y Francia el No. 3, e Inglaterra el No. 4. Países como E.U.A., México y Brasil, emplean una mezcla de criterios interactuando entre sí, que incluye los siguientes: por fuente generadora, por tipo de residuos y por características relativas a sus propiedades.⁷

En este sentido, la Comunidad Europea aplica el criterio No. 3, indicando además los límites de concentración permisibles, para los componentes considerados como peligrosos.⁷

La diferencia básica entre los sistemas de clasificación de RP de México y otros países, radica en las condiciones que establecen sus regulaciones sobre las obligaciones de minimización, neutralización o reutilización por parte del generador, y los requisitos para su disposición, atendiendo a su peligrosidad o volumen de generación. En algunos países, el grado de peligrosidad o el riesgo potencial que tiene un residuo, se califica mediante escalas con términos como peligroso, inerte y no-inerte; o tal como lo hace la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (**OCDE**) generando los listados **rojo**, **ámbar** y **verde**, lo que permite establecer una relación lógica y eficiente entre el peligro que entraña un residuo y los mecanismos y costos que conlleva su manejo y disposición.^{7, 12}



3. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR SI UN RESIDUO ES PELIGROSO

La naturaleza de los RP es muy diversa, ya que el mismo producto puede generar residuos diferentes tanto cualitativa como cuantitativamente dependiendo del proceso que utilicen y contener una enorme diversidad de compuestos químicos que dependiendo de su grado de concentración y otras características, van adquiriendo una potencialidad diferente de provocar impactos. La **NOM 052-SEMARNAT-2005**, la cual es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional; establece las características de los RP, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los mismos.

12, 13

El procedimiento que debe de seguir el generador para determinar si éstos son peligrosos o no, es el siguiente: ¹³

1. El generador debe revisar los listados de RP incluidos en la **NOM 052**, para determinar si los residuos que generan están clasificados en la misma.
 - Listado 1 Clasificación de residuos peligrosos por fuente específica (definidas por giro o proceso industrial).
 - Listado 2 Clasificación de residuos peligrosos por fuente no específica (diferentes giros o procesos).
 - Listado 3 Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificaciones o caducos (Tóxicos Agudos).
 - Listado 4 Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificaciones o caducos (Tóxicos Crónicos).
 - Listado 5 Clasificación por tipo de residuos, sujetos a condiciones particulares de manejo.
2. Si el residuo no se encuentra en los listados, pero el generador conoce las características que hacen a su RP, podrá manifestarlo como tal sin necesidad de presentar análisis **CRETIB**, reportándolo con los códigos correspondientes y manejándolo conforme a las disposiciones legales vigentes aplicables a RP.
3. Si el residuo no se encuentra en los listados, y el generador desconoce su peligrosidad, deberá llevar a cabo el análisis de laboratorio para determinar las características **CRETIB** del residuo (la muestra del residuo debe ser tomada por el laboratorio que realizará el análisis).



3.1. Características CRETIB que definen a un residuo como peligroso

El residuo es peligroso si presenta al menos una de las siguientes características, bajo las siguientes condiciones.

- a. **Corrosividad.**- Un residuo se considera peligroso por su corrosividad cuando:
 - En un líquido acuoso con un pH menor ó igual a 2.0 o mayor ó igual a 12.5.
 - En un líquido no acuoso, capaz de corroer el acero al carbono, tipo 1020 bajo la norma SAE, a una velocidad de 6.35 mm o más por año a 328 °K. (55 °C).
 - Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor ó igual a 2.0 o mayor ó igual a 12.5.

- b. **Reactividad.**- Un residuo es peligroso por su reactividad cuando:
 - Es un líquido o sólido que al contacto con el aire se inflame en un tiempo menor a 5 minutos sin una fuente de ignición externa.
 - Al contacto con agua reacciona espontáneamente generando gases inflamables en una cantidad mayor de un litro por kilogramo de residuo en una hora.
 - Al contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor.
 - Posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables que cuando se expongan a condiciones ácidas generan gases, vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCN/Kg de residuo ó 500 mg de H₂S/Kg de residuo.

- c. **Explosividad.**- Un residuo debe ser considerado peligroso por su explosividad cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento.

- d. **Toxicidad al ambiente.**- Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente, cuando después de aplicar la prueba de extracción para toxicidad conforme a la **NOM-053-SEMARNAT-1993**, el lixiviado de la muestra representativa obtenido contenga cualquiera de los constituyentes listados en la Tabla 2 de la **NOM-052**-en una concentración mayor a los límites ahí señalados (ver anexo 5).

- d. **Inflamabilidad.**- Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad, cuando:
 - Es líquido o una mezcla de líquidos que contenga sólidos en solución o suspensión y tiene un punto de inflamación inferior a 60.5 °C (se excluyen soluciones acuosas con menos del 24 % de alcohol).
 - En solución acuosa, contiene más del 24 % de alcohol en volumen.
 - No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C.
 - Es un gas que, a 20°C y una presión de 101.3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12%.
 - Es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.



- f. **Características biológico infecciosas.** se considera peligroso por lo siguiente:
- Contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.
 - Contiene toxinas que causen efectos nocivos a seres vivos.

La Tabla 1 presenta algunos ejemplos de RP de acuerdo a las propiedades **CRETIB**.

Tabla1. Ejemplos de RP de acuerdo con sus propiedades **CRETIB**

CORROSIVO	REACTIVO	EXPLOSIVO	TÓXICO	INFLAMABLE	BIOLÓGICO
Ácidos fuertes	Nitratos	Peróxidos	Cianuros	Hidrocarburos alifáticos	Sangre humana
Bases fuertes	Metales alcalinos	Cloratos	Arsénico y sales	Hidrocarburos aromáticos	Agentes infecciosos
Fenol	Fosgeno	Percloratos	Plomo	Alcoholes	Desechos de pacientes infecciosos
Bromo	Metil isocianato	Ácido pícrico	Polifenoles	Éteres	Especímenes patológicos y quirúrgicos
Hidracina	Magnesio	Trinitrotolueno	Fenol	Aldehídos	
	Cloruro de acetilo	Trinitrobenceno	Anilina	Cetonas	
	Hidruros metálicos	Permanganato de potasio	Nitrobenceno	Fósforo	

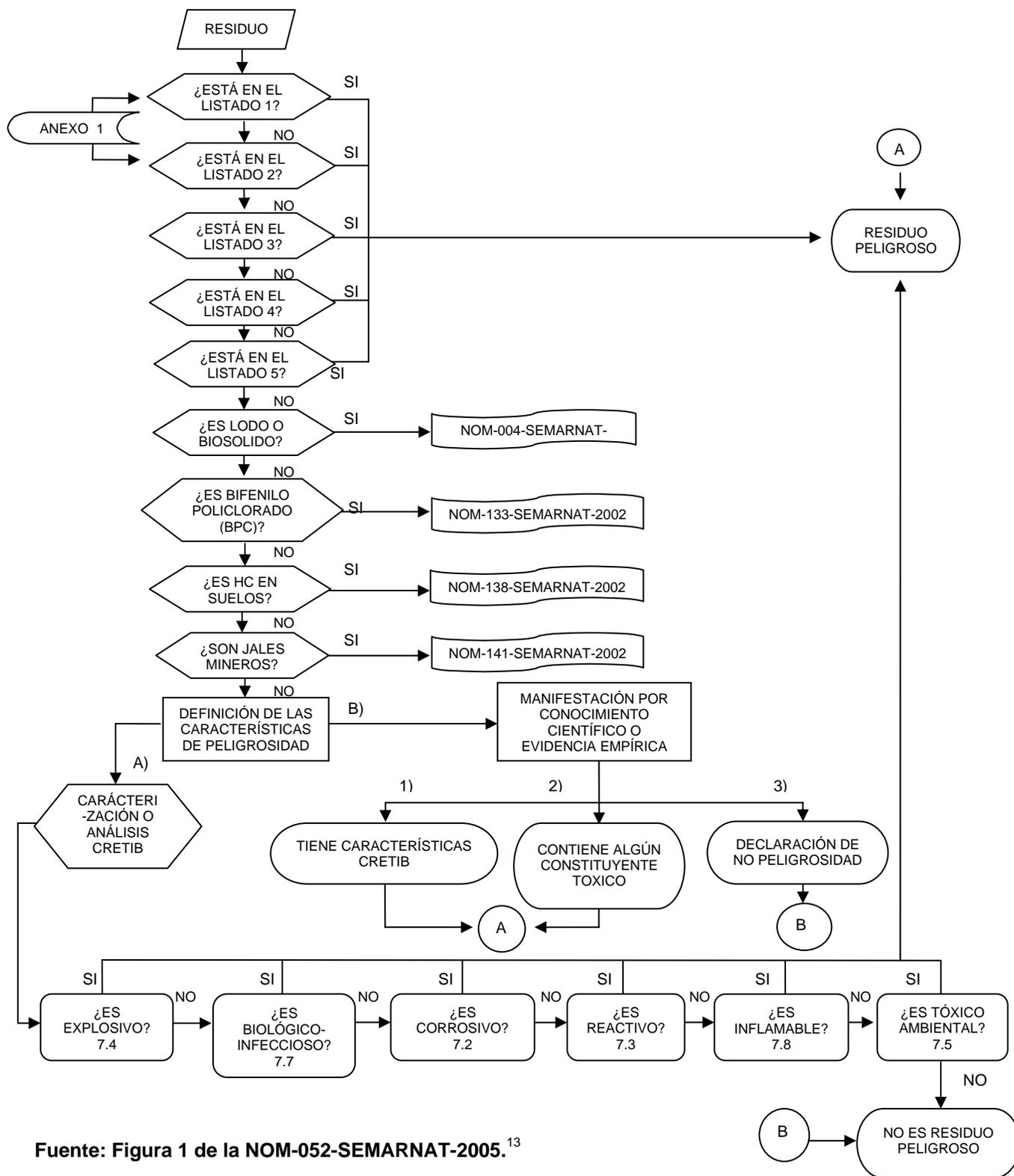
Fuente: Gordón, 1972.¹⁴

4. En casos específicos y a criterio de la Secretaría, podrán ser exceptuados aquellos residuos que habiendo sido enlistados como peligrosos en la presente **NOM**, puedan ser considerados como no peligrosos porque el generador demuestre a la Secretaría que el residuo de su proceso específico no posee ninguna de las características definidas en el punto.
5. Los residuos que no se encuentran establecidos en los listados de la **NOM** y el generador sabe que no son peligrosos, se consideran como no peligrosos. Lo anterior no exime al generador de su responsabilidad si la autoridad competente prueba lo contrario.

El en diagrama de flujo de la Figura 1 se muestra el procedimiento para determinar si un residuo es peligroso de acuerdo a la **NOM-052**, en donde el Anexo 1 incluye las bases para listar RP por fuente específica y no específica en función de su toxicidad ambiental, aguda o crónica



Figura 1. Diagrama de flujo del Procedimiento para Identificar la Peligrosidad de un Residuo (Listados y Caracterización)



Fuente: Figura 1 de la NOM-052-SEMARNAT-2005.¹³



3.2. Clasificación de residuos peligrosos en instituciones de educación superior

La clasificación de los residuos generados en diferentes grupos es uno de los pasos iniciales de la gestión de los mismos. Esta clasificación se debe realizar teniendo en cuenta: ⁵³

- (i) Las actividades que se realizan. Es muy recomendable ajustar el número de grupos al tipo de residuos generados en los centros de trabajo.
- (ii) Las propiedades físico químicas de los residuos, prestando atención a las posibles reacciones de incompatibilidad, ya que la mezcla de distintos residuos podría aumentar la peligrosidad y generar accidentes.
- (iii) Las operaciones de tratamiento (depósito, recuperación, valorización, incineración, etcétera) que finalmente la empresa gestora de residuos realizara tras retirar los residuos de nuestros centros. Este último punto es de gran importancia ya que la naturaleza química del residuo es la que determina el tipo de tratamiento que se realizará. La mezcla de residuos puede ocasionar que tratamientos simples (y por lo tanto económicos) o tratamientos cuyo fin es el aprovechamiento de los recursos contenidos en esos residuos (valorización) no puedan ser realizados.

Dada la diversidad de compuestos químicos que se pueden manejar en las instituciones de educación superior, sería conveniente establecer una categorización de residuos que permitiera alentar y promover su manejo adecuado en condiciones eficientes y accesibles. De esa manera podrían propiciarse mercados especializados por tipo de residuos, según su peligrosidad, que tendrían criterios de control y costos diferentes. En el anexo 2 se muestran las clasificaciones de RP en distintas instituciones de educación superior.⁷



4. GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS

La nueva **LGPGIR**, aplica a todo tipo de generadores, los cuales deberán identificar, clasificar y manejar sus RP de conformidad con las disposiciones ahí contenidas, así como en las **NOM** que al respecto expida la **SEMARNAT**. En cualquier caso podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos a empresas o gestores que presten los servicios, pero deberán cerciorarse ante la **SEMARNAT** que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo; o bien pueden transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. Los generadores y demás poseedores de RP, deberán dejar libres de RP y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos^{10, 3,15}

4.1. Clasificación

Los Generadores de RP estarán clasificados dentro de las siguientes categorías: ¹⁰

- I. Grandes generadores;
- II. Pequeños generadores,
- III. Microgeneradores.

Los grandes generadores de residuos peligrosos, están obligados a registrarse ante la **SEMARNAT** y someter a su consideración el plan de manejo de RP, así como llevar una bitácora y presentar un informe anual acerca de la generación y modalidades de manejo a las que sujetaron sus residuos de acuerdo con los lineamientos que para tal fin se establezcan en el Reglamento de la **LGPGIR**, así como contar con un seguro ambiental, de conformidad con la **LGEEPA**. Cabe señalar que los grandes generadores son aquellos que generan más de 10 ton de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida, lo que equivale aproximadamente a unos 28 kg/día.^{10, 17, 18}



Los *pequeños generadores de residuos peligrosos*, deberán de registrarse ante la **SEMARNAT** y contar con una bitácora para el registro del volumen anual de RP que generen, el cual debe ser igual o mayor a 400 kg y menor a 10 ton.de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida; de igual forma deben sujetar sus residuos a planes de manejo cuando este sea el caso, así como cumplir con los demás requisitos que establezca el Reglamento y demás disposiciones aplicables.^{10, 17}

Los *microgeneradores de residuos peligrosos*, son los que generan una cantidad de hasta 400 kg al año, están obligados a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales según corresponda; sujetar a los planes de manejo los RP que generen y que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios RP a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con lo que establecen los artículos 12 y 13 de la Ley general.^{10, 17}

La tabla 2, presenta las obligaciones de los generadores de RP que señala la **LGPGIR** y su reglamento de acuerdo a su categoría de generación.

Tabla 2. Obligaciones de generadores de RP de acuerdo a su categoría

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

Adaptado de: LGPGIR.¹⁰



4.2. Obligaciones de las instituciones de educación superior como generadoras de residuos peligrosos

En este nuevo contexto legislativo y de desarrollo institucional de México, la mayoría de las instituciones de educación superior al ser microgeneradores de RP, están obligadas a cumplir lo dispuesto en la **LGPGIR** y su reglamento de acuerdo a su categoría de generación (ver tabla 2).

Se espera que las instituciones educativas, si son del estado, formulen planes de manejo para los RP, que logre un consumo sustentable basado en “compras inteligentes” que ayuden a reducir la cantidad de residuos que generan, a adquirir materiales y productos reciclados o reciclables, así como dar preferencia a la compra de productos que puedan ser retornados junto con sus envases o embalajes a los proveedores, para que ellos se ocupen de su reciclaje. Contando con un plazo no mayor a dos años para formular y someter a consideración dichos planes, como lo indica el artículo 34 de la Ley general.

Artículo 34.- Los sistemas de manejo ambiental que formulen y ejecuten las dependencias federales, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, se sujetarán a lo que se establece en la **LGPGIR**.^{10, 16, 17}

Quienes están obligados a desarrollar planes de manejo de residuos, como las instituciones educativas, pueden contar con el respaldo de las guías y lineamientos técnicos formulados por organismos internacionales y grupos nacionales, disponibles a través de portales electrónicos, así como vincularse con las redes intersectoriales o sectoriales que se han constituido para intercambiar información, conocimientos y experiencias en este campo.¹⁷



5. MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Las instituciones de educación superior como productoras de RP, tienen la obligación de realizar una serie de acciones que faciliten la retirada de los residuos a la empresa encargada. Entre estas acciones están las de llevar un registro de los residuos producidos, envasar y etiquetar de forma reglamentaria los recipientes que contienen dichos residuos y observar una serie de normas de seguridad durante su manipulación, transporte y almacenamiento.¹⁹

5.1. Envasado y etiquetado.

De manera general, el RQP debe ser manejado, etiquetado, y envasado como sigue:

1. Se deben ocupar contenedores compatibles que no muestren señas de daño, deterioro, o goteo. La tapa del contenedor debe tener un cerrado de tornillo para evitar derrames. Cada contenedor debe tener al menos una pulgada de aire o gas inerte entre el residuo y el sello. En caso de que los residuos fueran gases (GLP, gas comprimido, etcétera.) cumplirán la legislación vigente en la materia. Es preferible que la capacidad de los envases destinados a los residuos **CRETI**, no supere los 25 litros, ya que de otra forma se dificulta su manipulación además de suponer un riesgo en caso de accidente. Los residuos especiales o aquellos generados en pequeñas cantidades pueden ser envasados en recipientes de cristal de color ámbar con capacidad de 1 a 4 litros, latas de aluminio para solventes (capacidad máxima de 20 litros), siempre y cuando las características fisicoquímicas de la sustancia a envasar lo permita. La basura contaminada con productos químicos se almacena en bolsas de plástico resistentes (los envases pueden ser suministrados por la empresa gestora).^{6, 20, 21}
2. Cada residuo debe envasarse en forma individual, ya que algunos residuos pueden ser altamente reactivos si se mezclan con un RP incompatible y mezclas impropias pueden ser no reciclables, o pueden requerir costosos análisis y procedimientos de disposición.^{6, 22}



3. Los envases deben estar etiquetados en un lugar visible de forma clara e indeleble con la etiqueta de RESIDUO PELIGROSO. (El tamaño mínimo de esta etiqueta será de 10x10 cm), esta etiqueta debe exhibir la composición del residuo o código de identificación, pictogramas indicativos, Nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos, Fechas de envasado, los nombres de quién etiquetó el contenedor de RP y del departamento generador (ver figura 2).^{6, 20, 21}
4. La cantidad de residuo que puede ser acumulada por tipo de residuo en un área individual no debe exceder de 204 litros para RP, o 0.9 litros para residuos extremadamente peligrosos. Cuando un tambor ha sido llenado al máximo de su capacidad, el personal de RP será notificado dentro de las próximas 24 horas.⁶

Figura 2. Etiqueta de residuos peligrosos

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN</p> <p style="font-size: 24pt; font-weight: bold; text-align: center;">RESIDUO PELIGROSO</p>	
Departamento	Clasificación
Laboratorio/ área	-Químicos
Responsable de Laboratorio/área	Corrosivo ()
.....	Reactivo ()
Tipo de residuo.....	Explosivo ()
	Tóxico ()
	Inflamable ()
Recolección	-Biológico
Fecha inicio.....	infeccioso ()
Fecha término.....	Sólido ()
Cantidad final.....	Líquido ()
La disposición final de los desechos debe hacerse en los siguientes 60 días	

Para evitar accidentes, nunca se debe admitir en el almacén residuos que no estén correctamente envasados y/o etiquetados. Cualquier tambor o contenedor que no cumpla con lo establecido no puede ser recolectado hasta que el problema sea corregido.⁶



5.2. Almacenamiento temporal

Al tratarse de mezclas de sustancias tóxicas y peligrosas, los residuos nunca deben almacenarse en el mismo laboratorio. Para evitar su acumulación en los lugares de trabajo deben ser trasladados a un lugar de almacenamiento temporal, con una periodicidad acorde con su generación. El almacenamiento temporal de residuos no deberá ser superior a 6 meses desde la fecha de generación, lo cual deberá quedar asentado en la bitácora correspondiente. No se entenderá por interrumpido este plazo cuando el poseedor de los residuos cambie su lugar de almacenamiento.^{6, 19}

En el almacén se debe llevar un registro, donde se anoten las entradas y salidas de los distintos tipos de residuos y sus cantidades, el laboratorio de donde provienen y el/la responsable que los ha cedido. A nivel federal, la **NOM-055-ECOL-1993** es la que establece los requerimientos para el almacenamiento adecuado de los RP, a continuación, se presentan algunas consideraciones importantes:^{6, 10, 23}

1. Los RP, reactivos e inflamables, se deben localizar a 20 m de los límites de la propiedad y estar protegidos de los procesos u operaciones que puedan originar una ignición (como la soldadura o la fundición), para lo cual estas áreas de almacenamiento deben tener acceso inmediato a las brigadas de emergencia o bomberos. Se requiere un área de pasillo adecuada para albergar montacargas, maniobrar los tanques y separar los tambos, sin obstruir otras operaciones, incluyendo el acceso en caso de emergencia, en la Tabla 3 se presentan los lineamientos generales para el diseño de las zonas de almacenamiento de RP.^{23, 24}
2. En caso de usar recipientes, la **SEMARNAT** determinará en el Reglamento y en las **NOM**, la forma de manejo que se dará a los envases o embalajes que contuvieron RP lo cuales no deberán ser reutilizados con el mismo fin ni para el mismo tipo de residuo, con excepción de los que hayan sido sujetos a tratamiento. Éstos recipientes se deben colocar sobre pisos de celosía de concreto o un canal colector con rejillas, con lo que se evita la infiltración de lixiviados en los suelos.^{10, 23, 24}



3. La separación mínima entre sustancias no compatibles (Ver Tabla 4) debe ser de al menos 6 m y debe contar con drenajes o sumideros independientes. La **NOM-054** establece los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un RP y otro material o residuo.^{23, 24}
4. La exposición a la intemperie deteriora los recipientes y sus etiquetas. Es aconsejable ponerlos bajo techo y en zonas relativamente aisladas y bien definidas. En caso de usar áreas cerradas, éstas deberán contar con ventilación. Si se tratara de vapores de líquidos inflamables y/o tóxicos, los cuales son más pesados que el aire, las ventilaciones se deberán colocar a nivel del piso. No debe haber escaleras, elevadores o sótanos en conexión con estas áreas pues constituyen zonas de acumulación de vapores pesados. Algunos residuos no deben ser expuestos a la luz directa del sol, especialmente si están contenidos en tambos negros.^{23, 24, 25}

Tabla 3. Lineamientos para el diseño de la zona de almacenamiento de RP

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

Áreas independientes para tambos con diferentes tipos de materias.

- Ventilación adecuada. Se recomienda ventilación mecánica continua en las áreas internas, con tasas de 0.3 m³/min por m² de área de piso de almacenamiento. Para los líquidos inflamables se recomiendan al menos seis cambios del volumen de aire en la zona de almacenamiento por hora.
- Almacenar los recipientes en hileras de no más de 2 tambos de ancho y dejar 1 m de pasillo entre estas hileras. Cuando se empleen montacargas, los pasillos principales deben tener un ancho de 2.5 m.
Las filas se deben limitar con marcas en el suelo y poseer carteles o rótulos pintados sobre el suelo, sellando el tipo de residuo que se almacenará en ellas.
- Marcar o etiquetar los tambos, señalando su contenido y los peligros que ofrecen. Mantener visible en todo tiempo estas marcas o etiquetas durante el transporte y el almacenamiento.
El apilamiento no debe ser mayor de 2 recipientes, a menos que se cuente con estructuras que soporten más tambos o que la propia estructura del tambo esté diseñada para el apilamiento. Los residuos inflamables no deben apilarse.
- Colocar anuncios de “NO FUMAR” en todas las áreas de almacenamiento. El resto de las fuentes de ignición se deben mantener al menos a 8 m de la zona de almacenamiento. Los montacargas de combustión interna no deben estacionarse en áreas de almacenamiento.



Tabla 3. Lineamientos para el diseño de la zona de almacenamiento de RP (*continuación*)

OPERACIÓN	
▪	Se requieren instrumentos para aterrizar los tambores cuando se vierten en ellos líquidos inflamables, con el fin de prevenir cargas eléctricas. Se debe contar con un equipo completo de emergencia para el control de derrames e incendios, localizado en sitios de fácil acceso aledaños al de almacenaje.
▫	Se debe proveer un número suficiente de salidas de la zona de almacenamiento para el desalojo seguro en caso de emergencia. Extinguidores de fuego, tipos A, B y C, localizados a no menos de 3 metros y no más de 16 de la zona de almacenamiento de líquidos inflamables.
▫	Alarmas de tipo manual ubicadas cerca de los extinguidores.
•	Material de control de derrames, como sacos con arcillas absorbentes y material absorbente sintéticos; agentes neutralizantes, como cal para derrames de ácidos. Palas, escobas, jaladores y jergas para limpiar residuos y absorbentes saturados.
▮	Recipientes vacíos para almacenar los contenidos de recipientes con fugas. Ropa y equipo de protección para el personal.

Adaptado de: Vaca, 1997.²⁵

Las instituciones de educación superior que reciclen RP dentro del mismo predio en donde se generaron, deberán presentar ante la **SEMARNAT**, con 30 días de anticipación a su reciclaje, un informe técnico que incluya los procedimientos, métodos o técnicas con los cuales llevarán a cabo tales procesos, a efecto de que la Secretaría pueda emitir las observaciones que procedan. Esta disposición no aplica, si los procesos liberan contaminantes al ambiente que constituyan un riesgo para la salud. En todo caso, el reciclaje se deberá desarrollar de conformidad con las disposiciones legales en materia de impacto ambiental, de agua, aire y suelo y otras, que resulten aplicables.¹⁰

Tabla 4. Principales pares de sustancias incompatibles

Ácidos	Cianuros
Sustancias combustibles o inflamables	Oxidantes
Ácidos fuertes	Bases fuertes
Ácidos	Agua
Solventes	Sustancias corrosivas (ácidas y básicas)
Líquidos inflamables	Fuentes de ignición
Sustancias corrosivas (ácidas y básicas)	Aleaciones de aluminio, magnesio y zinc

Fuente: Jiménez. 2001.²³



5.3. Solicitud de autorización para la recolección y transporte de residuos peligrosos

La información requerida de esta solicitud de autorización para generadores y empresas prestadoras de servicio, deberá presentarse en carpetas de tres argollas o engargolado; siguiendo el orden establecido por los numerales y utilizando separadores que permitan distinguir claramente lo que corresponde a cada apartado. Esto permitirá que durante la recepción y evaluación de su trámite no se pierda tiempo en la ordenación de su expediente y así la resolución del mismo sea más expedita. ²⁶

1. DATOS GENERALES

Llenar la Hoja General de Registro, que contiene los datos generales de la empresa o institución

2. DOCUMENTOS ANEXOS

En anexo deberá presentar copia de los siguientes documentos:

- 2.1. Bajo protesta de decir verdad, declare si cuenta con el permiso de la SCT en la especialidad de materiales y RP.
- 2.2. Copia de las tarjetas de circulación de los vehículos propuestos.
- 2.3. Póliza de seguro de responsabilidad civil que ampare daños a terceros y al ambiente, de conformidad con lo establecido por la SCT.

3. PROGRAMA DE ATENCIÓN A CONTINGENCIAS

En anexo deberá presentar la descripción detallada de las acciones, medidas, obras, equipos, instrumentos o materiales con que cuenta para controlar contingencias ambientales debidas a emisiones descontroladas, fugas, derrames, explosiones, incendios que se puedan presentar en todas las operaciones que realiza la empresa en la recolección y transporte de los RP.

4. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN.

Presentar el programa de capacitación al personal que intervendrá en el manejo de los RP.

5. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS

Llenar únicamente en el caso de recolección y transporte de residuos industriales peligrosos.

5.1. Descripción de los vehículos

En anexo presentar una relación de los vehículos propuestos a emplear para el transporte de los RP, indicando el modelo, tipo, No. de serie, características y capacidades, de acuerdo con la siguiente tabla (incluir anexo fotográfico)

No. de placas	No. de serie	Modelo	Tipo	Capacidad	Tipo de envasado (tampos, tanques, etc.)



5.2. Descripción de los residuos

En el anexo deberá presentar la relación de los RP que desea transportar, indicando sus características y estado físico.

6. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS

Llenar únicamente en el caso de recolección y transporte de RP biológico infecciosos.

6.1. Descripción de los vehículos.

Presentar en anexo una relación de los vehículos propuestos a emplear para el transporte de los RP, indicando el modelo, tipo, No. de serie, características y capacidades, de acuerdo a la siguiente tabla, (incluir fotografías que muestren el sistema mecanizado de carga y descarga, sistema de enfriamiento, sistema de captación de lixiviados y la caja hermética).

No. de placas	No. de serie	Modelo	Tipo	Peso bruto Vehicular (PBV) Kg	Peso Vehicular (PV) Kg

PBV= Capacidad de arrastre de la unidad de acuerdo al fabricante (ficha técnica del fabricante).
PV= Peso vehicular de la unidad (peso del vehículo vacío)

6.2. Informar sobre el lugar donde se realizará el lavado de contenedores y vehículos, y si cuenta con algún tipo de tratamiento el agua.

7. RECOLECCIÓN DE RESIDUOS BIFENILOS POLICLORADOS Y/O HEXACLORADOS

Llenar únicamente en el caso de recolección de bifenilos policlorados (BPC's) y/o residuos hexaclorados (HEXA's).

7.1. Descripción de las actividades de recolección

7.2. Programa de emergencia

7.3. Seguros ambientales

8. PAGO DE DERECHOS.

La empresa, al ingreso de su documentación, deberá efectuar el pago de derechos correspondiente.

NOTA: La información debe presentarse en original, copia para acuse y en medio magnético. La **SEMARNAT** podrá realizar visitas de verificación para corroborar la información presentada. La mayoría de empresas dedicadas a retirar residuos tóxicos y peligrosos también proporcionan y facilitan muchos de los trámites administrativos necesarios.



6. REGULACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

En lo que respecta a los residuos especiales y peligrosos, de acuerdo con la **LGPGIR** la **SEMARNAT** es la responsable de su regulación y control, a través del **INE**, encargado de elaborar la política y los ordenamientos legales para la regulación así como emitir las autorizaciones al respecto y **PROFEPA**, la que vigila el cumplimiento de la legislación ambiental sobre dichos residuos.²⁷

6.1. Marco jurídico y normatividad vigente

El marco jurídico que define las regulaciones en materia de RP está señalado en la **LGPGIR**, en el que en sus cuatro secciones contempla asuntos relacionados con:²³

- La generación
- El manejo
- La importación y exportación de residuos peligrosos
- Las medidas de control de seguridad y saneamiento

Titulo segundo, artículo 6, precisa que la regulación y control de la generación, manejo y disposición final de RP para el ambiente o los ecosistemas es materia de competencia de las entidades federativas y municipales. Título quinto - Capítulo IV, Manejo integral de RP encontramos los siguientes artículos:^{7, 10}

Artículo 54.- La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un RP y otro material o residuo.

- Artículo 55.- La Secretaría determinará en el Reglamento y en las **NOM**, la forma de manejo que se dará a los envases o embalajes que contuvieron RP.

Artículo 56.- La Secretaría expedirá las **NOM** para el almacenamiento de RP, las cuales tendrán como objetivo la prevención de la generación de lixiviados y su infiltración en los suelos, el arrastre por el agua de lluvia o por el viento, incendios, explosiones y acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames.

- Artículo 57.- Aquellos generadores que reciclen RP dentro del mismo predio en donde se generaron, deberán presentar ante la Secretaría un informe técnico mediante los cuales llevarán a cabo tales procesos, de conformidad con las disposiciones legales en materia de impacto ambiental, riesgo, prevención de la contaminación del agua, aire y suelo y otras, que resulten aplicables.



Artículo 58.- Quienes realicen procesos de tratamiento físicos, químicos o biológicos de RP, deberán presentar a la Secretaría los procedimientos, métodos o técnicas mediante los cuales se realizarán, sustentados en la consideración de la liberación de sustancias tóxicas y en la propuesta de medidas para prevenirla o reducirla, de conformidad con las **NOM** que para tal efecto se expidan.

- Artículo 59.- Los responsables de procesos de tratamiento de RP en donde se lleve a cabo la liberación al ambiente de una sustancia tóxica, persistente y bioacumulable, estarán obligados a prevenir, reducir o controlar dicha liberación.

Artículo 60.- Los representantes de los distintos sectores sociales participarán en la formulación de los planes y acciones que conduzcan a la prevención, reducción o eliminación de emisiones de contaminantes orgánicos persistentes en el manejo de residuos, de conformidad a las disposiciones de esta Ley, y en cumplimiento a los convenios internacionales en la materia, de los que México sea parte.

- Artículo 67, está prohibido.
 - I. El transporte de residuos por vía aérea;
 - II. El confinamiento de residuos líquidos o semisólidos, sin que hayan sido sometidos a tratamientos para eliminar la humedad, neutralizarlos o estabilizarlos y lograr su solidificación, de acuerdo con la Ley y demás ordenamientos legales aplicables;
 - III. El confinamiento de compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados, compuestos hexaclorados y otros, así como materiales contaminados con éstos, que contengan concentraciones superiores a 50 partes por millón de dichas sustancias,
 - IV. La mezcla de bifenilos policlorados con aceites lubricantes usados u otros residuos;
 - V. El almacenamiento por más de seis meses en las fuentes generadoras;
 - VI. El confinamiento en el mismo lugar o celda, de residuos peligrosos incompatibles, ver Anexo 2, o en cantidades que rebasen la capacidad instalada;
 - VII. El uso de RP, tratados o sin tratar, para recubrimiento de suelos, de conformidad con las NOM sin perjuicio de las facultades de la Secretaría y de otros organismos competentes;
 - VIII. La dilución de RP en cualquier medio, sin un tratamiento autorizado, y
 - IX. La incineración de RP que sean o contengan compuestos orgánicos persistentes y bioacumulables (plaguicidas organoclorados; baterías y acumuladores)



Título séptimo-capítulo III, Infracciones y sanciones administrativas;

Artículo 106.- De conformidad con esta Ley y su Reglamento, serán sancionadas las personas que lleven a cabo cualquiera de las siguientes actividades:

- I. Acopiar, almacenar, transportar, tratar o disponer finalmente, RP, sin contar con la debida autorización para ello;
- II. Incumplir durante el manejo integral de los RP, las disposiciones previstas por esta Ley y la normatividad que de ella se derive, así como en las propias autorizaciones que al efecto se expidan, para evitar daños al ambiente y la salud;
- III. Mezclar RP que sean incompatibles entre sí;
- IV. Verter, abandonar o disponer finalmente los RP en sitios no autorizados;
- V. Incinerar o tratar térmicamente RP sin la autorización correspondiente;
- VI. Importar RP para un fin distinto al de reciclarlos;
- VII. Almacenar RP por más de seis meses sin contar con la prórroga correspondiente;
- VIII. Transferir autorizaciones para el manejo integral de RP, sin el consentimiento previo por escrito de la autoridad competente;
- IX. Proporcionar a la autoridad competente información falsa con relación a la generación y manejo integral de RP
- X. Disponer de RP en estado líquido o semisólido sin que hayan sido previamente estabilizados y neutralizados;
- XI. Transportar por el territorio nacional hacia otro país, RP cuya elaboración, uso o consumo se encuentren prohibidos;
- XII. No llevar a cabo por sí o a través de un prestador de servicios autorizado, la gestión integral de los residuos que hubiere generado;
- XIII. No registrarse como generador de RP cuando tenga la obligación de hacerlo en los términos de esta Ley;
- XIV. No dar cumplimiento a la normatividad relativa a la identificación, clasificación, envase y etiquetado de los RP;
- XV. No cumplir los requisitos que esta Ley señala en la importación y exportación de RP;



- XVI. No proporcionar por parte de los generadores de RP a los prestadores de servicios, la información necesaria para su gestión integral;
- XVII. No presentar los informes que esta Ley establece respecto de la generación y gestión integral de los RP;
- XVIII. No dar aviso a la autoridad competente en caso de emergencias, accidentes o pérdida de RP, tratándose de su generador o gestor;
- XIX. No retirar la totalidad de los RP de las instalaciones donde se hayan generado o llevado a cabo actividades de manejo integral de RP, una vez que éstas dejen de realizarse;
- XX. No contar con el consentimiento previo del país importador del movimiento transfronterizo de los RP que se proponga efectuar;
- XXI. No retornar al país de origen, los RP generados en los procesos de producción, transformación, elaboración o reparación en los que se haya utilizado materia prima introducida al país bajo el régimen de importación temporal;
- XXII. Incumplir con las medidas de protección ambiental, tratándose de transporte de RP, e Incurrir en cualquier otra violación a los preceptos de esta Ley.
- XXIII. Podrán revocarse las autorizaciones que se hubieren otorgado para la importación o exportación de materiales y RP, sin perjuicio de la imposición de la sanción o sanciones que corresponda en los siguientes casos:
 - a. Cuando por causas supervinientes, se compruebe que los materiales o RP autorizados constituyen mayor riesgo para el equilibrio ecológico que el que se tuvo en cuenta para el otorgamiento de la autorización correspondiente;
 - b. Cuando la operación de importación o exportación no cumplan los requisitos fijados en la guía ecológica que expida la Secretaría;
 - c. Cuando los materiales o RP ya no posean los atributos o características conforme a los cuales fueron autorizados; y
 - d. Cuando se determine que la autorización fue transferida a una persona distinta a la que solicitó la autorización, o cuando la solicitud contenga datos falsos, o que se oculte información necesaria para la correcta apreciación de la solicitud.



En la siguiente escala del marco jurídico, se encuentran las **NOM** en materia de RP (Tabla 5).

Tabla 5. Normatividad vigente en materia de RP

NORMA Fecha de Expedición	QUÉ ESTABLECE
NOM-052-SEMARNAT-2005 23-abril-2003	Las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-053-SEMARNAT-2005 23-abril-2003	El procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-054-SEMARNAT-1993 22-octubre-1993	El procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005.
NOM-055-SEMARNAT-2003 08-octubre-2003	Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos así como los Centros Integrales para el Manejo de Residuos Industriales (CIMARI)-excepto los líquidos y los radiactivos-
NOM-056-ECOL-1993 22-octubre-1993	Los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementa-rías de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Es importante citar que esta NOM actualmente se encuentra en revisión y en proceso de integración, en la cual también se incluirán las Normas NOM-057 y 058 - ECOL-1993.
NOM-057-SEMARNAT-1993 22-octubre-1993	Los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos. Esta NOM, en la actualidad se encuentra en revisión y en proceso de incluirse dentro de la NOM 056-ECOL-1993.
NOM-058-ECOL-1993 22-octubre-1993	Los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Actualmente se halla en revisión y en vías de incluirse en la NOM 056-ECOL-1993.
NOM-083-SEMARNAT-2003 25-noviembre-1996	Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
NOM-087-ECOL-SSA1-2002 7-noviembre-1995	La clasificación de los RP biológico-infecciosos así como las especificaciones para su manejo, la cual es de observancia obligatoria para los establecimientos que generen residuos peligrosos biológico-infecciosos y los prestadores de servicios a terceros que tengan relación directa con los mismos.

Adoptado de: Diario Oficial de la federación.²⁸



La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (**SCT**) también ha publicado las siguientes **NOM** (Tabla 6), relacionadas con el transporte terrestre de materiales y RP.⁷

Tabla 6. NOM relacionadas con el transporte de RP

NORMA Fecha de expedición	QUE ESTABLECE
NOM-002-SC-2003 03-diciembre-2003	Listados de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
NOM-003-SCT2-1994 13-septiembre-1995	Características de etiquetas de envases y embalajes destinados al transporte de materiales y RP.
NOM-004-SCT2-1994 24-julio-1995	Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y RP.
NOM-005-SCT2-1994 23-agosto-1995	Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y RP.
NOM-006-SCT2-1994 18-agosto-1995	Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y RP.
NOM-007-SCT2-1994 25-agosto-1995	Mercado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y RP.
NOM-009-SCT2-1994 25-septiembre-1995	Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y RP de la clase 1 (explosivos).
NOM-010-SCT2-1994 25-septiembre-1995	Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y RP.
NOM-011-SCT2-1994 25-septiembre-1995	Condiciones para transporte de sustancias, materiales y RP en cantidades limitadas
NOM-012-SCT2-1994 25-septiembre-1995	Sobre el peso y dimensiones máximas que deben cumplir los vehículos que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.
NOM-018-SCT2-1994 25-agosto-1995	Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y RP en unidades de arrastre ferroviario.
NOM-019-SCT2-1994 25-septiembre-1995	Disposiciones de limpieza y control de remanentes de sustancias y RP en las unidades.
NOM-020-SCT2-1994 17-noviembre-1997	Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques para el transporte de materiales y RP.
NOM-023-SCT2-1994 25-septiembre-1995	Información técnica que debe contener la placa que deberán portar los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel y envases de capacidad mayor a 450 L que transportan materiales y RP.
NOM-024-SCT2-1994 16-octubre-1995	Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como métodos de prueba de envases y embalajes de las sustancias, materiales y RP.
NOM-025-SCT2-1994 22-noviembre-1995	Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y RP de la clase 1 (explosivos).
NOM-027-SCT2-1994 23-octubre-1995	Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y RP de la división 5.2 (peróxidos orgánicos).
NOM-028-SCT2-1994 04-octubre-1995	Disposiciones especiales para los materiales y RP de la clase 3 (líquidos inflamables transportados).
NOM-032-SCT2-1995 10-diciembre-1997	Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna.
NOM-043-SCT2-1994 23-octubre-1995	Documento de embarque de sustancias, materiales y RP.

Adoptado de: Diario Oficial de la federación.²⁸



Es necesario señalar que existen más de 70 empresas autorizadas para el transporte de RP que carecen de la autorización correspondiente del **INE** e incurren en ocasiones en prácticas irregulares, como disponer residuos en barrancas o terrenos baldíos por falta de incentivos o de sistemas de control adecuados para garantizar que la carga sea llevada a su destino legal.¹²

Además de los elementos de la estructura jerárquica descritos con anterioridad, existen otros publicados por la autoridad en materia ambiental, relacionados directamente con el cumplimiento que tanto los generadores como los prestadores de servicio, deben atender para informar sobre los movimientos que llevan a cabo entre sí, con RP. Estos ordenamientos consisten básicamente de manifiestos y reportes que deben ser presentados por los generadores de RP, o bien por aquellos dedicados al manejo de los mismos. Estos documentos son: ⁷

- Manifiesto para empresas generadoras de residuos peligrosos (DOF 3 de mayo de 1989). Gaceta Ecológica No. 2.

- Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.

- Manifiesto para casos de derrame de residuos peligrosos por accidente (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.

- Reporte semestral de residuos peligrosos recibidos para reciclaje o tratamiento (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.

- Reporte mensual de residuos peligrosos confinados en sitios de disposición final (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.

- Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclo, tratamiento, incineración o confinamiento (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.

- Manifiesto para empresas generadoras eventuales de bifenilos policlorados Gaceta Ecológica No. 11 (Noviembre 1990).

El original del manifiesto, o los comprobantes de los residuos que se envían para disposición final tendrán que conservarse durante diez años. ¹⁶



Con lo anterior, es importante identificar ciertas limitaciones de la estrategia de normalización en materia de RP con el objeto de solventarlas a la brevedad, teniendo en cuenta que el ejercicio normativo representa el fundamento de una política exitosa de manejo. 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. Falta un esquema normativo que considere de manera explícita la minimización en la generación de residuos y no solamente arreglos tecnológicos al final de la chimenea.^{7, 12}

Y al existir divergencias en los listados mexicanos de los RP con respecto a otros listados (**OCDE, Convenio de Basilea, EPA** (ver anexos), etc.), se ha generado confusión e incompatibilidad en diferentes interacciones comerciales, técnicas y de política.¹²



7. TRATAMIENTO

Es muy difícil establecer un sistema o método general para el tratamiento de un residuo, es decir, cada residuo es diferente y el diseño de su tratamiento depende de muchos factores, tales como si en el residuo están presentes una o más sustancias, si esta en solución acuosa o no, en que concentración se encuentra cada componente, si es un residuo con varias fases, etcétera, y con base en estos aspectos se diseña un proceso de tratamiento en el cual se combinan los métodos químicos, físicos y/o térmicos para llegar a la destrucción final de este o enviarlo al confinamiento.³³

7.1. Desactivación de residuos químicos en instituciones de educación superior

Para evitar accidentes tanto en los laboratorios como en los almacenamientos temporales, los RP deberán ser desactivados antes de su recolección por personas que hayan tenido una formación adecuada; ya que estos procedimientos presentan un peligro elevado de incendio, por lo que siempre deben tomarse las debidas precauciones (trabajo en vitrina, gafas de seguridad, inexistencia de materiales inflamables en las proximidades, etc.). Se recomienda con insistencia probar el método de desactivación primero a escala reducida para adaptarse a problemas que no estén previstos y escoger siempre los recipientes de reacción adecuados tanto en su tipo como en su tamaño.¹⁹

Es importante insistir en que no existe un método de tratamiento general para los residuos específicos de un laboratorio, ya que depende del volumen generado, del tipo de laboratorio que los genere y sobre todo, de la variedad de residuos que se generan; por otra parte, los residuos casi nunca están constituidos por un solo producto casi siempre son mezclas complejas, las cuales no deberían tratarse por métodos de destrucción química, porque el aspecto peligroso de la reacción puede manifestarse durante el procedimiento de destrucción. La Tabla 7 muestra procedimientos generales para la desactivación de RQP de laboratorio, en los que el residuo ya tratado debe ser apto para emplearlo como materia prima en otros procesos o de toxicidad reducida para enviarlo a confinamiento.^{6, 32, 33}



Tabla 7. Desactivación de algunos RQP de laboratorio.

RESIDUO QUÍMICO	PROCEDIMIENTO
ácidos carboxílicos aromáticos	Se precipitan con ácido clorhídrico o ácido sulfúrico diluido.
nitrilos y mercaptanos	Se oxidan por varias horas con solución de hipoclorito de sodio. Un posible exceso de oxidantes se destruye con solución de tiosulfato de sodio.
compuestos organometálicos disueltos en solventes orgánicos	Sensibles a la hidrólisis, son goteados cuidadosamente bajo agitación en N - butanol en una campana de extracción con una pantalla protectora. Se agita durante una noche y se le agrega agua en exceso. Fase orgánica recipiente
peróxidos orgánicos solubles en disolventes orgánicos	Deben ser desactivados con una solución diluida de permanganato de potasio.
halogenuros de acilo	Son transformados en ésteres metílicos, en un exceso de metanol. Para acelerar la reacción se pueden añadir algunas gotas de ácido clorhídrico. Se neutralizan con solución de hidróxido de potasio.
soluciones de talio altamente tóxicas y sus soluciones acuosas;	Es necesaria una especial precaución. A partir de soluciones salinas de talio se puede precipitar óxido de talio III con hidróxido de sodio para efectos de reutilización.
Selenio elemental	Se puede recuperar oxidando sus sales en solución acuosa, primeramente con ácido clorhídrico concentrado. Tras añadir bisulfito de sodio se precipita el selenio elemental.
Cianuros	Se oxidan a productos derivados exentos de peligro con solución de hipoclorito de sodio óptimamente durante toda la noche. El exceso de oxidantes se destruye con tiosulfato de sodio. Las asidas se transforman por adición de yodo en presencia de tiosulfato de sodio en nitrógeno.
peróxidos inorgánicos y los oxidantes como el bromo y el yodo	Reducen a sus derivados exentos de peligro con solución de tiosulfato de sodio.
ácido fluorhídrico y las soluciones de fluoruros inorgánicos	Se tratan con carbonato de calcio para que precipiten. El precipitado se separa por filtración
halogenuros inorgánicos líquidos y reactivos sensibles a la hidrólisis	Se agitan cuidadosamente en campana de extracción en agua de hielo, se dejan en reposo durante una noche y se neutralizan con una solución de hidróxido de sodio.
fósforo y sus compuestos	Son en parte muy fácilmente inflamables, por lo tanto su inactivación debería ser en una atmósfera inerte en una buena campana de extracción. Se colocan 100 ml de una solución de hidróxido de sodio al 50%, y se añade cuidadosamente gota a gota la solución de la sustancia a inactivar bajo refrigeración con hielo. Los productos de oxidación precipitados se separan por succión (recipiente colector I)
metales alcalinos y las amidas de metales alcalinos, así como los hidruros metálicos	Algunos de ellos explosivamente se descomponen en agua, Por ello se introducen estos compuestos con la máxima precaución en isopropanol en campana de extracción y con pantalla protectora. Si la reacción tiene lugar muy lentamente se puede acelerar por adición muy cuidadosa de metanol. Hay que poner cuidado en que la solución alcohólica no se caliente demasiado. Si esto ocurre, la adición de la sustancia a destruir debe suspenderse. Nunca enfriar con agua, hielo o CO2 sólido. Se deja en reposo durante toda la noche, se diluye al día siguiente con poca agua y se neutraliza con ácido sulfúrico.
Bromuro de etidio	Degradación química, para soluciones que contienen una concentración mayor a 0,5mg/ml-Agregar suficiente agua para reducir la concentración de bromuro de etidio, A la solución resultante, agregar 0,2 volúmenes de ácido hipofosforoso al 5% recién preparado y 0,2 volúmenes de solución fresca de Nitrito de Sodio 0,5 M. Mezclar con sumo cuidado, controlando el valor del pH de la solución resultante (pH 3). Después de incubar por 24 hs., a temperatura ambiente, agregar un ligero exceso de bicarbonato de sodio 1 M.

Adaptado de: López Díaz,et al., 2005¹⁶ y Dirección Nacional de Gestión Ambiental³⁴

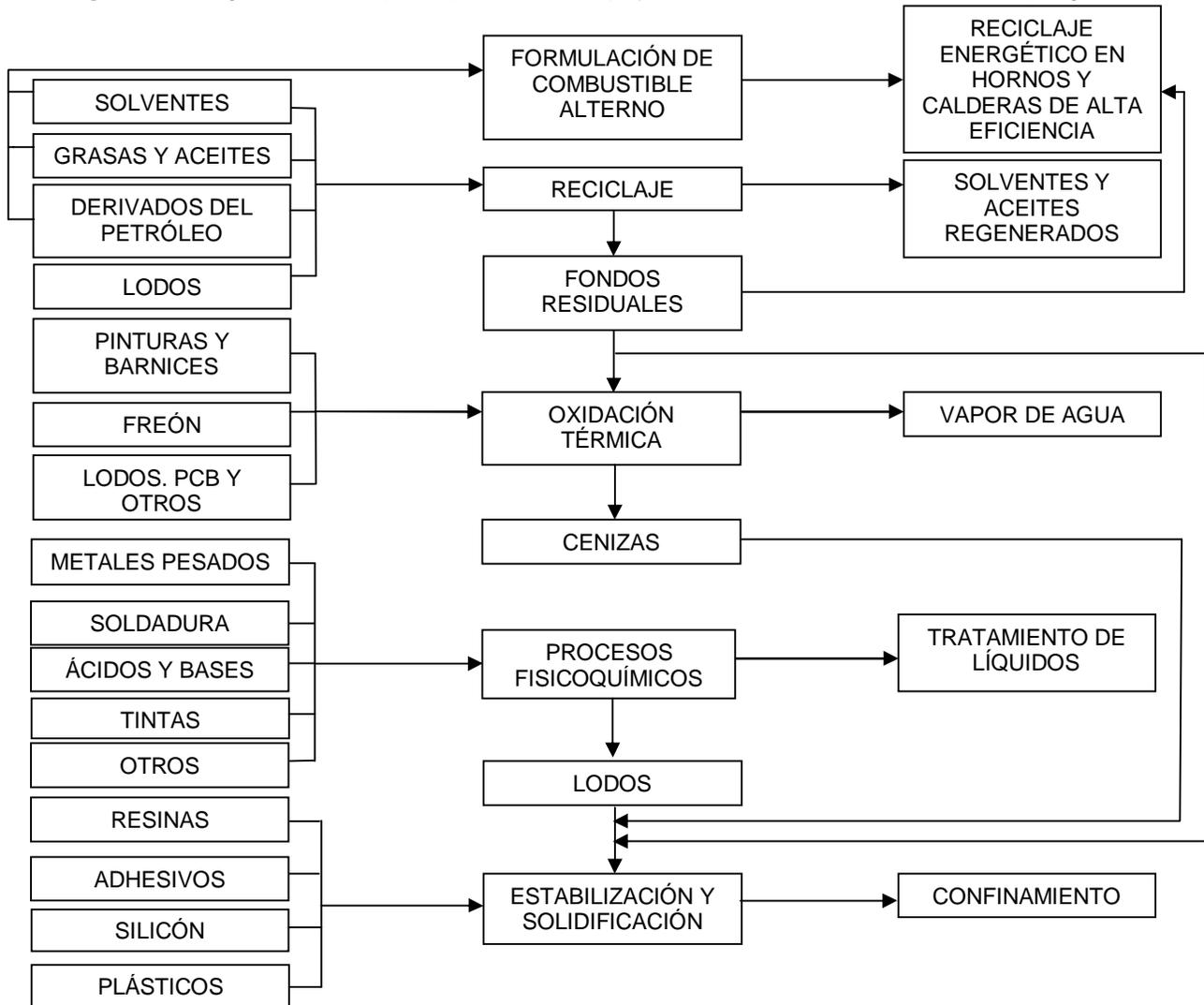


Los tratamientos de desactivación solo disminuyen las características de peligrosidad del residuo, por lo que el producto final es también un residuo. Por otra parte, emplear el drenaje o la basura para deshacerse de los RP no es ético y está penado, lo cual provoca riesgos y/o accidentes innecesarios. ^{19, 33}

7.2. Métodos de disposición final utilizados por gestores autorizados.

De manera conceptual y gráfica, se describe en la figura 2 las diferentes opciones de manejo de RP que se pueden ofrecer en los **CIMARI**, combinando opciones de reciclado, tratamiento y confinamiento. ³

Figura 2. Diagrama conceptual para el manejo y aprovechamiento de residuos peligrosos



Fuente: SEMARNAP; INE ³



Actualmente, los métodos de disposición final utilizados por empresas autorizadas en el control de los residuos que pueden considerarse como peligrosos, son los siguientes: ⁷

7.2.1. Físico-químicos.

El tratamiento Físico de los residuos consiste en someterlos a operaciones de filtrado, centrifugado, decantado, etc., con el fin de separar distintos componentes del residuo que posteriormente, podrán tratarse por separado. El tratamiento Químico tiene como objetivo reducir o eliminar los componentes tóxicos y peligrosos de la mezcla de residuos, y para ello se aplican reacciones de precipitación, neutralización, separación, adsorción, etc.³²

Existen varios tratamientos Físico-Químicos específicos para RP, entre los que se encuentran: **1.-PROCESO TÉRMICO**; que se define como la conversión de los residuos sólidos en productos gaseosos, líquidos o sólidos, con la simultánea o subsiguiente emisión de energía en forma de calor, y la ventaja de reducir el volumen de los residuos hasta en 90%, contribuyendo significativamente a disminuir el aporte a otras opciones de manejo, particularmente al relleno sanitario. La conversión térmica se lleva a cabo de varias maneras: *Pirólisis, Gasificación e Incineración.* ⁵

Pirólisis; Es un proceso altamente endotérmico de residuos en ausencia de oxígeno.

Los tres componentes más importantes producidos en la pirólisis son los siguientes: ⁵

- 1 Una corriente de gas que contiene principalmente hidrógeno, metano, monóxido de carbono y diversos gases, dependiendo de las características del material pirolizado.
- 2 Una fracción líquida que consiste en un flujo de alquitrán o aceite que contiene ácido acético, acetona, metanol e hidrocarburos oxigenados complejos. Con un procesamiento adicional, la fracción líquida puede utilizarse como aceite combustible sintético.
- 3 Coque inferior, que consiste en carbono casi puro más cualquier material inerte originalmente presente en los residuos.

Gasificación; Esencialmente el proceso implica la combustión parcial de un combustible carbonoso para generar un combustible rico en gas con altos contenidos de monóxido de carbono, hidrógeno y algunos hidrocarburos saturados principalmente metano. ⁵



Incineración, Puede definirse como el proceso térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química con exceso de oxígeno. Los productos finales incluyen gases de combustión, compuestos principalmente de nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua (gas de chimenea), y rechazos no combustibles (ceniza). En general, la incineración de líquidos es más fácil que la de sólidos y puede realizarse mediante diversos tipos de procesos entre los cuales están la Incineración por inyección líquida, Hornos rotatorios y de cemento, Calderas, Incineradores de niveles múltiples, Combustores de cama fluidizada e Incineración en alta mar; lo que no ocurre con los residuos sólidos. ⁵

Algunos residuos que se incineran son: ⁷

- Aceites minerales, hidráulicos y de corte
- Contenedores metálicos y no metálicos con residuos peligrosos
- Ácidos orgánicos halogenados y no halogenados
- Soluciones amoniacales, solventes orgánicos, lacas colorantes y adhesivos
- Lodos de tratamiento de agua y minerales
- PCB's
- Catalizadores
- Restos de antraceno fenólico
- Desechos de la producción farmacéutica y de laboratorios
- Plaguicidas, pesticidas, etc.

Los residuos que se generan de la incineración son escorias, que se disponen en rellenos sanitarios para RP y polvos generados por el precipitador electrostático que se disponen en domos salinos. ⁷

En procesos de incineración y tratamiento térmico por termólisis, la solicitud de autorización será de acuerdo a las condiciones que se establezcan en el Reglamento y en las **NOM** correspondientes, en las cuales se estipularán los grados de eficiencia y eficacia que deberán alcanzar los procesos, y los parámetros ambientales que deberán determinarse a fin de verificar la prevención o reducción de la liberación al ambiente de sustancias contaminantes, particularmente de aquellas que son tóxicas como las dioxinas. De igual forma la **SEMARNAT** al reglamentar los procesos de incineración, distinguirá aquellos en los cuales los residuos estén sujetos a un co-procesamiento con el fin de valorizarlos para su empleo como combustible alterno en la generación de energía, que puede ser aprovechada en la producción de bienes y servicios. ^{7, 10, 32}



2.-OXIDACIÓN CIANHÍDRICA; Consiste en el empleo de soluciones acuosas de hipoclorito de sodio o de cloro para oxidar cianuros presentes en concentraciones de 2 a 40% en sales residuales de tratamiento térmico; se convierten en cianatos y posteriormente en nitrógeno y bióxido de carbono.⁵

3.-PRECIPITACIÓN DE METALES PESADOS; Se aplica a soluciones residuales que contienen metales pesados y se basa en el tratamiento con hidróxidos de sodio o calcio, para transformarlos en compuestos insolubles en agua; también pueden tratarse con sulfuro de sodio, tiourea o tiocarbamatos.⁵

4.-REDUCCIÓN DE CROMO (VI); Se realiza con objeto de reducir el ácido crómico, material corrosivo y altamente tóxico a cromo III; se emplea metabisulfito de sodio.⁵

5.-NEUTRALIZACIÓN; Se emplea para tratar soluciones acuosas de ácidos y bases minerales con cal hidratada para neutralizarlas; por ejemplo: ^{5, 35}

- Ácidos con y sin sulfuros,
- Ácidos con cianuros y metales pesados
- Bases con y sin sulfuros ,
- Bases con cianuros y metales

Algunas publicaciones que incluyen métodos de destrucción que son aceptadas por la comunidad científica son: ⁶

1. Prudent Practices for Disposal of Chemicals from laboratories, National Academy Press, 1983. Esta publicación presenta métodos de destrucción para fenoles, mercaptanos, ácidos halogenados, anhídridos, ácidos orgánicos, aldehídos, cetonas, aminas, y peróxidos.
2. Microchemical Journal Contiene artículos que proveen de procedimientos para la destrucción de muchos químicos diferentes.
3. Potentially carcinogenic Chemicals, Information and Disposal Guide, M.A. Armour, et al., University of Alberta, 1986. Esta publicación provee de procedimientos para destruir 263 químicos potencialmente carcinogénicos.
4. Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide, M.A. Armour, et al., University of Alberta, 1989. Esta publicación provee procedimientos para destruir 347 químicos peligrosos.
5. Destruction of Hazardous Chemicals in the Laboratory, G. Lunn and E.B. Sansone, Wiley-Interscience, 1990. Esta publicación contiene 271 páginas sobre métodos de destrucción.

En la tabla 8 se muestran las principales ventajas y desventajas de algunos tratamientos fisicoquímicos de RP



Tabla 8. Tratamientos fisicoquímicos específicos de RP

TRATAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Incineración	<p>Reduce los residuos (hasta 80%) a una fracción mínima muy estable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los gases de descarga pueden ser controlados. <p>Se puede recuperar la energía procedente de los gases calientes de la combustión para generar vapor y/o electricidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beneficios económicos a partir de la recuperación de calor. 	<p>Algunos residuos requieren de algún combustible o catalizador para completar la destrucción térmica.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Las emisiones de dioxinas y compuestos relacionados es de particular preocupación • Costosa inversión del equipo para el control de la contaminación atmosférica
Pirolisis	<p>Se obtienen productos muy reducidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La fracción gaseosa producida tiene un elevado contenido calórico (26 MJ/Kg). • Usado en la producción de carbón vegetal a partir de madera 	<p>En investigación y desarrollo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • No elimina completamente los residuos • Requiere de fuente de calor externo
Gasificación	<p>Reduce el volumen de los residuos sólidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Recupera energía a partir de los residuos generando un gas con altos contenidos de H₂, CH₄ y otros hidrocarburos saturados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Genera un gas con altos contenidos de CO.
Hidrogenación catalítica	<ul style="list-style-type: none"> • Sirven para recuperar energía, se pueden producir hasta 300 L de aceites combustibles ligeros/t de residuos 	<p>En investigación y desarrollo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Se produce entre 350^o y 400^oC y presiones superiores a 300 Atm.
Oxidación húmeda	<ul style="list-style-type: none"> • De importancia económica por la producción de ácidos orgánicos comerciales, como ácido acético, fórmico y oxálico. • Elevada factibilidad de aplicación en México por la elevada incidencia de materiales orgánicos en los residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • En plena fase de investigación y desarrollo. <p>Se realiza entre 200^o y 320^oC en presencia de oxidantes.</p>
Hidrólisis	<ul style="list-style-type: none"> • Gran interés comercial por la producción de alcohol y otros compuestos 	<ul style="list-style-type: none"> • El costo del tratamiento es elevado, se requiere infraestructura y equipos complejos.
Neutralización	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de problemas de corrosión y del riesgo de caída del PH por debajo de 6 utilizando CO₂. • Al tratarse de un sistema automatizado el proceso es menos agresivo para el personal da producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de químicos para llevar a cabo el proceso de neutralización.
Solidificación y encapsulamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el riesgo de contacto entre los residuos peligrosos y/o radiactivos con los seres vivos. 	<p>Requiere la previa estabilización de residuos por otro tipo de métodos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Se requiere de áreas aisladas y con los aditamentos adecuados para la disposición de los residuos.

Adaptado de: Tchobanoglous et al., 1994 y Gutiérrez, 1997. ^{36, 37}



7.2.2. Rellenos sanitarios.

Los residuos que se disponen en los rellenos sanitarios como RP son por ejemplo, las cenizas de incineradores, lodos con contenido metálico, escorias, sales insolubles de la industria química y suelo contaminado. Estos deben cumplir los límites permisibles de la Tabla 9:^{7, 32}

Tabla 9. Límites de RP que pueden disponerse en rellenos sanitarios.

Residuo	Límite
Fenol	100 mg/l
Arsénico	1 mg/l
Pb	2 mg/l
Cd	0.5 mg/l
Cr VI	05 mg/l
Cu	10 mg/l
Ni	2 mg/l
Hg	0.1 mg/l
Zn	10 mg/l
F2	50 mg/l
Cl2	10,000 mg/l
CN	1 mg/l
SO4	5,000 mg/l
NO3	100 mg/l
Compuestos orgánicos Halogenados	3 mg/l

Fuente: Asociación Mexicana para el Control de los Residuo, 1988.⁷

De igual forma se debe garantizar que no se contaminen las aguas subterráneas o superficiales, por la Generación de lixiviados, los cuales se tratan por ósmosis inversa, ultrafiltración o evaporación. La energía que utilizan para la evaporación, puede ser la que se genera de los procesos de incineración.^{7, 32}

7.2.3. Domos salinos.

Algunos residuos que se disponen en domos salinos son los siguientes:⁷

- Desechos del lavado de gases de incineradores de residuos peligrosos
- Desechos de los procesos de pirólisis
- Lodos con bario o mercurio
- Residuos con berilio
- Acumuladores (Ni-Cd) y Baterías (Hg)
- Lámparas de mercurio
- Sales de Na, Ca, Ba, Mg, Cu, CN, Al Va
- Pesticidas o plaguicidas
- Transformadores
- PCB's
- Catalizadores



7.2.4. Confinamiento

Los materiales resultantes del tratamiento de los RP antes descritos, así como los residuos que se eliminan sin tratamiento previo de destoxificación; pueden ser dispuestos en confinamientos tales como cementerios industriales, lagunas superficiales, pozos profundos, minas abandonadas o en el mar. Sin embargo, se admite hoy en día que no existe ningún método de confinamiento totalmente seguro y en todos los casos se requiere evaluar previamente los posibles impactos ambientales y seleccionar con propiedad los sitios para disponer de los residuos.

A este respecto, debe tenerse gran cautela al seleccionar las opciones y al determinar el tipo de residuos, lo cual debe estar sujeto a la regulación y control dispuestos para cada una de ellas con el fin de prevenir riesgos.^{32, 5}

Cementerios industriales; Se trata de confinamientos construidos bajo tierra, en celdas o zanjas recubiertas con cemento y materiales, para evitar que fluyan líquidos (lixiviados) al subsuelo y que penetre la lluvia. En estos confinamientos, los residuos peligrosos se disponen a granel o en contenedores y se dejan escapar, a través de tubos, los gases que se formen. Los lixiviados se recuperan mediante una serie de tuberías perforadas que se entierran en los puntos más bajos del cementerio, bombeándolos para evitar que se fuguen hacia el entorno.

Lagunas superficiales; Este tipo de confinamiento es el menos adecuado, puesto que los residuos peligrosos se disponen en depresiones abiertas con o sin recubrimiento y presentan el riesgo de que se evaporen las sustancias volátiles y se produzca el fenómeno de lixiviación, por lo cual no se recomienda.

Inyección de pozos profundos; Para este fin se han utilizado pozos abandonados, cuyo fondo consiste en formaciones geológicas apropiadas. También se llegan a perforar pozos nuevos y se emplean plantas de inyección. Este procedimiento se utiliza en especial para disponer soluciones de sustancias tóxicas y de aguas residuales.

Minas abandonadas; Algunas minas no activas de sal o de hulla se llegan a emplear para enterrar residuos peligrosos que no conviene disponer en cementerios industriales o someter a tratamientos de destoxificación. Las minas de sal presentan como ventajas



que son impermeables a líquidos y gases; por su naturaleza higroscópica absorben grandes cantidades de agua; y no favorecen la corrosión de los recipientes metálicos.

A su vez, en las minas de hulla no existe el riesgo de explosiones por gas metano, pero debe asegurarse el cierre permanente de las minas y que los residuos que allí se depositen sean sólidos y estén envasados en recipientes herméticos, para que no exista la posibilidad de reacción entre los residuos y su entorno geológico.

Tiraderos en el mar; Mediante este mecanismo, sólo pueden disponerse tipos particulares de RP; éstos están contenidos en listados que han sido incluidos en convenios internacionales para regular este procedimiento. En tales convenios se especifica que no pueden ser depositados en el mar derivados organohalogenados y organosalicílicos, mercurio o sus derivados, cadmio, residuos carcinogénicos o plásticos que puedan interferir con la pesca o la navegación.⁵

Se debería de considerar la importancia de establecer requisitos de reciclaje y disminución de los residuos antes de su disposición. En España se exige al generador que previamente a su recolección, realice un tratamiento para eliminar o reducir en lo posible sus características nocivas. Con esto se reduce sensiblemente el volumen sujeto a disposición final. En México las modalidades más frecuentes de manejo son: la recuperación de energía en hornos rotatorios; la recuperación de metales por fundición; la destilación y evaporación de solventes; el tratamiento físico en el siguiente orden: por sedimentación, espesado de lodos, destilación, extracción con disolvente, centrifugación, coagulación, evaporación y filtración; y el tratamiento químico principalmente por neutralización, seguido por estabilización o solidificación y reducción (ver Tabla 10).^{7, 38}



Tabla.10 Resumen por tipo de tratamiento según reportes de las empresas de servicios

TRATAMIENTO	TONELADAS	LITROS(miles)
DISPOSICION FINAL		
Confinamiento	393,957.10	370.41
RECUPERACION DE ENERGIA		
Calderas	2,795.41	18.46
Hornos rotatorios	64,050.05	2,468.81
Otros hornos	1 902,310.79	286.58
Otras formas		3,922.8
RECUPERACION DE METALES		
Electrolítico		81.64
Fundición secundaria	699,446.60	
Otros métodos	0.77	
RECUPERACION DE SOLVENTES Y COMPUESTOS ORGANICOS		
Destilación	0.20	1,421.79
evaporación	993,014.40	1,810.93
OTROS METODOS DE RECUPERACION		
Otros métodos	27,119.24	16.72
TRATAMIENTO TERMICO		
Incineración	3,306.32	
TRATAMIENTO FISICO		
Absorción	0.40	
Adsorción	0.32	
centrifugación		186.60
coagulación	3.5	56.63
destilación		955.20
encapsulación	0.41	0.41
Espesado de lodos	1,228,199.83	1,104.66
evaporación	1.20	54.20
Extracción con disolvente	499.43	375.25
filtración	25.12	21.20
sedimentación		4,007.60
ultrafiltración		0.46
TRATAMIENTO QUIMICO		
Estabilización o solidificación	2,823.24	23.03
neutralización	18.45	428.19
oxidación	8.45	0.03
precipitación		1.33
reducción	3.05	15.42
SIN DEFINIR		
Sin definir	31,525.21	
TOTAL	5,349,419.93	18,419.60

Fuente: Semarnap-INE, 2006. ³⁸

8. REQUISITOS PARA LOS SITIOS DESTINADOS AL CONFINAMIENTO CONTROLADO Y CIMARI

Las empresas que realicen procesos de tratamiento físicos, químicos o biológicos de RP, deberán presentar a la **SEMARNAT** los procedimientos, métodos o técnicas mediante los cuales se realizarán, sustentados en la consideración de la liberación de sustancias tóxicas y en la propuesta de medidas para prevenirla o reducirla, de conformidad con las **NOM** que para tal efecto se expidan. ¹⁰

La **NOM-055-SEMARNAT-1993**, es la que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado y **CIMARI**, para recibir la autorización de instalación y operación con RP. En su contenido establece una serie de condicionantes exageradas, en aspectos geohidrológicos, climáticos, sísmicos, y de separación a centros de población o ecosistemas. Sin embargo, también incluye de una manera casi tímida, la posibilidad de suplir características no adecuadas del sitio mediante la utilización de obras de ingeniería o técnicas de control comprobadas. ⁷

Una consecuencia de estipular sitios tan aislados para la instalación de confinamientos, es el incremento de los costos y riesgos inherentes al transporte de los residuos, por tal razón debe tomarse en cuenta que la mayor parte de los accidentes que involucran riesgo ambiental, se producen en actividades de transporte y transferencia; porque estrictamente, no hay razones válidas para establecer una distancia de 25 km a un centro poblacional, acuíferos confinados a 200 m de profundidad y lejanía de vías de comunicación. Estas condicionantes solo fomentan el temor y recelo de la ciudadanía a los **CIMARI**, cuando debería propiciarse que fueran percibidos por la sociedad como una instalación industrial más, que utiliza a los residuos como insumos y que debe cumplir con los requisitos correspondientes de impacto y riesgo ambiental tal como sucede en Estados Unidos y Canadá en los que las distancias mínimas entre instalaciones de manejo de RP y zonas residenciales es de hasta 150 m (mientras en México se piden 25 km). ^{10, 7}



Por las condicionantes establecidas para su selección, los sitios que son elegibles para alojar un **CIMARI**, son aquellos que están lejos de cualquier tipo de recurso hidráulico aprovechable y que, por lo tanto, no son aptos para actividades agropecuarias, comerciales o industriales. Generalmente están en zonas sumamente secas, con altos índices de pobreza, cuyos habitantes practican actividades de supervivencia, y que no tienen alternativas productivas viables.⁷

Esto plantea situaciones ambivalentes, por un lado, se ha llegado a señalar por parte de grupos opositores a la construcción de instalaciones para manejo de residuos, que los **CIMARI** se pretenden ubicar en zonas pobres y marginadas, como resultado de una especie de discriminación a sus comunidades, y que son los "*ricos*" quienes van a "*tirar*" sus desechos a los terrenos de los "*pobres*". Esta aseveración no toma en cuenta los beneficios potenciales que puede significar la instalación de este tipo de infraestructura en zonas deprimidas. Con la incorporación de programas de comunicación y capacitación a la comunidad en donde se pretenda instalar un **CIMARI**, lo que puede significar una fuente estable e importante de empleos para los pobladores y los propios municipios.⁷

Los requisitos que debe cumplir una empresa para obtener la autorización de instalación y operación en el manejo de RP, se muestran en la Tabla 11.



Tabla 11. Requisitos que debe cumplir una empresa para obtener la autorización de instalación y operación para otorgar servicio de manejo de RP (recicladoras, incineradores, confinamientos controlados, entre otras)

REQUISITO	ESPECIFICACIÓN	MARCO LEGAL
Carta intención a la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas (DGMRAR)	Se indica el alcance del proyecto; así como el tipo de residuo, instalación, área geográfica de influencia y tipo de administración.	LGEEPA (art.5, fracción XIX y art.6 fracciones XII y XIII).
Plan rector del uso del suelo.	Remitir copia actualizada de autorización de uso de suelo, otorgada por el gobierno estatal y/o municipal, o ambos.	Ley de Obras Públicas.
Autorización previa del sitio para la instalación y construcción (exclusivamente para confinamiento controlado de RP).	Presentar estudio geohidrológico 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.
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.	LGEEPA (art.8, fracción XI, y art.9. apartado "A", fracción IX).
Cumplir con el Manifiesto de Impacto Ambiental (MÍA).	Presentar manifestación de impacto ambiental en la modalidad que señale la DGOEIA	LGEEPA (art.28, 29, 31, 32, 33 y 34).
Cumplir con el Estudio de Riesgo Ambiental.	Anexar a la manifestación de impacto ambiental el estudio de riesgo en la modalidad que señale la DGOEIA .	LGEEPA (art.32).
Obtener la autorización de funcionamiento en materia de contaminación ambiental de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental (DGOEIA)	Acatar las condicionantes fijadas en la autorización del funcionamiento correspondiente, en función del análisis del proyecto ejecutivo y el resultado del protocolo de prueba.	LGEEPA (artículo 145).
Cumplir con el 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 LGEEPA en materia de RP (art.10).
Obtener autorización para operar de la (DGIVIRAR)	Apegarse a las condicionantes generales que establece la normatividad ambiental en materia de RP, así como las específicas del proyecto en materia de RP.	LGEEPA y su reglamento de RP.

Fuente: Semarnap-INE, 1996.²⁹



8.1. Centros integrales para el manejo y aprovechamiento de residuos industriales (CIMARI).

La primera planta de recuperación de residuos se instaló en 1988, en el sur de Tijuana (TITISA), para tratar desechos de la industria maquiladora, incinerar desechos y reciclar solventes. Pero la Iniciativa de desarrollar una red de **CIMARI** se adoptó tanto por parte del sector privado como del sector público, los cuales pueden describirse como instalaciones industriales que utilizan a los residuos como insumos para nuevas cadenas productivas en procesos de reciclaje y recuperación de materiales y energía, donde sólo se confinan aquellos para los cuales no es viable aplicar otra solución, una vez estabilizados y neutralizados.^{7, 23}

Esta iniciativa continúa dirigida a las empresas interesadas, las cuales proporcionarán información sobre su capacidad técnica y financiera para ser evaluada por la autoridad ambiental. Las empresas una vez seleccionadas, recibieron una carta de aprobación del **INE**, en la que se estableció el reconocimiento para ser consideradas como aptas para acometer y concretar este tipo de proyectos. A partir de este punto, las empresas contaban con el apoyo técnico y de gestión de la autoridad, para iniciar acciones con gobiernos estatales y municipales, así como para dar prioridad y atención especial a sus trámites según la reglamentación en la materia.⁷

De las 651 instalaciones para residuos industriales peligrosos (Tabla 12), 320 son para recopilación y transporte, 105 dedicadas a almacenamiento temporal, 7 reuso, 140 reciclaje, 64 tratamiento, 11 incineración y 4 al confinamiento de RP.³⁰

Las compañías privadas que tienen sus propios confinamientos controlados son Ciba-Geigy e Industrias Químicas en Jalisco, Kimberly Clark en el Estado de México y Procesadora Mexicali en Baja California. Los rellenos abiertos al público se ubican en los estados de Nuevo León, San Luis Potosí y Sonora.^{23, 31}



Tabla 12. Distribución geográfica de las empresas autorizadas a proporcionar servicios de manejo de RP en México

ESTADO	Recopilación y transporte	Almacén temporal	Reuso	Reciclaje	Tratamiento	Incineración		TOTAL
Aguascalientes	2	1	0	1	2	0	0	6
Baja California sur	27	11	0	9	1	0	0	48
Baja California Norte	0	1	0	1	0	0	0	2
Campeche	0	0	0	0	1	0	0	1
Coahuila	14	0	0	6	1	0	0	21
Colima	0	1	0	2	2	0	0	3
Chiapas	0	1	0	0	2	0	0	1
Chihuahua	19	6	0	3	1	0	0	29
Distrito Federal	29	4	0	9	24	0	0	66
Durango	3	4	1	1	0	0	0	9
Guanajuato	4	4	0	4	4	0	0	16
Guerrero	2	0	0	1	0	0	0	3
Hidalgo	7	1	0	8	0	0	0	16
Jalisco	13	4	0	7	0	2	1	27
México	50	14	6	45	7	3	0	125
Michoacán	1	2	0	0	0	1	0	4
Morelos	3	2	0	1	0	2	0	8
Nayarit	1	1	0	0	0	0	0	2
Nuevo León	72	15	0	21	8	1	1	118
Oaxaca	1	0	0	1	0	0	0	2
Puebla	13	4	0	3	0	0	0	20
Querétaro	3	2	0	2	0	0	0	7
Quintana Roo	1	1	0	0	0	0	0	2
San Luis Potosí	3	1	0	3	0	0	1	8
Sinaloa	0	2	0	0	0	0	0	2
Sonora	6	4	0	3	0	0	1	14
Tabasco	5	2	0	1	7	0	0	15
Tamaulipas	24	10	0	2	7	0	0	43
Tlaxcala	3	1	0	2	0	1	0	7
Veracruz	10	3	0	3	1	1	0	18
Yucatán	4	3	0	1	0	0	0	8
Zacatecas	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	320	105	7	140	64	11	4	651

Fuente: Instituto Nacional de Ecología. 2000.³⁰

Existen pocas empresas autorizadas que trabajan con la disposición de RP en México, como son SETASA y Mexicana del Medio Ambiente las cuales han construido rellenos sanitarios en diversos estados de la República Mexicana.²³



9. PRODUCCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

Por razones relacionadas con las limitaciones de disponibilidad de la información sobre RP disponible en la **DGGIMAR** y la ingresada por las Delegaciones de la **SEMARNAT**, en México no existe un inventario completo del tipo y volumen de RP generado en el país, a pesar de los manifiestos que por ley deberían cumplir las empresas y establecimientos generadores. Por tal motivo los resultados de este estudio son parciales y no permiten determinar cuál es el universo de esos residuos. Los cálculos aproximados nos hablan de un volumen de entre 3 y 7 millones de toneladas al año de RP, lo que no incluye los jales mineros, residuos que se producen en grandes cantidades (entre 300,000 y 500,000 ton/diarias).^{12, 38}

De estas millones de toneladas al año se considera que solo el 26 % recibe un manejo adecuado, por lo que el 74% restante con frecuencia se dispone clandestinamente en tiraderos municipales, barrancas, carreteras, drenajes o cuerpos de agua. Siendo esta última opción la que predomina, considerando que cerca de 90% de los RP adoptan estados líquidos, acuosos o semilíquidos, o bien, se solubilizan y/o mezclan en las descargas de aguas residuales.^{7, 12, 38}

La generación de Residuos Industriales Peligrosos se concentra de manera importante en la región centro del país, la que contribuye con un 59 % del total. Le siguen la región norte con un 19% y la región del Golfo con un 17 %. Sin embargo, la región norte contiene el 86 % del total de las instalaciones para manejo de RP del país, considerando el volumen de tratamiento y disposición de las mismas, mientras que la región centro sólo cuenta con el 14 % de éstas. Las regiones sureste y del Golfo sólo contienen entre las dos al 3 % de las instalaciones nacionales.⁷

Resulta evidente la distribución de estas instalaciones conforme a una regionalización a partir de centros de generación de residuos, y programar su construcción de acuerdo a las proyecciones de crecimiento y ubicación de la planta industrial. Sólo así se podrá inducir un mercado eficiente de manejo de residuos y reducir los costos y riesgos inherentes a su transporte.⁷



Se puede observar una tasa estimada de 1259 miles ton/año de RP que son susceptibles de ser reciclados en un proceso, ver tabla 13.

9.1. Producción en la ZMVM

En la Zona Metropolitana del Valle de México, que incluye parte del Estado de México, el sur del estado de Hidalgo, el sureste de Tlaxcala y casi la totalidad del Distrito Federal, se estima que de los RP generados en 26,672 empresas, la industria química aporta 44% del total (858,635 ton/año), le sigue la industria metalúrgica con 14% y la automotriz con 7%. Del total generado, el Distrito Federal contribuye con 624,995 ton/año, mientras que los municipios conurbados generan 233,640 ton/año.^{39, 4, 40}

A continuación se indica el número de empresas que se han registrado como generadoras de RP a partir de 1988, en que se estableció la obligación legal al respecto, ver tabla 14. Es importante señalar que se estima que el universo de generadores potenciales puede ser superior a cien mil, si se considera que tan sólo la industria de la transformación cuenta con más de doscientas mil empresas, siendo micro, pequeñas y medianas más del 90% de ellas.⁴

Tabla 13. Categorías y cantidades de RP reciclables generados en la ZMVM

CATEGORÍAS DE RESIDUOS	DESCRIPCIÓN	GENERACIÓN ESTIMADA (miles ton/año)
Solventes	Halógenos, no halogenados y solventes gastados	227
Residuos energéticos	Residuos orgánicos que tienen un valor calorífico > 5 000 btu/ton	264
Residuos metálicos	Efluentes contaminados con metales y residuos del procesamiento de metales	308
Aceites residuales	Lubricantes gastados, aceites hidráulicos, de corte y de temple	111
Productos fuera de especificaciones	Materiales con vida de anaquel caduca, fuera de especificaciones o excedentes de producción	24
Ácidos/bases	Corrosivos gastados	275
Total	Residuos reciclables	1259

Fuente: OPS-OMS, 1998.⁴⁰



Tabla.14. Principales Generadores de RP en México

ESTADO	NO. DE EMPRESAS	RESIDUOS GENERADOS (ton/año)
Aguascalientes	608	9,554.77
Baja California sur	2,359	33,523.00
Baja California	124	107.50
Campeche	183	58,501.91
Coahuila	1,020	2,359.34
Colima	254	1,697.73
Chiapas	527	939.20
Chihuahua	2,224	3,862.50
Distrito Federal	3,955	624,995.00
Durango	272	976.57
Guanajuato	1,181	1,148,550.35
Guerrero	255	1,282.52
Hidalgo	916	392,843.47
Jalisco	1,686	4,722.72
México	4,429	233,640.00
Michoacán	223	233,680.58
Morelos	562	8,315.97
Nayarit	263	2,389.85
Nuevo León	1,143	253,079.48
Oaxaca	131	60,533.73
Puebla	480	11,200.00
Querétaro	507	13,878.91
Quintana Roo	278	48.68
San Luis Potosí	341	29,292.40
Sinaloa	220	6,332.07
Sonora	545	7,404.50
Tabasco	314	134,096.00
Tamaulipas	409	218,576.00
Tlaxcala	550	52,275.40
Veracruz	478	152,862.26
Yucatán	659	2,441.16
Zacatecas	184	1,882.45
TOTAL	27,280	3,705,846.21

Fuente: SEMARNAT⁴

Los resultados que a continuación se presentan, responden al análisis de la información que se obtuvo de las autorizaciones otorgadas por la **SEMARNAT** en 2004 en todo el país, así como de los reportes semestrales de RP recibidos para su reciclaje, tratamiento o disposición final, presentados por 63 empresas de servicios, (Tabla15) ya que el resto de ellas presentan sus reportes en las Delegaciones de **SEMARNAT** en los estados y no se tuvo acceso a ellos. ³⁸

Tabla 15. Capacidad autorizada por tipo de manejo de RP

Concepto		Capacidad autorizada	Unidad
Recolección y transporte	Residuos peligrosos	1252	Vehículos
	Residuos biológico infecciosos	105	Vehículos
Acopio	Residuos peligrosos	1375.30	ton/mes
	Residuos biológico infecciosos	9.40	ton/mes
Reuso	Solventes gastados	648	ton/mes
	Aceite gastado	95.64	ton/mes
	Residuos peligrosos	500,080	ton/mes
Reciclaje	Tambores usados	40,241.64	ton/año
	Solventes sucios	132,850.64	ton/año
	Líquido fijador fotográfico	1,409.66	ton/año
	Lubricantes usados	124,478	ton/año
	Metales	549,082.50	ton/año
	Energético	4'958,940.05	ton/año
	Residuos peligrosos	1'281,478.50	ton/año
Manejo integral	Para la preparación de combustible alternativo	772,753.90	ton/año
Tratamiento	Aceites y materiales contaminados con BPC's	15,875	ton/año
	Residuos "in situ"	2'680,856	ton/año
	Residuos biológico-infecciosos	141,013.49	ton/año
	Otros tratamientos	1'628,920.90	ton/año
incineración	Residuos peligrosos	16,283.74	ton/año
	Residuos biológico infecciosos	26,950	ton/año
Disposición final	Disposición final	1'237,606	ton/año

Fuente: SEMARNAT-INE, 2006. ³⁸



La capacidad de manejo adecuado de los RP en México es sumamente limitada; de hecho, sólo una muy pequeña proporción del total generado es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias. Las razones son muchas, pero en términos muy generales conviene enumerar algunas de ellas.^{7, 29,38}

- Opinión pública desinformada
- Sistemas de información de residuos incompleto y sin validación.
- Falta de comunicación efectiva con las delegaciones en los estados y con las áreas de planeación y generadoras de información.
- Bajo control de calidad ambiental en micro, pequeña y mediana industria
- Normatividad incompleta y obsoleta en la clasificación y listados de RP y demás normas relacionadas con el manejo de los mismos, así como falta del Reglamento de la **LGPGIR**.
- Fiscalización limitada a empresas prestadoras de servicio y generadores de RP.
- Procedimientos administrativos excesivamente largos y costosos
- Presupuesto insuficiente para el desarrollo de programas y por consecuencia incumplimiento de metas y objetivos de los programas estratégicos.
- Inspección y vigilancia insuficientes
- Politización de los proyectos de infraestructura para el confinamiento de los RP, que detienen y desalientan la inversión.

9.2. Sitios de disposición clandestina en restauración

Tradicionalmente, desde el inicio del proceso de industrialización en México, la industria minera, química básica, petroquímica y de refinación del petróleo, han producido cantidades muy grandes, pero muy difíciles de cuantificar, de RP. En muchos casos, éstos han sido depositados abiertamente en el suelo sin ningún tipo de control, lo que ha planteado importantes riesgos a la población, o bien, generado riesgos de contaminación de acuíferos por la lixiviación de contaminantes. A continuación, en la tabla 16 se presenta una relación de casos de disposición clandestina de RP que fueron detectados por medio de actividades de inspección.²³



Tabla 16. Relación de sitios afectados por disposición inadecuada de RP

MUNICIPIO O DELEGACIÓN	ESTADO	TIPO DE CONTAMINANTES
Azcapotzalco	Distrito Federal	Hidrocarburos, metales pesados Y PCB
Tijuana	Baja California	Plomo (Pb)
Saltillo	Coahuila	Diesel
Ecatepec	México	Solventes
Tultitlán	México	Ácido fosfórico, hexametáfosfato, tripolifosfato, carbonato de sodio
San Francisco del Rincón	Guanajuato	Cromo (Cr)
Salamanca	Guanajuato	Agroquímicos y azufre contaminado con agroquímicos.
Tula	Hidalgo	Catalizadores gastados (metales pesados)
Guadalajara	Jalisco	Hidrocarburos
Santa Catarina	Nuevo León	Combustóleo
San Luis Potosí	San Luis Potosí	Plomo (Pb) y arsénico (As)
Coatzacoalcos	Veracruz	Plomo (Pb)
Coatzacoalcos	Veracruz	Azufre líquido, aceites, solventes y lodos c/Cr
Tultitlán	México	Cromo (Cr)
Miguel Hidalgo	Distrito Federal	Hidrocarburos totales del petróleo, solventes y metales pesados
Ecatepec	México	Hidrocarburos totales del petróleo y metales pesados
Coatzacoalcos	Veracruz	Fosfoyeso
Progreso	Yucatán	Gasolina y Diesel
Cumobabi	Sonora	Plomo y cadmio
San Luis Potosí	San Luis Potosí	Plomo
Monterrey	Nuevo León	Plomo

Fuente: Semarnap-INE, 1996.²⁹

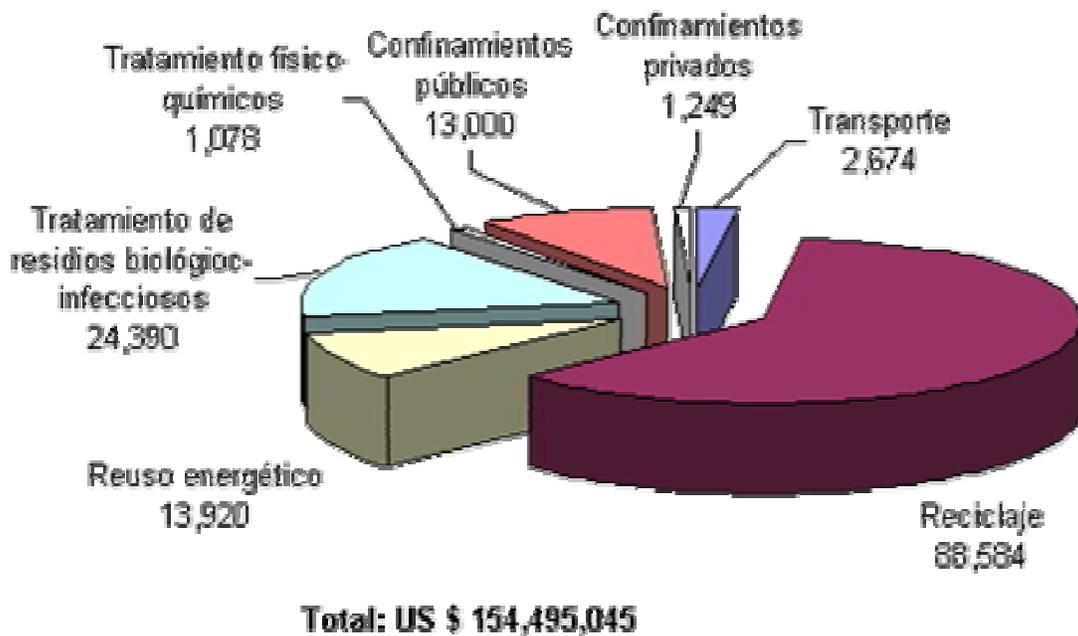
La normatividad no establece hasta ahora criterios y procedimientos para la remediación de sitios contaminados por diferentes tipos de residuos, como lo pueden ser metales o hidrocarburos. Tampoco se han definido criterios que establezcan niveles óptimos de remediación, metas y objetivos.¹²



9.3. Costos del manejo de residuos industriales

En los países industrializados, las normas y regulaciones aplicables a la generación y manejo de este tipo de residuos son cada vez más estrictas, y por tanto, se observa una escalada exponencial de los costos asociados a su manejo ambientalmente seguro. En la actualidad, se estima que disponer adecuadamente de una tonelada de RP a través de sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, confinamiento controlado, neutralización, reciclaje o incineración cuesta entre 80 y 1500 dólares (ver figura 3).¹²

Figura 3. Resumen de inversiones



Fuente: AMCRESPAC. 1998.⁷

Si tomamos en cuenta que en los países miembros de la **OCDE** se generan más de 400 millones de toneladas de RP/año, podremos intuir la magnitud del problema y de su significado, que incluye, desde luego, un mercado actual y potencial de proporciones gigantescas para empresas dedicadas al manejo de RP.¹²

Al incrementarse los costos del manejo de RP dentro de los mercados nacionales se crean condiciones económicas propicias para el movimiento transfronterizo, las cuales tienen que ver con distintas capacidades instaladas de tratamiento, reciclaje, confinamiento o incineración presentes en cada país(ver tabla 17).¹²



Obviamente, la opción más barata puede ser disponer los RP en sitios donde no existan las capacidades regulatorias que lo impidan, lo que reduce el costo de manejo tan sólo al costo del transporte (dentro de este movimiento lícito, frecuentemente, los RP que se exportan e importan son aquellos cuyo manejo resulta sumamente costoso). Esta es la causa de un creciente tráfico ilícito de RP hacia países y regiones subdesarrolladas, donde provocan enormes daños a los ecosistemas y a la salud humana.¹²

Por eso, aunque el grueso de los movimientos transfronterizos de RP se lleva a cabo entre países miembros de la **OCDE**, se ha documentado ampliamente un tráfico considerable hacia países que no son miembros de esa organización, el cual se da con frecuencia en una atmósfera de corrupción.¹²

Tabla 17. Comparativo de costos actuales de manejo de residuos industriales peligrosos entre México y Estados Unidos

ACTIVIDAD	COSTOS DE MANEJO (USD/ton)	
	MÉXICO ¹	ESTADOS UNIDOS ²
Confinamiento		
Tambos	70-100	245-350
Granel	45-60	84-140
Oxidación térmica	No se cuenta con este dato	560-1 190
Reciclaje energético		
Líquidos limpios combustibles	10-30	14-84
Líquidos en general, incluyendo solventes	25-40	84-350
Reciclaje y recuperación	25-120	105-420
Tratamientos fisicoquímicos		
Neutralización, ácidos y bases	15-50	35-140
Cianuros y metales pesados	200-250	105-1 120
Transporte	0.03 (ton/Km)	0.1 4 (ton/Km)

¹ Información proporcionada por empresas prestadoras de servicios en México.

² Información proporcionada por diez de las principales empresas dedicadas a la prestación de servicios en EUA

Fuente: Semarnap-INE, 1996.¹¹



10. ACUERDOS INTERNACIONALES.

A raíz de la creciente problemática mundial sobre las sustancias químicas se crearon múltiples foros internacionales para analizar los retos que representan dichos materiales; entre otros, el **Convenio de Basilea, Acuerdo de la Paz, OCDE, Agenda 21** etc., en los cuales se ha puesto particular énfasis en resaltar que el manejo de las sustancias químicas sólo puede ser efectivo si se utiliza el enfoque del ciclo de vida integral, es decir aquel que abarca desde la protección, extracción, síntesis de moléculas hasta su transformación en bienes de consumo y en RP.⁴¹

México ha participado en el ámbito internacional buscando soluciones a los problemas relacionados con las sustancias químicas, tratando de integrar la necesidad de desarrollo económico con la protección al medio ambiente; la importancia que se da en el país a los problemas ambientales también se ha incrementado con la negociación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (**TLCAN**), así como con la adhesión a la **OCDE**, que ha significado la adopción de mayores compromisos ambientales.⁴¹

10.1. Acuerdo de la Paz

Fue firmado en La Paz, Baja California, el 14 de agosto de 1983 entre México y Estados Unidos y regula el movimiento transfronterizo de desechos y sustancias peligrosas. En el cual se establece que el país exportador debe solicitar el consentimiento por escrito del país importador antes de iniciar la exportación. También se establece que los RP generados por materiales admitidos por cualquiera de los dos países para su procesamiento serán retornados al país de origen, como es el caso de los residuos generados por la industria maquiladora.^{23, 29}

Así mismo, señala que cuando se ocasione daño a los ecosistemas por el inadecuado manejo de los residuos, éstos deberán ser restaurados, además de que, mediante compensación, se deberá restituir los daños causados a personas, propiedades y al medio ambiente.²⁹



Dentro del Acuerdo de La Paz se incluyen cinco Anexos.⁴²

- I. Estipula la construcción y operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales en Tijuana, Baja California y San Diego, California.
- II. Autoriza el establecimiento de un equipo local de respuesta conjunta, para atender los derrames accidentales de petróleo y sustancias peligrosas.
- III. Establecer los procedimientos que regulan los movimientos transfronterizos de desechos y sustancias peligrosas.
- IV. Requiere que las fundidoras de cobre cumplan con los estándares de emisión permitidos.
- V. Determina la evaluación de las causas y soluciones a los problemas de la calidad del aire en las ciudades vecinas del área.

Conforme a los artículos 4 y 11 del Convenio de Basilea, las Partes firmantes tienen la facultad de adoptar medidas incluso más estrictas que las dispuestas por su texto. En el marco del Anexo III, México permite la importación de RP sólo para su reciclaje. Tanto el Convenio como el Acuerdo reconocen el derecho de cada país a determinar lo que se entiende por RP, de esta forma la legislación mexicana solamente permite la importación de determinados RP e incluso, si en un momento dado se decidiera restringir en forma absoluta la importación de éstos, podría hacerse sin que ello implicara una violación a los compromisos contraídos por México en los ámbitos multilateral y bilateral.¹²

10.2. Convenio de Basilea

Otro de los instrumentos que guarda una estrecha relación con el Acuerdo de la Paz es el Convenio de Basilea (1989), que prohíbe la exportación de RP para depósito final, pero lo permite para la recuperación de materiales secundarios o reciclaje. Fue adoptada por 116 países signatarios y entró en vigor el 5 de mayo de 1992. En la actualidad, el convenio cuenta con sólo 64 partes contratantes.²³

Anexos del Convenio de Basilea:

- | | |
|-----------|--|
| Anexo I | Categorías de desechos que hay que controlar. |
| Anexo II | Categorías de desechos que requieren una consideración especial. |
| Anexo III | Lista de características peligrosas. |
| Anexo IV | Operaciones de eliminación. |
| Anexo V | Información que hay que proporcionar con la notificación previa. |
| Anexo VI | Arbitraje. |



El Convenio cuenta con dos grupos de trabajo que han laborado en forma intersesional. El primero de ellos es el Comité Especial de Composición Abierta para la Aplicación del Convenio de Basilea. El segundo, es el Grupo de Expertos Técnicos y Jurídicos encargado de examinar y elaborar un proyecto de protocolo sobre responsabilidad e indemnización por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de RP y su eliminación. En la Tabla 18 se presentan sus principales disposiciones y, aunque el texto del convenio no a sido enmendado, su filosofía ha sido modificada sustancialmente a través de la prohibición de 1998 acerca de las exportaciones de RP destinados a su disposición final o a su recuperación, por parte de países miembros de la **OCDE** a países no miembros de esa organización.^{12, 23}

En la actualidad, el Convenio ha celebrado ya dos reuniones de "La Conferencia de las partes firmantes.

Tabla 18. Principales disposiciones del Convenio de Basilea

ARTÍCULO	DISPOSICIÓN
Artículo 4	Establece la imposibilidad de exportar residuos a aquellos países miembros que hayan prohibido la importación de tales residuos. Destaca la obligación de asegurar la reducción de la generación de residuos al máximo, así como el no permitir la exportación de residuos a un país o grupo de ellos pertenecientes a una organización económica o política si se tiene razón para creer que carecen de los medios para dar un manejo ambientalmente seguro a los residuos importados.
Artículo 6	Contiene las disposiciones relativas a los movimientos transfronterizos de residuos entre las partes del convenio. Reitera y detalla la instrumentación del consentimiento previo informado.
Artículo 11	Prevé la posibilidad de acuerdos paralelos relativos a los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos celebrados entre países miembros y no miembros a nivel bilateral, regional o multilateral siempre y cuando éstos estipulen medidas no menos estrictas ambientalmente que aquéllas prescritas por el Convenio de Basilea.

Fuente: SEMARNAT-INE, 1996.²⁹



10.3. Agenda 21

La Agenda 21 es un documento que recoge, a lo largo de sus más de 600 páginas los trabajos que a lo largo de dos años se realizaron para integrar las propuestas que 186 países elaboraron para servir de base al establecimiento de políticas de acción nacionales para lograr un desarrollo sustentable desde el punto de vista social, económico y ecológico. Fue aprobado durante la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro, Brasil, en el año de 1992.^{23, 43}

El documento denominado agenda 21 consta de 4 secciones:²³

- Sección I** Dimensiones sociales y económicas
- Sección II** Conservación y gestión de los recursos
- Sección III** Fortalecimiento del papel de los grupos sociales
- Sección IV** Medio para la puesta en práctica

El Capítulo 19 se encuentra en la Sección II de la Agenda 21 (si desea consultar la Agenda 21 completa, se recomienda consultar el sitio del **PNUMA.**), el cual hace referencia a la gestión ambientalmente racional de las sustancias químicas, a través de la formulación de seis áreas de programas que cubren los siguientes temas:^{23, 43}

1. Expansión y aceleración de la evaluación internacional de los riesgos de los productos químicos.
2. Armonización de la clasificación y etiquetado de los productos químicos.
3. Intercambio de información de productos químicos tóxicos y el riesgo que entrañan los químicos.
4. Organización de programas de reducción de riesgos.
5. Fomento de la capacidad y los medios nacionales para la ordenación de los productos químicos.
6. Combate al tráfico ilícito de sustancias tóxicas.

Hoy en día muchos de los miembros de la agenda 21 han ratificado los acuerdos y organizado sus propios programas a nivel nacional y local, siguiendo las guías que para tal fin han desarrollado diversas entidades asociadas a las Naciones Unidas. Un ausente notable es Estados Unidos, país que asistió a la Cumbre de Río pero que se abstuvo de firmar la declaración y el programa.⁴³



10.4. Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE)

La **OCDE** es una entidad intergubernamental que agrupa a 27 países industrializados, siendo a partir de 1994 cuando México se ha constituido como miembro de la **OCDE**, la cual tiene como objetivos básicos:^{23, 44}

Lograr la mayor disponibilidad de crecimiento económico y de empleo, elevando los estándares de vida en los países miembros

Contribuir a la expansión de una economía sólida en los países miembros, así como en los no miembros en el proceso de desarrollo económico.

Contribuir en la expansión comercial del mundo en una base multilateral, no discriminatoria, de acuerdo con obligaciones internacionales.

Los objetivos básicos son de carácter comercial pero también ha sido pionera en iniciativas de manejo ambientalmente seguro de los RP y en el control de su movimiento transfronterizo, entre las que se encuentran:²³

- El abatimiento de la generación de residuos peligrosos.
- La separación de sus componentes reutilizables en la fuente.
El reúso de manera directa en la fuente.
- El tratamiento físico y/o químico para su recuperación o reúso.
- La destrucción por medios físicos y/o químicos (como la incineración).
El almacenamiento permanente en confinamientos controlados.

Dentro de la **OCDE** existen más de 150 comités, grupos de trabajo y grupos de expertos, que cubren un amplio rango de temas, algunos en gran perspectiva, otros técnicos y altamente especializados. Los países generalmente son representados por delegados de diversas instancias gubernamentales, según el tema tratado. En el área ambiental, cinco de las 13 decisiones adoptadas por el consejo se refieren al manejo de RP y a su movimiento transfronterizo (ver tabla 19).^{23, 12}



Tabla 19. Decisiones adoptadas por la OCDE en materia de manejo transfronterizo de RP.

DISPOSICIÓN	CONSISTE EN
C 83/180 Final (febrero 1984)	Instruye a países miembros a controlar los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos.
C 86/64 Final (junio 1986)	Prohíbe la exportación de residuos peligrosos hacia países no miembros de la OCDE.
C 88/90 Final (mayo 1988)	Movimientos transfronterizos de residuos peligrosos: contiene una primera lista de desechos considerados peligrosos
C 90/178 Final (enero 1991)	Elaborar un sistema de control para los movimientos transfronterizos de desechos destinados a reciclaje
C 92/39 Final (marzo 1992)	Establecer un sistema de control para los movimientos transfronterizos destinados a operaciones de recuperación.
C 107/FINAL (2001)	Desaparece el listado Rojo, se establece el procedimiento de control ámbar y verde y enlista otros residuos considerados como ámbar

Fuente: Semarnap-INE, 2006.^{12, 44}

Durante algún tiempo, se trató de homologar los listados de residuos sujetos a control del convenio de Basilea y de la **OCDE**, así como los formatos de “Notificación” y “Documento de Movimiento” y el Mecanismo de Notificación. Como resultado de esta homologación, la **Decisión C 107/Final**.^{12, 44}

La **OCDE** enfatiza la necesidad de:^{12, 44}

- I. Evitar movimientos transfronterizos que no cumplan con las leyes y regulaciones aplicables en los países receptores, y de requerir que las instancias involucradas en el transporte y disposición final de los RP estén autorizadas para ello.
- II. Verificar que las instancias participantes en el movimiento estén autorizadas y asuman las responsabilidades de su manejo adecuado, su repatriación, en caso de que no se complete el procedimiento hasta su disposición final segura, vigilar y controlar los movimientos de RP hacia los países no pertenecientes a la **OCDE**,
- III. Prohibir el movimiento transfronterizo si no se cuenta con el consentimiento del país receptor y no se ha notificado a los países por los que transiten, prohibir movimientos si el país receptor no cuenta con instalaciones adecuadas para su disposición,

El contenido de estas decisiones es asegurar la cooperación, la información pública y, en general, el manejo integral de los residuos, proporcionando a las autoridades competentes de los países involucrados datos oportunos y adecuados concernientes a los movimientos transfronterizos. Con el principio de que los RP sean manejados de tal



forma que se proteja a los seres vivos y al ambiente mediante sistemas e instalaciones apropiadas, que garanticen el control en la generación, el transporte, manejo y disposición final, y el cumplimiento de las leyes y regulaciones en la materia.¹²

Criterios establecidos por la **OCDE** para la clasificación y el manejo de residuos:²³

- Los residuos incluidos en la lista **verde** son aquéllos cuya movilidad está definida a través de transacciones comerciales normales y se refiere a residuos que no se consideran peligrosos.

Los residuos incluidos en la lista **ámbar** deben sujetarse a sistemas de control y de notificación que permiten la exportación amparada en contratos y acuerdos globales y "silencios positivos" en el caso de una notificación sin respuesta.

- Los residuos incluidos en la lista **roja** están sujetos a controles estrictos que implican un acuerdo y una notificación, embarque por embarque.

En cuanto a los BPC la **OCDE** decidió prohibir las actividades de manufactura, importación, exportación y venta interna, así como de los productos, artículos o equipos que los contengan o los requieran (excepto en casos de investigación) o los RP que los incluyan, aunque se deja abierta la posibilidad de ciertos usos, sobre todo cuando no existan sustitutos ni posibilidades de contaminación ambiental y exposición humana.²⁹

En el proceso de incorporación a la **OCDE**, el Gobierno de México fue invitado a definir su posición respecto a las decisiones ya señaladas, tomando como base la legislación y normatividad vigente. Aunque existía preocupación en el seno de la **OCDE** por la escasa infraestructura de México para el manejo ambientalmente seguro de los RP, se asumieron las Decisiones de la organización como acordes con nuestra política y enfoque regulatorio mexicano, asentándose algunas observaciones sobre casos específicos, por ejemplo en el caso del movimiento transfronterizo de RP se puntualizó que de acuerdo a la legislación y regulaciones en la materia, en México sólo se admite la importación de RP destinados a actividades de recuperación, reciclado y reuso, y se prohíbe para fines de disposición final. Además, se destacó el hecho de que varios de los residuos contenidos en el listado *verde* de la **OCDE** son clasificados como *peligrosos* en la normatividad mexicana por lo que, ésta se aplica en caso de su importación. Cabe resaltar, finalmente, la reciente resolución de las Partes de la Convención de Basilea, que prohíbe el movimiento transfronterizo de RP (incluidos los



destinados a operaciones de recuperación), desde los países miembros de la **OCDE** hacia los países no miembros, lo que anticipa modificaciones en la decisión respectiva (C 86/64 Final), que llama la atención el hecho de que México, como miembro de la **OCDE**, queda excluido de tal prohibición.¹²

De lo anterior, se concluye lo siguiente:

No existe una evaluación a nivel nacional respecto al desempeño de México ante los diferentes compromisos derivados de los convenios internacionales en materia de residuos, especialmente **Basilea y OCDE**. Esta evaluación debe incluir un informe de seguimiento de los compromisos adquiridos en las reuniones a las que han asistido funcionarios de **SEMARNAT**, a través de una revisión de los Informes de Comisión solicitados por la Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales (**UCAI**).³⁸

Para el caso de la frontera norte, se cuenta con los sistemas electrónicos de información para contabilizar y controlar el flujo de residuos entre los EU y México denominados Haztraks y SIRREP respectivamente. Si bien el primero de éstos ya no es operativo, el SIRREP opera en las delegaciones de **SEMARNAT** de la zona fronteriza, así como en las oficinas centrales de la **DGGIMAR**.³⁸

En cuanto a los residuos que son importados con fines de reciclaje o para recuperar materiales, no se ha evaluado si después de ser procesados conservan las propiedades que los hacen peligrosos si fueran confinados en México y con respecto a los RP en estado líquido, es necesario hacer una evaluación que determine si existen vacíos legales, así como sitios donde ocurran vertimientos en aguas nacionales procedente de los países con que México tiene fronteras marítimas y terrestres.³⁸

De acuerdo a la **SEMARNAT**, durante el periodo de 1995 a mayo de 2005, se han exportado 3, 344,056 ton de RP, mientras que para el mismo periodo se han importado 2, 796,008 ton; son 548,048 ton más para lo exportado. Por tal motivo es importante hacer un análisis que determine para cuáles RP no existe tecnología en México, así como las necesidades y posibilidades de inversión. Respecto a las importaciones, sería oportuno revisar las clasificaciones de ingreso, con el fin de hacerla compatible con los diferentes listados internacionales.³⁸



11. CONSIDERACIONES FINALES Y NECESIDADES

En la **FESC**, en la que se realizan actividades académicas, administrativas y de prestación de servicios; encontramos los siguientes RQP según la **NOM-052** (ver tabla 20).^{13, 46, 47}

Tabla.20. Algunos RQP identificados en la FESC

Acido acético	Beta mercaptoetanol	Hidróxido de potasio
Acido bórico	Benceno	Hidróxido de sodio
Acido clorhídrico	Cadmio	Mercurio
Ácido fosfórico	Cobre	Metanol
Ácido nítrico	Fenol	Nitrato de plata
Acido sulfúrico	Formaldehído	Resina
Alcohol etílico	Hexano	Tolueno

De los desechos identificados en los laboratorios de la **FESC**, algunos no pueden ser desechados de la manera adecuada. Es por esto que los laboratorios recurren al almacenamiento de estos desechos lo cual representa un riesgo para las personas que se encuentran expuestas a ellos. Los siguientes desechos de la tabla 21 son almacenados en los laboratorios:

Tabla.21. RP almacenados en los laboratorios de la FESC

Acrilamida	Acetona	Poliacrilamida
Bromuro de etidio	Uretano	Ácido sulfúrico
Fenol	Metanol	Cloroformo
Tetraóxido de osmio	Beta mercaptoetanol	Xilol
Formaldehído	formol	Acetato de uranio
Agarosa	Ácido nítrico	metilmetanosulfonato

Y al no contar con un lugar adecuado par el almacenamiento temporal de los RP, se está faltando a la Ley general en el Artículo 14.

De acuerdo a lo observado la **FESC** no está cumpliendo en la mayoría de las instalaciones con algunos de los principios en los que sustenta el manejo ambiental adecuado de los residuos que menciona la **SEMARNAT** como son el principio de inventario de ciclo de vida, y principio de precaución.

Las actividades que se realizan en los laboratorios no tienen los elementos para prevenir y minimizar los daños al ambiente, por lo tanto se puede presumir que se está infringiendo en el art 15 fracción IV de la **LGEEPA**. Además se está infringiendo presumiblemente en el artículo 8 del Reglamento de la **LGPGIR** en materia de RP, el



cual habla de las obligaciones del generador de RP debido a que en los laboratorios no se cuenta con un manejo separado de residuos incompatibles, además de envasar sus residuos sin tomar en cuenta a veces las características del desecho usándose envases no adecuados, tampoco se tiene un conocimiento total de la forma de prevención y almacenamiento de los RP.

Probablemente las razones por las que en la **FESC** no se cumple con lo que marca la **LGPGIR** son la falta de una cultura de manejo adecuado de RP, falta de conocimiento de las **NOM**, ya que la sociedad que se encuentra en la **FESC** no conoce del todo las características de los desechos que está manejando o cómo desecharlos y no asume sus responsabilidades como generadores de RP y de su obligación de evitar la emisión de los mismos.

11.1. Minimización de los residuos

Lo primero que se debe hacer para comenzar a gestionar los RP, es nombrar a un responsable o responsables, los cuales deben encargarse de realizar un procedimiento de trabajo y de revisar periódicamente que dicho procedimiento se cumple. En este proceso de formulación y ejecución de los planes de manejo se espera involucrar a los estudiantes y establecer vínculos entre la industria y la academia como parte del proceso de enseñanza; adoptando pasos prácticos necesarios para asegurar que no se provoquen efectos adversos en la salud o en el ambiente como resultado de dicho manejo. Empezando por realizar: ^{17 48, 49}

1. Enumeración de los RQP susceptibles de atención.
2. Descripción individualizada de su peligrosidad.
3. Listados de cantidades generadas de residuos
4. Métodos para reducir su producción; ⁶

Asegurar que los usuarios de químicos están instruidos en buenas técnicas de experimentación;

Desarrollo de un inventario dinámico de los químicos de laboratorio para minimizar la acumulación. Asegurar que todos los químicos en desuso y los residuos químicos estén apropiadamente etiquetados. Rotar el inventario de químicos, utilizando químicos antes de que su vida de uso seguro expire;

Usar el menor volumen requerido de químicos en laboratorios de docencia;



El aumento del uso de instrumentos, en análisis instrumentales requiere de minutos para determinaciones cuantitativas;

- Pesado previo de algunos de los químicos para uso de estudiantes. Esto reducirá los derrames y el tiempo de laboratorio.
- Identificar usuarios comunes de un químico particular. Esto aumentará el uso en conjunto de químicos y minimizará los requerimientos de almacenaje;
- No mezclar RQP con los no peligrosos; Mantener los RP reciclables de los no reciclables.

Sustituir químicos con otros menos peligrosos (tabla 22);

Tabla 22. Alternativas en el uso de productos peligrosos en el laboratorio

Procedimiento	Producto químico peligroso	Sustituto
Limpieza de material de vidrio	Soluciones de ácido crómico-sulfúrico	Detergentes, limpiadores enzimáticos
Pruebas de calidad para iones haluro	Tetracloruro de carbono	Ciclohexano
Síntesis orgánica	Ion cromato	Ion hipoclorito
Medición de presión de vapor-temperatura mediante un isotensiscopio	Tetracloruro de carbono	Alcohol isopropílico
Determinación del peso molecular mediante métodos de disminución del punto de congelación	Benceno	Ciclohexano
Temperatura	Termómetros de mercurio	Termómetros de líquido rojo
Almacenamiento de muestras biológicas	Formaldehído	Etanol u otro conservante
Síntesis orgánicas, etc.	Éter etílico	Éter t-butilmetílico
Cambio de fase y depresión del punto de congelación	acetamida	Ácido esteárico

Fuente: Martínez, 2001.¹⁹

- Reducir o eliminar el uso de químicos altamente tóxicos utilizados en los experimentos (tabla 23);

Tabla 23. Ejemplos de sustitución de compuestos peligrosos

Producto	Sustituto
Benceno	Ciclohexano, Tolueno
Cloroformo, Tetracloruro de carbono, percloroetileno, tricloroetileno.	Diclorometano
1,4-dioxano	Tetrahidrofurano
n-Hexano, n-Pentano	n-Heptano
Acetonitrilo	Acetona
N, N-Dimetilformamida	N-Metilpirrolina
Etilenglicol	Propilenglicol
metanol	Etanol

Fuente: Martínez, 2001.¹⁹



Reutilizar solventes gastados en la limpieza Por ejemplo, el solvente reutilizado ocuparlo en la limpieza inicial y el nuevo para el enjuagado final.

- Reciclo, o tratamiento de RQP como la última etapa en los experimentos. Destilación de solventes residuales como último paso en un experimento. Neutralización de ácidos y bases

5. Que todos los residuos químicos y químicos en desuso serán removidos desde el laboratorio previo a la salida de la persona de la institución.
6. Normas de actuación en situaciones accidentales.
7. Plan de formación del personal.
8. Y por ultimo, contar con un **Almacén Temporal de Residuos.**, indispensable para avanzar en los procesos de certificación de diversos departamentos académicos y, por ende, para avanzar en el sistema de Gestión de la Calidad de la FESC. ⁵⁰

Cabe señalar que los laboratorios universitarios en EU, además de estar sujetos a las regulaciones ambientales relativas al manejo de los RP (derivadas del Subtítulo C de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos: **RCRA**), deben aplicar la regulación en materia de salud y seguridad ocupacional sobre “Exposición Ocupacional a Sustancias Peligrosas en Laboratorios”, basada en normas de desempeño. Dado que los enfoques y criterios distintos de estas dos regulaciones creaban problemas en su aplicación, se hizo necesario establecer un documento al que denominaron “Plan de Manejo Ambiental” (**EMP** por sus siglas en inglés), adaptado a las necesidades específicas de sus laboratorios y de los proyectos que se desarrollan en cada universidad de investigación y enseñanza. ⁴⁵



12. CONCLUSIONES.

Una estrategia fundamental para la correcta gestión de los RP, es buscar las soluciones más evidentes que serian sin duda la **Prevención**, en la generación del residuo por medio de la aplicación de procesos más limpios en los que se resuelve el problema en su origen. **Reducción**, mediante la utilización de materias primas e insumos más puros y menos peligrosos que generen menos desechos, **Reciclaje**, en muchos casos es posible la reutilización interna de residuos que después de pasar por un proceso de purificación, pueden utilizarse como materias primas. **Tratamiento**, constituye una alternativa para destruir o reducir el volumen y peligrosidad de los residuos, mediante tecnologías y formas de manejo seguras y ambientalmente adecuadas. Y por ultimo el **Confinamiento**, que debe considerarse como una alternativa solo para los residuos que no pueden ser reciclados o tratados de otra manera.

Sin embargo, en la actualidad, la disponibilidad de tecnologías limpias es limitada y en general su costo es elevado, lo que acorta las posibilidades reales de minimización. En consecuencia, se hace necesario atender el problema de los RP acumulados y en proceso de generación con la creación inaplazable de infraestructura para su manejo adecuado en México. Ya que las consecuencias de su escasa cobertura a traído efectos negativos cada vez mayores en la población y ecosistemas. En este momento, es necesario limpiar la atmósfera de desconfianza que se ha generado sobre el tema de los RP. Asimismo, se patentiza una doble moral ambiental, ya que no se producen reacciones ante las evidencias de una masiva y continua disposición inadecuada de los RP, pero sí de manera desmesurada ante la propuesta de crear infraestructura para su manejo seguro y controlado.



Por tanto la implantación de un modelo de gestión que contribuya al manejo seguro y ambientalmente adecuado de los **RQP** en las Instituciones de Educación Superior, presenta diversas dificultades, entre las principales encontramos:

La gran diversidad de residuos.

Las pequeñas cantidades que se producen de cada tipo.

La ausencia de uniformidad en las actividades realizadas.

La falta de formación del personal.

La escasa sensibilización que todavía tiene el personal universitario en los temas medioambientales.

Este solo es una perspectiva general de los RP, sin embargo se sugiere un seguimiento para validar y generar estrategias adecuadas para realizar un manejo adecuado de los residuos en esta institución.



13. GLOSARIO

Conceptos básicos que son útiles para entender muchos de lo expuesto en este trabajo se enlistan a continuación. Cabe destacar que algunos conceptos vienen descritos en el Artículo 3º. de **LGEEPA** y el 5º de la **LGPGIR**.

Ácido: Compuesto que tienen un valor de pH inferior a 7, son corrosivos, en algunos casos pueden tener reacciones con liberación de gases tóxicos y desprenden calor al mezclarse con el agua.

Almacenamiento: Acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se dispone de ellos.

Ambiente: Conjunto de elementos o condiciones naturales y artificiales que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás seres vivos

Base: Compuesto que tienen un valor de pH superior a 7, son corrosivos y jabonosos.

Celda: El espacio creado natural o artificialmente dentro de un confinamiento controlado apto para recibir residuos peligrosos

Certificación: Es un procedimiento por medio del cual se determinan las características o autenticidad de un producto.

Comunicar: proceso de intercambiar información implica el desarrollo y flujo de ida y vuelta de la información; es decir una retroalimentación, no es un acto aislado.

Comunicación de riesgos: proceso de interacción e intercambio de información (datos, opiniones y sensaciones) entre individuos, grupos o instituciones; relativo a amenazas para la salud, la seguridad o el ambiente, con el propósito de que la comunidad conozca los riesgos a los que está expuesta y participe en su mitigación. Idealmente este proceso es intencional y permanente.

Concentración permisible: máxima concentración de un contaminante considerado no peligroso a la salud de organismos vivos.

Confinamiento controlado: Obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos, que garantice su aislamiento definitivo.

Confinamiento en formaciones geológicas estables: Obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos en estructuras naturales impermeables, que garanticen su aislamiento definitivo.

Constituyentes tóxicos: Cualquier sustancia química contenida en un residuo que lo hace residuo peligroso ambiental, agudo o crónico.

Contenedor: Caja o cilindro móvil, en el que se depositan para su transporte RP.



Contaminantes: Son sustancia, materias que en cualquiera de sus estados físicos puede provocar en la atmósfera, flora, fauna, agua... alteraciones que modifiquen su composición, funciones.

Co-procesamiento: Integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo;

Degradación: Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

Dioxinas: Unión de dos anillos aromáticos mediante dos átomos de oxígeno. Familia de químicos compuesta por 210 especies diferentes (75 p-dibenzodioxinas – policloradas (PCCD) y 135 son p-dibenzofuranos – policlorados

Disposición: La descarga, depósito, o posición de un residuo en el medio ambiente, usualmente por incineración o entierro en confinamiento.

Disposición final: Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

Equilibrio ecológico: Es una relación de interdependencia entre los elementos que integran el ambiente y que permite la existencia y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Envase: Es el componente de un producto que cumple la función de contenerlo y protegerlo para su distribución, comercialización y consumo.

Evaluación del Riesgo Ambiental: Proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman.

Extracto PECT: lixiviado que determina constituyentes tóxicos y concentraciones para identificar si es peligroso por toxicidad al ambiente:

Fuente específica: definidas por giro o proceso industrial.

Fuente no específica: ocupan diferentes giros o procesos.

Generación: Acción de producir residuos peligrosos.

Generador: Persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos.

Gestión Integral de Residuos: Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la



optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Gestor: Persona física o moral autorizada en los términos de este ordenamiento, para realizar la prestación de los servicios de una o más de las actividades de manejo integral de residuos.

Impacto ambiental: modificación que sufre el ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Incompatibilidad: Reacciones violentas y negativas para el equilibrio ecológico y el ambiente que se producen con motivo de la mezcla de dos o más residuos peligrosos.

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

Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua.

Manifiesto: Documento oficial, por el que el generador mantiene un estricto control sobre el transporte y destino de sus residuos peligrosos dentro del territorio nacional.

Manejo Integral: Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

Medio ambiente: entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto.

Óxidos: Este tipo de compuestos al reaccionar con el agua puede formar ácidos o bases y en algunas ocasiones con una violenta reacción. En este caso los óxidos serán metálicos, ya que los no metálicos son gases.

Observancia; Cumplimiento riguroso de una obligación o de una norma.

Plantas de tratamiento: Son aquellas en las que se modifican las características físicas, la composición química o la actividad de cualquier residuo sólido peligroso, o se obtenga un residuo menos peligroso, o se lo haga susceptible de recuperación, o más seguro para su transporte o disposición final.



Plan de Manejo: Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno;

Reciclado: Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos;

Recolección: Acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reuso, o a los sitios para su disposición final.

Residuo: Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven;

Residuos Peligrosos: Residuo que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados

Residuo incompatible: Aquel que al entrar en contacto o ser mezclado con otro reacciona produciendo calor o presión, fuego o evaporación; o, partículas, gases o vapores peligrosos; pudiendo ser esta reacción violenta.

Reuso: Proceso de utilización de los residuos peligrosos que ya han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro.

Solventes Orgánicos: Compuestos que casi siempre son muy volátiles (olores persistentes y característicos), la mayoría inflamables al tener una fuente de ignición o calor

Solventes Orgánicos Halogenados: Tienen características similares a los Solventes Orgánicos, pero son mucho más tóxicos y tienen efectos sobre la capa de ozono.

Sales: Pueden presentarse en estado sólido o como disolución, no presentan mayor riesgo en su manejo, salvo que se traten de sales de metales pesados, las cuales son muy tóxicas.



Solución acuosa: mezcla homogénea en la cual el solvente en su mayoría es agua.

Suspensión: son mezclas heterogéneas formadas por un sólido en polvo (soluto) o pequeñas partículas no solubles (fase dispersa) que se dispersan en un medio líquido (dispersante o dispersora).

Tratamiento: Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad;

Toxicidad: Grado de daño que causa un toxico.

Toxicidad aguda: Grado de daño en donde los efectos aparecen antes de 24h, después de la absorción de una sola dosis de xenobiotico.

Toxicidad crónica: Grado de daño en donde los efectos aparecen después de varias dosis pequeñas a largo plazo del xenobiotico, no existe recuperación total.

Toxicidad ambiental: Estudia las sustancias que contaminan aire, H₂O y suelo y sus efectos sobre tejidos vivos así como su concentración máxima permitida, buscando reducir riesgos.

Xenobiótico: Sustancia extraña o ajena al organismo, benéfica o nociva.



14. ANEXOS

ANEXO 1	Otros tipos de clasificación para los RP	73
ANEXO 2	Clasificación de RP en instituciones de educación superior.....	75
ANEXO 3	Incompatibilidades de almacenamiento de RP	78
ANEXO 4	Reacciones peligrosas entre residuos	79
ANEXO 5	Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT	80
ANEXO 6	Características de las sustancias de alto riesgo	81
ANEXO 7	Listas Ámbar y roja de la OCDE	82
ANEXO 8	Actuación en caso de derrame: procedimientos generales	83



ANEXO1

OTROS TIPOS DE CLASIFICACIÓN PARA LOS RP

Se presenta a continuación la clasificación por la **OMS** y la **EPA**, las cuales presentan mayor detalle y complejidad, por lo que podrían ser adoptadas por grandes centros de atención de salud.⁵¹

CLASIFICACIÓN DE LA OMS⁵¹

- Residuos generales
Residuos patológicos
- Residuos radiactivos
Residuos químicos
- Residuos infecciosos
Objetos punzocortantes
- Residuos farmacéuticos

CLASIFICACIÓN DE LA EPA²³

1. Residuos de tipo específico provenientes de fuentes no específicas, algunos ejemplos de esta categoría incluyen solventes no halogenados, lodos del electroplatinado y soluciones cianúricas provenientes del tratamiento de la superficie de metales.
2. Residuos de tipo específico, provenientes de fuentes específicas, por ejemplo, los residuos del horno de la producción de piezas de óxido de cromo y los lodos de purificación de salmuera del proceso de celda de mercurio en la producción de cloro.
3. Sustancias identificadas como residuos de peligrosidad aguda, como el cianuro de potasio, la plata y el óxido de arsénico.
4. Sustancias identificadas como residuos peligrosos, por ejemplo, el xileno, el DDT y el tetracloruro de carbono.
5. Residuos característicos que no están identificados específicamente en otras categorías y que exhiben propiedades de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad o inflamabilidad.



La "Hazardous Waste Directive 91/689/EEC", de la Comunidad Europea, incluye los siguientes anexos, para definir cuando un residuo es peligroso: ⁷

CLASIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD EUROPEA

- **ANEXO IA:** Contiene una lista de 18 categorías o tipos genéricos de residuos, los cuales pueden ser considerados como peligrosos si presentan cualquiera de las propiedades que se describen en el Anexo III. Ejemplos de estos residuos, son los aceites minerales y las sustancias aceitosas, así como los químicos y los materiales para el procesamiento de fotografías.
- **ANEXO IB:** Incluye una lista de 22 tipos de residuos conteniendo cualquiera de los constituyentes listados en el Anexo II, que tengan cualquiera de las propiedades listadas en el Anexo III. Algunos de estos tipos de residuos son: jabones elaborados con grasas vegetales o animales, grasas, ceras, escorias, cenizas, lodos de agua negras, baterías, así como líquidos y lodos conteniendo metales o componentes metálicos.
- **ANEXO II:** Describe una lista de 51 constituyentes de los residuos incluidos en el Anexo IB, los cuales pueden tornarse en peligrosos, cuando ellos presentan alguna de las propiedades descritas en el Anexo III. Algunos de estos constituyentes son: asbestos, fenoles, creosotas, solventes orgánicos, metales pesados, etc.
- **ANEXO III:** Contiene una lista de 14 propiedades de los residuos, que pueden hacerlos peligrosos, tales como: inflamabilidad, corrosividad, toxicidad, reactividad, carcinogenicidad, infecciosidad, irritabilidad, ecotoxicidad, etc.



ANEXO 2

CLASIFICACIÓN DE RP EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR.

La Universidad de las Palmas en la Gran Canaria, España; agrupa sus residuos de laboratorio en 25 grupos diferentes. Estas sustancias peligrosas se muestran en la Lista Europea de Residuos (Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero), donde se establece un código LER para cada tipo de residuo peligroso. ⁵²

Grupo	Tipo de residuo
1	Disolventes no halogenados
2	Disolventes no halogenados
3	Ácidos y sales inorgánicas y soluciones con metales
4	Ácidos y sales orgánicas y peróxidos
5	Álcalis y sales inorgánicas
6	Aceites y grasas, hidrocarburos y combustibles
7	Organohalogenados y organofosforados
8	Fenoles y compuestos fenólicos
9	Sales y compuestos de Cr, Ba, As, Hg, Sb y Cd
10	Ácido pícrico
11	Material contaminado con residuos químicos
12	Residuos de determinación de DQO
13	Citostáticos
14	Líquido de revelado fotográfico
15	Reactivos de laboratorio obsoletos
16	Material contaminado con residuos biológicos
17	Técnica de DNA
18	Técnica de histoquímica de la ATPasa
19	Técnica de visualización de capilares
20	Técnica del músculo halogenado
21	Geles de agarosa con bromuro de etidio
22	Mezcla de reactivos de DNA
23	Mezcla crómica y clorhídrico
24	Sustancias cianuradas
25	Medicamentos caducados



La Universidad de Concepción, Chile identifica y agrupa sus residuos peligrosos de la siguiente forma ³⁵

Residuo	Clasificación
Residuos inflamables	Orgánicos no halogenados Orgánicos no halogenados aromáticos y fenoles Líquidos orgánicos con metales pesados Sólidos orgánicos
Residuos corrosivos	Ácidos sin sulfuros, cianuros y metales pesados Ácidos orgánicos Bases sin sulfuros, cianuros y metales pesados Bases orgánicas
Residuos tóxicos	Orgánicos halogenados Líquidos inorgánicos con metales Ácidos con metales pesados Bases con metales pesados
Residuos reactivos	Sólidos inorgánicos Ácidos con sulfuros y cianuros Bases con sulfuros y cianuros

Clasificación utilizada en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. ⁵³

Colectores	Tipo de residuo
Colector A	Soluciones salinas de pH 6-8, sales, ácidos y bases orgánicas.
Colector B	Sólidos inorgánicos, sales inorgánicas.
Colector C	Tóxicos e inflamables, aminas, solventes orgánicos halogenados.
Colector D	Tóxicos e inflamables, aminas, solventes orgánicos no halogenados.
Colector E	Orgánico: Muy tóxico, cancerígeno, orgánico.
Colector E	Inorgánico: Muy tóxico, cancerígeno, inorgánico.
Colector F	Sales de metales preciosos.
Colector G	Combinaciones orgánicas sólidas.
Colector H	Oxidantes.
Colector de residuos de cianuro.	
Colector de colorantes y lugol.	



Protección al Medio Ambiente de la Universidad Autónoma del Estado de México
 Protección Civil y Seguridad Institucional recomienda la clasificación de recipientes
 como sigue: ¹⁶

Colectores	Tipo de residuo
A	Disolventes orgánicos y soluciones de sustancias orgánicas que no contengan halógenos.
B	Disolventes orgánicos y disoluciones de sustancias orgánicas que contengan halógenos.
C	Residuos sólidos de productos químicos orgánicos.
D	Soluciones salinas. En este recipiente, hay que ajustar el valor del pH en un intervalo de 6 a 8.
E	Residuos inorgánicos tóxicos, así como de sales de metales pesados y sus soluciones.
F	Compuestos combustibles tóxicos.
G	Mercurio y residuos de sales de mercurio inorgánicas.
H	Residuos de sales metálicas regenerables; cada metal debe recogerse por separado.
I	Sólidos inorgánicos.
J	Recolección separada de residuos de vidrio, plástico, metal, columnas y cartuchos para HPLC, así como gel de sílice para columnas y capa fina.



ANEXO 3

INCOMPATIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE RP

INCOMPATIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS					
					
 INFLAMABLE	+	-	-	-	+
 EXPLOSIVO	-	+	-	-	-
 TOXICO	-	-	+	-	+
 COMBURENTE	-	-	-	+	○
 NOCIVO	+	-	+	○	+

+ Se pueden almacenar conjuntamente.
 ○ Solamente podrán almacenarse juntos si se adoptan ciertas medidas preventivas.
 - No deben almacenarse juntos.

Fuente: ULPGC España ⁵²



ANEXO 4

REACCIONES PELIGROSAS ENTRE RESIDUOS

Reacciones peligrosas de los ácidos ⁵⁴

Reactivo	Reactivo	Se desprende
Ácido sulfúrico	Ácido fórmico Ácido oxálico Alcohol etílico Bromuro sódico Cianuro sódico Sulfocianuro sódico Ioduro de hidrógeno Algunos metales	Monóxido de carbono Monóxido de carbono Etano Bromo y dióxido de azufre Monóxido de carbono Sulfuro de carbonilo Sulfuro de hidrógeno Dióxido de azufre
Ácido nítrico	Algunos metales	Dióxido de nitrógeno
Ácido clorhídrico	Sulfuros Hipocloritos Cianuros	Sulfuro de hidrógeno Cloro Cianuro de hidrógeno

Sustancias fácilmente peroxidables

Dentro del grupo de sustancias que pueden sufrir una evolución, es un ejemplo la formación de peróxidos, que, en ciertos casos, pueden explotar violentamente. Algunas de estas sustancias son: ⁵⁴

- Éteres.
- Compuestos isopropílicos.
- Compuestos alílicos.
- Haloalquenos.
- Compuestos vinílicos.
- Compuestos diénicos.
- Compuestos vinilacetilénicos.
- Cumeno, ureas, lactamas.
- 2 - Butanol, metilisobutilcetona.



ANEXO 5

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS CONSTITUYENTES TÓXICOS EN EL EXTRACTO PECT

N° CAS	CONTAMINANTE	Límite Máximo Permissible (mg/l)
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS (METALES)		
7440-38-2	Arsénico	5.0
7440-39-3	Bario	100.00
7440-43-9	Cadmio	1.0
7440-47-3	Cromo	5.0
7439-97-6	Mercurio	0.2
7440-22-4	Plata	5.0
7439-92-1	Plomo	5.0
7782-49-2	Selenio	1.0
CONSTITUYENTES ORGÁNICOS SEMIVOLÁTILES		
94-75-7	Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4 D)	10.0
93-72-1	Ácido 2,4,5-triclorofenoxypropiónico (Silvex)	1.0
57-74-9	Clordano	0.03
95-48-7	o-cresol	200.0
108-39-4	m-cresol	200.0
1106-44-5	p-cresol	200.0
1319-77-3	Cresol	200.0
121-14-2	2,4-dinitrotolueno	0.13
72-20-8	Endrin	0.02
76-44-8	Heptacloro (y su epóxido)	0.008
67-72-1	Hexacloroetano	3.0
58-89-9	Lindano	0.4
74-43-5	Metoxicloro	10.0
98-95-3	Nitrobenceno	2.0
87-86-5	Pentaclorofenol	100.0
8001-35-2	Toxafeno (canfenoclorado técnico)	0.5
95-95-4	2,4,5-triclorofenol	400.0
88-06-2	2,4,6-triclorofenol	2.0
CONSTITUYENTES ORGÁNICOS VOLÁTILES		
71-43-2	Benceno	0.5
108-90-7	Clorobenceno	100.0
67-66-3	Cloroformo	6.0
75-01-4	Cloruro de vinilo	0.2
106-46-7	1,4-diclorobenceno	7.5
107-06-2	1,2-dicloroetano	0.5
75-35-4	1,1-dicloroetileno	0.7
118-74-1	Hexaclorobenceno	0.13
87-68-3	Hexaclorobutadieno	0.5
78-93-3	Metil etil cetona	200.0
110-86-1	Piridina	5.0
127-18-4	Tetracloroetileno	0.7
56-23-5	Tetracloruro de carbono	0.5
79-01-6	Tricloroetileno	0.5

Fuente: Tabla2 NOM-052-SEMARNAT-2005.¹³



ANEXO 6

CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS DE ALTO RIESGO

NOMBRE COMÚN	C	R	E	T	I
Acido clorhídrico					
Acido fosfórico					
Acido nítrico					
Acido sulfúrico					
Acetileno					
Acetona					
Acrilato de etilo					
Acrilonitrilo					
Alcohol metílico					
Amoniaco					
Benceno					
Cloro					
Cloruro de metilo					
Cloruro de vinilo					
Etil mercaptano					
Fenol					
Formaldehido					
Gas LP					
Gas natural					
Gasolina					
Hidrogeno					
Hidróxido de sodio					
Monómero de estireno					
Oxido de etileno					
Tolueno					

Adaptado: NOM-052-SEMARNAT-2005.¹³

C-corrosividad, R-reactividad, E-explosividad, T-toxicidad e I-inflamabilidad.



ANEXO 7

LISTAS AMBAR Y ROJA DE LA OCDE ⁵⁵

Independientemente de su inclusión en esta lista, un residuo sometido al control establecido para la lista naranja de residuos no podrá trasladarse si está contaminado por otras materias en un grado tal que: a) aumente el riesgo asociado al residuo de tal forma que lo haga adecuado para su inclusión en la lista roja, o b) impida su valorización de forma ambientalmente inocua.

LISTA AMBAR DE RESIDUOS

- AA** RESIDUOS QUE CONTENGAN METALES
- AB** RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES Y MATERIALES ORGÁNICOS
- AC** RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES Y MATERIALES INORGÁNICOS
- AD** RESIDUOS QUE PUEDAN CONTENER CONSTITUYENTES INORGÁNICOS U ORGÁNICOS

El código en negrita de la primera columna es el código de la OCDE, que consta de dos letras (una correspondiente a la lista: verde **G** ("Green"), naranja **A** ("Amber") o roja **R** ("Red"), y otra o la categoría de residuo: **A**, **B**, **C**, etc.) seguidas de un número.

LISTA ROJA DE RESIDUOS

- RA** RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE COMPUESTOS ORGÁNICOS QUE PUEDAN, POR SU PARTE, CONTENER METALES O MATERIAS INORGÁNICAS
- RB** RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE COMPUESTOS INORGÁNICOS QUE PUEDAN, POR SU PARTE, CONTENER METALES Y MATERIAS ORGÁNICAS
- RC** RESIDUOS QUE PUEDAN CONTENER COMPUESTOS INORGÁNICOS U ORGÁNICOS



ANEXO 8

ACTUACIÓN EN CASO DE DERRAME: PROCEDIMIENTOS GENERALES ⁵⁴

PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAME	
PRODUCTO O FAMILIA DERRAMADO	PROCEDIMIENTO — REACTIVOS
Acetiluro de calcio	Recoger con vermiculita seca
Ácidos inorgánicos	Ver procedimiento general
Ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Ácido fluorhídrico	Solución de hidróxido cálcico o de carbonato cálcico
Alcaloides	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aldehídos	Solución de bisulfito sódico en exceso
Agua oxigenada	Vermiculita en gran exceso
Amiduros alcalinos	Cloruro amónico en exceso
Aminas alicíclicas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aminas alifáticas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aminas aromáticas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Anhídridos de ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Azoderivados	Solución 10% de nitrato de cerio amoniacal
Bases inorgánicas	Ver procedimiento general
Bases pirimidínicas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Borohidruros	Agua fría en exceso
Bromuro de etidio	Carbón activo, Amberlita XAD-16 o Azul algodón (colorante)
Carbamatos	Solución de hidróxido sódico 5 M
Cesio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Cetonas	Solución de bisulfito sódico en exceso. Ver también procedimiento general de inflamables
Cianuros	Solución de hipoclorito sódico. Mantener siempre a pH básico
Clorometilsilanos	Agua fría en exceso
Compuestos orgánicos de azufre	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Diisocianatos	Metanol frío
Etanolaminas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Fluoruros	Solución de cloruro cálcico
Formol	Solución de hipoclorito sódico
Fósforo blanco y fosfuros	Solución de sulfato de cobre y neutralización posterior con bicarbonato o hipoclorito sódico



Halogenuros inorgánicos	Bicarbonato sódico y solución de hidróxido sódico en exceso
Halogenuros de ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Halogenuros orgánicos	Solución de hidróxido sódico 10%
Hidracina (hidrato)	Solución de hipoclorito sódico
Hidracinas sustituidas	Solución de hipoclorito sódico, bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Hidroperóxidos	Vermiculita en gran exceso
Hidruros (en general)	Recoger con disolventes orgánicos. No emplear agua ni alcoholes
Yoduro de propidio	Carbón activo, Amberlita XAD-16 o Azul algodón (colorante)
Litio	Agua en gran exceso
Mercaptanos	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Mercurio	Ver procedimiento específico
Metales pesados y derivados en solución	Formar derivados insolubles o recoger y precipitar a continuación
Metales carbonilados	Recoger con agua procurando que el pH se mantenga neutro
Organometálicos	Recoger con disolventes orgánicos. No emplear agua ni alcoholes
Perácidos	Vermiculita en gran exceso
Peranhídridos	Vermiculita en gran exceso
Perésteres	Vermiculita en gran exceso
Peróxidos	Vermiculita en gran exceso
Poliaminas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Potasio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Rubidio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Silano	Solución diluida de sulfato cúprico
Sodio	Metanol en gran exceso
Sulfato de dimetilo y dietilo	Solución de hidróxido sódico 5 M
Sulfuros alcalinos	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Sulfuro de carbono	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Tetróxido de osmio	Solución de hidróxido amónico a pH 10
Tioéteres	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico



15. BIBLIOGRAFÍA:

1. **Pronczuk, Jenny.** Programa Internacional de Seguridad Química. (1995).
2. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lbi/tiscareno_v_aa/capitulo4.pdf
3. **SEMARNAT; INE, DGMRAR.** Bases para el Diseño de un Programa Intersectorial para la Minimización Y Manejo Integral de Residuos Peligrosos en el Estado de México; www.uacj.mx/publicaciones/sf/vol2num6y7/residuos.htm
4. **Ing. Ambiental, SEMARNAT,** Sustancias contaminantes. Composición, Peligrosidad, Almacenamiento y Transporte de Residuos sólidos e industriales.
5. **Cortinas de Nava, Cristina y Vega Gleason, Sylvia.** Residuos Peligrosos en el Mundo y México. Serie monográfica. No. 3. SEDESOL. INE. México. (1993).
6. **Proyecto Fondef D97F-1066.** Infraestructura de Gestión Integral de Sustancias Químicas y Residuos Tóxicos. Universidad de Concepción; Chile (1988). www2.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html
7. **Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A. C.** Residuos Industriales Peligrosos en México: Políticas, Inversiones e Infraestructura. (1988) www.temarry.com-Espanol-residuos_industriales1.htm
8. **Matilde Gpe. Pantoja Cárdenas.** Plan de Gestión Ambiental Institucional-Agenda de la Universidad Autónoma de Sinaloa 21; (2005-2009)
9. **INE-SEMARNAT.** Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Marzo (2008)
10. **LGPGIR.** titulo 5, capitulo 1-disposiciones generales. DOF 8 octubre. (2007)
11. **Cervantes González, Luis Enrique y Enríquez Aceves, Jorge Rodolfo.** Consorcio Ecológico de México, S.A. de C.V.
12. **SEMARNAT.** Bases para una Política Nacional de Residuos Peligrosos. pp. 57. México. (2006).
13. **NOM-052-SEMARNAT-2005**
14. **Gordon A.J,** The Chemist Companion. a handbook of practical data. Techniques and References; John Wiley and Sons. New York. 1972, pp. 537
15. **LGEEPA.** DOF (2007)
16. **López Díaz, Arceo Guzmán, Elizalde Valdés y Campuzano Loza.** Manual para el Manejo de Residuos Peligrosos. Universidad Autónoma del Estado de México; (2005)



17. **Cortinas de Nava, Cristina.** Planes de Manejo de Residuos de Instituciones Educativas. www.reqmar.org
18. **www.profepa.gob.mx/PROFEPA/InspeccionIndustrial/DerechosyObligacionesenmateriadelInspeccionIndustrial/Enmateriaderesiduos peligrosos/DelGenerador**
19. **Martínez Cabañas, Isabel.** La Gestión de Residuos Químicos Tóxicos y Peligrosos en Laboratorios de Docencia e Investigación., Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Universidad Autónoma de Madrid – septiembre (2001)
20. **Obligaciones de la Universidad de Granada como Productora de Residuos Peligrosos.** www.ugr.es/~gabpca/oficinagestRPs.htm#definicion
21. **www.facmed.unam.mx/sem/reglamentos/BIOQUiMICA2.htm**
22. **Torres, Walter.** Manual de Seguridad en los Laboratorios en los que se Manejan Sustancias Químicas. Departamento de Química.
23. **Jiménez Cisneros, Blanca E.** La Contaminación Ambiental en México: Causas, Efectos y Tecnología Apropriada; Ed. Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA. México. (2001)
24. **NOM-055-ECOL-1993**
25. **Vaca Mier M.** Curso de Contaminación Ambiental en la UNAM. PUMA, II. (1997)
26. **www.bordercenter.org/spanish/sforms-mex.htm**
27. **SEMARNAT, INE.** Lo que a usted le conviene saber sobre los Residuos y su Legislación.
28. **www.semarnat.gob.mx/leyesy normas**
29. **INE-SEMARNAT.** Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. pp. 165., México. (1996)
30. **Instituto Nacional de Ecología.** www.ine.gob.mx, mayo del 2000.
31. **Bustani Adem, A.** Situación de los Residuos Sólidos en México. Revista Calidad Ambiental, pp13-16. (1994).
32. **www.invap.net/indus/residuos/3-unestabil-e.html**
33. **Elvira Santos y Cruz Gavilán, Irma.** Manual de procedimientos de seguridad en los laboratorios de la UNAM. Programa universitario del medio ambiente (1997)
34. **Dirección Nacional de Gestión Ambiental,** Gestión de Residuos Líquidos Generados en los Centros de Atención de la Salud; Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable –Argentina, abril (2006)



- 35. Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.** Universidad de Concepción; Diciembre (2005)
- 36. Gutiérrez M.** En Curso de Contaminación Ambiental en la UNAM; PUMA, II. (1997).
- 37. Tchobanoglous G. Thiessen H. y Vigil S.** Gestión Integral de Residuos Sólidos; Trad. Armando Cubillos, CIDINT, Ed. McGraw-Hill, 107 pp., España. (1994).
- 38. Gutiérrez Avedoy, Víctor Javier.** Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos. INE. SEMARNAP. pp. 113., México. (2006).
- 39. Miranda Pascual, María Guadalupe. et al.** Los efectos negativos del Ozono en el Zona Metropolitana del Valle de México. *Conversus* 67. pp 27-31. México. (2008)
- 40. OPS-OMS.** Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en la Zona Metropolitana del Valle de México. Serie Análisis sectoriales, No. 14. Plan regional de inversiones en ambiente y salud., 275pp. México. (1998).
- 41. Yarto, Mario. et al.** El Universo de las Sustancias Químicas Peligrosas y su Regulación para un Manejo Adecuado. Dirección de Investigación sobre Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos, DGICURG, INE.
www.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/422/universo.html
- 42. Cortinas de Nava, Cristina. et al.** Prevención y Preparación de la Respuesta en Caso de Accidentes Químicos en México y en el Mundo. SEDESOL, INE
- 43. www.rolac.unep.mx/agenda21/esp/ag21es19.html**
- 44. www.ocde.org-25 de enero de 2009)**
- 45. Cortinas de Nava, Cristina.** Proyecto sobre Excelencia y Liderazgo para la Prevención y Manejo Integral de Residuos Peligrosos en Laboratorios Universitarios; Red Queretana de Manejo Ambiental de los Residuos; (2005). www.reqmar.org.
- 46. Comité Operativo para la Gestión Integral de los Residuos.** Guía para Manejo de Residuos con Riesgo Biológico en la Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. (2003).
- 47. Sistema Nacional de información ambiental, INE.** Sistema de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental. (1999).
www.ine.gob.mx/dggia/indicadores/espanol/index.html
- 48. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica.** Procedimientos en Microbiología Clínica. España, (2000)
www.seimc.org/protocolos/microb



- 49. INE-SEMARNAT.** Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos. Dirección General de materiales, residuos y actividades riesgosas. (1999.)
- 50. Trujillo Ortega, María Elena. et al.** Infovet te invita a conocer el Almacén Temporal de Residuos Peligrosos. Info Vet 104., pp 6-7. mayo 9 del (2006) México.
- 51. CEPIS.** Gestión y Tratamiento de los Residuos Generados en los Centros de Atención de Salud (residuos hospitalarios).
- 52. Gestión de residuos peligrosos en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.** España. (2002). www.webs.ulpgc.es/cpa/Contenido/residuos-peligrosos.html
- 53. Ramírez Lara, Evangelina.** Manejo integral de residuos, aspectos Normativos. Departamento de Manejo y Control de Residuos., Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- 54. Manual de Gestión de Residuos Peligrosos.** Universidad de Salamanca www.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid_amb/manual.htm
- 55. Diario Oficial de las Comunidades Europeas;** Decisión de la comisión de 24 de noviembre de (1999)

