

**Secretario de Gobernación**

Dr. Jorge Carpizo McGregor

**Subsecretaria de Protección Civil,  
Prevención y Readaptación Social**

Lic. Socorro Díaz Palacios

**Director General del CENAPRED**

Arq. Vicente Pérez Carabias

**Jefe de Expertos de la Agencia  
Internacional de Cooperación del Japón**

Dr. Tatsuo Murota

**Coordinador de Investigación del  
CENAPRED**

Dr. Roberto Meli

**Coordinador Difusión del CENAPRED**

Lic. Ricardo Cicero Betancourt

Edición a Cargo de: Violeta Ramos Radilla  
y Javier Lara Espinosa

**Distribución en México:** Coordinación de Enlace  
Nacional

**Distribución en el Exterior:** Coordinación de  
Asuntos Internacionales

PUBLICADO POR EL CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES DE LA  
SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

*EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES  
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS  
AUTORES*

Marzo - 1994, No. 3

## **Sistema Nacional de Protección Civil**

**DIRECTORIO DEL CENAPRED**

DIRECCIÓN GENERAL Arq. Vicente Pérez Carabias, COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Dr. Roberto Meli Piralla; COORDINACIÓN DE CAPACITACIÓN Lic. Glorina Luz Ortiz Espejel; COORDINACIÓN DE DIFUSIÓN Lic. Ricardo Cicero Betancourt, COORDINACIÓN DE ENLACE NACIONAL Lic. Alberto Ruiz de la Peña, COORDINACIÓN DE ASUNTOS INTERNACIONALES Lic. Enrique Solórzano Mier; COORDINACIÓN DE PROGRAMAS Y NORMAS Lic. Federico Miguel Vázquez Juárez; COORDINACIÓN ADMINISTRATIVA C. P. Alfonso Macías Flores.

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES

PROCESOS FISICOQUIMICOS  
PARA ESTABILIZACION DE  
RESIDUOS PELIGROSOS

Margarita Yolanda Espíndola Zepeda  
Georgina Fernández Villagómez

COORDINACION DE INVESTIGACION  
AREA DE RIESGOS QUIMICOS

# CUADERNOS DE INVESTIGACION

## P R E S E N T A C I O N

---

La Coordinación de Investigación del Centro Nacional de Prevención de Desastres realiza estudios sobre las características de los fenómenos naturales y de las actividades humanas que son fuentes potenciales de desastres, así como sobre las técnicas y medidas que conducen a la reducción de las consecuencias de dichos fenómenos.

Las actividades enfocan la problemática de los Riesgos Geológicos (Sismos y Volcanes), de los Riesgos Hidrometeorológicos (Inundaciones, Huracanes, Sequías, Erosión) y de los Riesgos Químicos (Incendios, Explosiones, Contaminación por Desechos Industriales).

Los resultados de los estudios se publican en Informes Técnicos que se distribuyen a las instituciones y los especialistas relacionados con cada tema específico.

En adición a dichos informes técnicos de carácter muy especializado, el CENAPRED ha emprendido la publicación de esta serie, llamada CUADERNOS DE INVESTIGACION, con el fin de dar a conocer a un público más amplio aquellos estudios que se consideran de interés más general o que contienen información que conviene quede publicada en una edición más formal que la de los Informes Técnicos.

Los Catálogos de Informes Técnicos y de Cuadernos de Investigación, así como las publicaciones específicas pueden obtenerse solicitándolos por escrito a la Coordinación de Investigación del CENAPRED, o pueden consultarse directamente en su Unidad de Información

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>INTRODUCCION</b> .....	1
<b>CAPITULO I-GENERALIDADES SOBRE RESIDUOS PELIGROSOS</b> .....	2
<b>1.1 DEFINICION</b> .....	2
1.1.1 Inflamabilidad .....	2
1.1.2 Corrosividad .....	3
1.1.3 Reactividad .....	3
1.1.4 Explosividad .....	4
1.1.5 Toxicidad .....	4
<b>1.2 CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS</b> .....	4
<b>CAPITULO II-PROCESOS FISICOQUIMICOS QUE SE UTILIZAN PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b> .....	10
<b>2.1 PRECIPITACION QUIMICA.</b> .....	10
2.1.1 Aplicación a los residuos peligrosos .....	10
2.1.2 Descripción del proceso .....	11
2.1.2.1 Precipitación de hidróxidos. ....	12
2.1.2.2 Precipitación de sulfuros. ....	13
2.1.2.3 Precipitación de carbonatos. ....	14
2.1.2.4 Precipitación por borohidruro de sodio. ....	14
2.1.2.5 Cementación. ....	15
2.1.2.6 Otros procesos de precipitación. ....	15
2.1.3 Consideraciones de diseño .....	15
2.1.3.1 Segregación del residuo y pretratamiento. ....	16
2.1.3.2 Pruebas de jarras. ....	16
2.1.3.3 Cal vs. Sosa cáustica. ....	16
2.1.3.4 Calor de reacción. ....	17
2.1.3.5 Precipitación de complejos metálicos. ....	18
2.1.4 Coagulación y Floculación (Wentz, 1989). ....	18
<b>2.2 NEUTRALIZACION</b> .....	20
2.2.1 Principios de operación .....	21
2.2.2 Equipo .....	22
2.2.3 Aplicaciones .....	23
<b>2.3 HIDROLISIS</b> .....	25
2.3.1 Principios de hidrólisis. ....	25
2.3.2 Aplicación para el tratamiento de residuos. ....	26
<b>2.4 FOTOLISIS</b> .....	27
2.4.1 Principios fotoquímicos .....	27
2.4.2 Definiciones y reglas .....	27
2.4.3 Fotólisis combinada con otros procesos de disposición .....	29
2.4.4 Economía .....	29
<b>2.5 OXIDACION Y REDUCCION QUIMICA</b> .....	29
2.5.1 Principios de la oxidación-reducción .....	30

2.5.2 Oxidación	30
2.5.3 Reducción	31
2.5.4 Procesos de oxidación-reducción	31
2.5.5 Reactivos oxidantes	31
2.5.5.1 Hipoclorito de sodio	31
2.5.5.2 Peróxido de hidrógeno	32
2.5.5.3 Hipoclorito de calcio.	32
2.5.5.4 Permanganato de potasio	33
2.5.5.5 Ozono	33
2.5.6 Reactivos de reducción	34
2.5.6.1 Dióxido de azufre	34
2.5.6.2 Borohidruro de sodio	35
2.5.7 Potencial para el tratamiento de residuos	35
2.6 DESHALOGENACION	35
2.6.1 Aplicaciones generales de la tecnología	36
2.6.2 Deshalogenación comercial de los compuestos halo-aromáticos	36
2.6.3 Técnicas experimentales de deshalogenación para compuestos halo-aromáticos	37
2.6.4 Compuestos APEG	37
2.6.5 Técnicas innovativas de deshalogenación	38
2.6.6 Deshalogenación de los compuestos halo-alifáticos	39
2.6.7 Conclusiones	39
2.7 OZONACION	40
2.7.1 Generalidades	40
2.7.2 Aplicaciones del ozono al agua residual y aire	40
2.7.3 Aplicaciones industriales y a residuos peligrosos	41
2.7.4 Reacciones orgánicas e inorgánicas	41
2.7.5 Equipo	42
2.7.6 Requerimientos de energía para la producción y concentración de ozono	42
2.7.7 Inyección de ozono y sistemas mezcladores	42
2.7.8 Consideraciones de seguridad	43
2.7.9 Ventajas y desventajas	43
2.7.10 Consideraciones de diseño	44
2.7.11 Monitoreo y control	44
2.7.12 Efectos ambientales	44
2.7.13 Evaluación económica	45
2.8 ESTABILIZACION / SOLIDIFICACION	45
2.8.1 Clasificación de los procesos estabilización/solidificación	46
2.8.1.1 Procesos basados en cementación	47
2.8.1.2 Procesos basados en cal	48
2.8.2 Caracterización de las tecnologías S/E	48
2.8.2.1 Aglutinantes	48
2.8.2.2 Mecanismos de aglutinamiento de los contaminantes.	48
2.8.3 Ventajas y desventajas	52
2.8.4 Aplicaciones del proceso	53
2.8.5 Tipos de proceso.	53

2.8.6	Evaluación del funcionamiento de la tecnología estabilización/ solidificación .....	53
2.8.7	Factores que afectan la selección y el funcionamiento de las tecnologías de estabilización/solidificación .....	54
2.8.7.1	Objetivos del tratamiento. ....	54
2.8.7.2	Características del residuo .....	54
2.8.7.3	Tipos y requerimientos del proceso .....	56
2.8.8	Economía .....	56
2.8.9	Conclusiones .....	57
2.9	INTERCAMBIO IONICO .....	57
2.9.1	Generalidades .....	57
2.9.2	Tipos de intercambiadores .....	59
2.9.3	Aplicaciones .....	61
2.9.4	Equipo .....	61
2.9.5	Economía .....	61
 <b>CAPITULO III EVALUACION DE LAS TECNOLOGIAS QUE EMPLEAN PROCESOS FISICOQUIMICOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b> .....		 62
 <b>GLOSARIO</b> .....		 66
<b>BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS</b> .....		68

# PROCESOS FISICOQUIMICOS PARA ESTABILIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

## RESUMEN

Un residuo industrial se define como un efluente que no tiene una utilización directa y está descartado permanentemente.

Se deben de utilizar varias tecnologías para el tratamiento de los residuos antes de su disposición final. Los propósitos de estas tecnologías son la modificación de sus propiedades físicas, químicas o biológicas, reducir el volumen e inmovilizar a los componentes tóxicos. La selección de la tecnología de tratamiento más apropiada para un residuo dado, depende de muchos factores, incluyendo las normas de seguridad y costos. Ninguna ruta de disposición ofrece una seguridad absoluta.

Los tratamientos que utilizan procesos fisicoquímicos involucran el uso de reacciones químicas para transformar las corrientes residuales peligrosas en sustancias menos peligrosas, así como tratamientos físicos para facilitar su separación. Este tipo de procesos fomentan la recuperación y el reuso de sustancias químicas, obteniéndose así subproductos útiles y efluentes residuales ambientalmente aceptables. Se consideran como procesos fisicoquímicos los siguientes:

- Precipitación química
- Neutralización
- Hidrólisis
- Fotólisis
- Oxidación y reducción química
- Deshalogenación
- Ozonación
- Estabilización/Solidificación
- Intercambio iónico

Los cuales se explican y evalúan detalladamente en este documento.

La intención de este trabajo es proporcionar a los grupos interesados la información de tecnologías de tratamiento fisicoquímico existente, más reciente.

## ABSTRACT

An industrial waste is defined as an no-useful effluent besides it's discarded forever.

A lot of technologies are available for the treatment of hazardous wastes before their final disposal.

To change the physical, chemical and biological properties to a less hazardous form and to immobilize the toxic compounds are the most important goals of these technologies. The choise of the best treatment technology for a certain waste is depending of some factors including the safe standards and costs. No way offer an absolutely safe.

The physicochemical treatment involve the use of chemical reactions to become the hazardous waste flows in a less hazardous substances; in the same way, the physical treatments can be used to make easier the removal of the contaminant. These kind of processes improve the recovery and subsequent reuse of chemical substances achieving useful by-products and waste effluents adequated for the environment.

Physicochemical processes considered are:

- Chemical precipitation
- Neutralization
- Hydrolysis
- Photolysis
- Chemical Oxidation and Reduction
- Deshalogenation
- Ozonation
- Stabilization/Solidification
- Ionic Exchange

They're explained and evaluated very carefully in the contents of this document.

The principal objective of this study is to give to interest groups the most important and innovative information of physicochemical treatment technologies for hazardous wastes.

## INTRODUCCION

El área de Riesgos Químicos perteneciente a la Coordinación de Investigación se crea como una parte integral para el logro de los principales objetivos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), que abarcan la investigación, adaptación y aplicación de tecnologías para la prevención y mitigación de desastres.

Debido a que en México se generan diariamente 13 000 toneladas de residuos que presentan características de peligrosidad y de las cuales solo el 10% se canalizan a depósitos adecuados, mientras que el 90% restante se desvía clandestinamente a ríos, arroyos, basureros irregulares o simplemente al drenaje local, provocando un riesgo sobre la salud y el ambiente; las investigaciones que se han desarrollado están enfocadas al manejo, tratamiento y disposición de residuos peligrosos.

Las tecnologías que se encuentran disponibles para tratar residuos peligrosos están basadas en procesos de tipo fisicoquímico, biológico y térmico. Las metodologías que emplean tratamientos fisicoquímicos se presentan en este folleto, el cual es parte de una serie de documentos en los que se darán a conocer los diversos procesos de estabilización que para ello existen.

El primer capítulo contiene la definición y clasificación de residuos peligrosos con la finalidad de identificar a los materiales que constituyen un riesgo de tipo químico.

En el segundo capítulo se describen las metodologías que emplean procesos fisicoquímicos para el tratamiento de subproductos industriales considerados como peligrosos.

Las metodologías basadas en los procesos fisicoquímicos, se evalúan en el tercer capítulo, para que sirvan como base en la elección de una serie de tratamientos para la estabilización del residuo.

La bibliografía que se anexa básicamente es muy reciente, ya que los organismos internacionales han generado una gran cantidad de información sobre el tema en los últimos 5 años.

Se espera que la información que contiene este documento ayude a la mitigación de los riesgos provocados por el manejo de sustancias químicas considerando los procesos fisicoquímicos.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES SOBRE RESIDUOS PELIGROSOS

### 1.1 DEFINICION

Un residuo peligroso se define como "Un residuo sólido o una combinación de residuos, los cuales debido a su cantidad, concentración, sus características físicas, químicas o infecciosas pueden:

(1) Causar o contribuir significativamente a incrementar la mortalidad o las enfermedades serias, irreversibles o que produzcan incapacitación.

(2) Poseer un peligro substancial o potencial para la salud humana o el ambiente cuando son tratados, almacenados, transportados o dispuestos inadecuadamente.

Aún cuando la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (USEPA), menciona el término "residuo sólido", ésta definición también incluye residuos semisólidos, líquidos y gaseosos (USEPA, 1990).

Se identifican como residuos peligrosos, cualquier residuo sólido que presente una o más de las siguientes características: (Norma Técnica Ecológica 001/88).

Inflamabilidad  
Corrosividad  
Reactividad  
Explosividad  
Toxicidad

#### 1.1.1 Inflamabilidad

La inflamabilidad es la característica utilizada para definir como peligroso, aquellos residuos que pudieran causar un incendio, durante el transporte, almacenamiento o disposición. Ejemplos de residuos inflamables incluyen residuos de aceites y solventes gastados.

Un residuo presenta la característica de inflamabilidad si una muestra representativa del mismo tiene alguna de las siguientes propiedades:

1. Es un líquido que en solución acuosa contiene más del 24% en volumen de alcohol y tiene una temperatura de inflamación inferior a 60 grados Centígrados (140 grados Fahrenheit).

2. No es un líquido, pero es capaz de causar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (bajo presiones y temperaturas normales).

3. Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes (USEPA, 1990).

### 1.1.2 Corrosividad

La corrosividad indicada por el pH, se escogió como característica de identificación de un residuo peligroso debido a que los residuos con alto o bajo pH pueden reaccionar peligrosamente con otros residuos o causar contaminantes tóxicos que migren de ciertos residuos. Ejemplos de residuos corrosivos incluyen residuos ácidos y salmuera usada en la manufactura del acero. La corrosión del acero es un primer indicador de un residuo peligroso ya que un residuo capaz de corroer el acero puede escapar de los tambores y liberar otros residuos.

Un residuo presenta la característica de corrosividad si una muestra representativa del mismo tiene cualquiera de las siguientes propiedades:

1. Es acuoso y tiene un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5.
2. Es un líquido y corroe el acero (SAE 1020) a velocidades mayores de 6.35 mm (0.250 pulg) por año a una temperatura de prueba de 55 grados Centígrados (130 grados Fahrenheit) (USEPA, 1990).

### 1.1.3 Reactividad

La reactividad es una característica de residuo peligroso, ya que los residuos inestables pueden poseer un problema explosivo en cualquier estado del ciclo del manejo del residuo. Ejemplos de residuos reactivos incluyen el agua proveniente de las operaciones de trinitrotolueno y los solventes gastados de cianuro.

Un residuo presenta la característica de reactividad si una muestra representativa del mismo tiene cualquiera de las siguientes propiedades:

1. Es normalmente inestable y presenta fácilmente cambios violentos sin detonación.
2. Reacciona violentamente con agua y cuando se combina con ella forma mezclas potencialmente explosivas, genera vapores, gases o humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar desequilibrio ecológico y daños al ambiente.
3. Es un residuo que contiene cianuros o sulfuros, el cual cuando es expuesto a condiciones de pH entre 2 y 12.5 puede generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para presentar un daño a la salud humana o al ambiente.
4. Es capaz de descomponerse fácilmente por detonación o reaccionar a presión y temperatura normales.
5. Es capaz de presentar reacciones de detonación si se somete a una fuente poderosa de iniciación o si se calienta bajo confinamiento (USEPA, 1990).

#### 1.1.4 Explosividad

Un residuo presenta la característica de explosividad si una muestra representativa del mismo tiene cualquiera de las siguientes propiedades:

1. Es más sensible a golpes o fricción que el dinitrobenceno.
2. Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 grados Centígrados y una atmósfera de presión (Norma técnica ecológica 001/88).

#### 1.1.5 Toxicidad

Un residuo tóxico en contacto con un organismo viviente es capaz de producir la muerte, herir o en alguna forma dañar al organismo. Estas sustancias tóxicas son peligrosas dependiendo de la exposición al riesgo y la manera en la cual tal desecho se maneje (USEPA, 1990).

Efectos adversos tales como carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad son generalmente contraídos por el contacto con sustancias tóxicas. Estas propiedades intrínsecas definen los materiales tóxicos. Sin embargo, los términos "tóxico" y "peligroso" no son intercambiables. Las sustancias peligrosas pueden tener propiedades intrínsecas y extrínsecas. Por ejemplo, las propiedades extrínsecas de explosividad, inflamabilidad y reactividad no están referidas a la toxicidad química. En suma, la "toxicidad" denota la capacidad de una sustancia para producir daño, mientras "peligroso" denota la probabilidad de que el daño resultará del uso o contacto con una sustancia (USEPA, 1990).

Se puede causar un daño agudo a los humanos o a los animales cuando los residuos tóxicos son inhalados, ingeridos o por el contacto por la piel. La toxicidad aguda es generalmente medida en términos de concentración de dosis letal (LD50) en el cual el 50% de la población de prueba morirá debido a la exposición de una sustancia en particular bajo la condición prescrita (USEPA, 1990).

## 1.2 CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

La clasificación de residuos peligrosos presentada en la tabla 1.1, es un diagrama propuesto en un estudio realizado por Banco Mundial, Organización Mundial de la Salud y el Programa de Naciones Unidas para el mejoramiento del ambiente (1989) y une los tipos de residuos con las diferentes categorías industriales.

Los grupos industriales que se incluyeron en el presente diagrama de clasificación se encuentran listados en la tabla 1.2.

Con el propósito de tener una clara comprensión de la tabla 1.1, se dará una breve descripción de cada tipo de residuos abarcando las principales subcategorías y fuentes de generación:

## (I) RESIDUOS INORGANICOS

Acidos y álcalis. Se encuentran entre los componentes principales de la cantidad total de los residuos peligrosos generados por diversos sectores de la industria, aunque en términos de cantidad, los residuos ácidos provienen principalmente de la preparación de superficies y acabado de metales.

El principal peligro de los ácidos y álcalis está en su acción corrosiva, complicada, en algunos casos, por la presencia de constituyentes tóxicos.

Residuos de cianuro. Se generan principalmente en la industria del acabado de metales y en el tratamiento a altas temperaturas de ciertos aceros. El peligro asociado con los residuos del cianuro es su toxicidad aguda.

Lodos y soluciones que contienen metales pesados. Los de mayor importancia son aquéllos que contienen los metales tóxicos: arsénico, cadmio, cromo hexavalente, plomo, mercurio, níquel, zinc y cobre. Estos residuos se generan de una amplia gama de procesos de manufactura comprendiendo la producción del cloro, de pigmentos, la preservación de la madera, producción de baterías, textiles, galvanizado de metales y curtiduría.

Residuos de Asbestos. Normalmente surgen de los residuos de recubrimientos, estaciones de energía, plantas de manufactura industrial, fábricas de gas, astilleros, hospitales y establecimientos educacionales. Los materiales que contienen asbestos pueden también aparecer como residuos provenientes de la demolición o reconstrucción de locomotoras y vagones ferroviarios y de la construcción y demolición de sitios.

Los riesgos a la salud asociados con la inhalación de fibras de asbesto y corrientes de polvo provienen del potencial carcinógeno del material. Tuberías y láminas de asbesto presentan generalmente menor problema que la pérdida de fibras y polvo.

Otros residuos sólidos. Se generan de una variedad de fuentes de las cuales las más importantes son la fundición y refinamiento de metales. Los polvos y lodos generados de estos procesos contienen en su mayoría metales tóxicos incluyendo níquel, arsénico, zinc, mercurio, cadmio y plomo.

## (II) RESIDUOS ACEITOSOS

Los residuos aceitosos se generan principalmente del proceso, uso y almacenamiento de aceites minerales. Algunos ejemplos son residuos de lubricación y fluidos hidráulicos, lodos de fondos de tanques de almacenamiento de aceites y aceites amargos residuales. En algunos casos estos materiales pueden contaminarse con metales tóxicos (por ejemplo, tanques de almacenamiento de gasolina con plomo, etc.)

### (III) RESIDUOS ORGANICOS

Solventes halogenados. Se generan primordialmente de operaciones de limpieza en seco, limpieza de metal en la industria ingenieril y en una cantidad mucho menor, de los procesos de desengrasado y en las industrias textil y de curtiduría.

El peligro de estos residuos está asociado con su toxicidad, movilidad y relativa alta persistencia en el ambiente.

Residuos de solventes no halogenados. Comprenden un gran número de hidrocarburos e hidrocarburos oxigenados de los cuales, algunos de los más utilizados son el tolueno, metanol, isopropanol y etanol. Estos encuentran una amplia aplicación a lo largo de la industria en la producción de pinturas, tintas, adhesivos, resinas, preservativos de madera hechos a base de solventes, saborizantes de alimentos, cosméticos, así como en la limpieza de equipo y plantas. También se utilizan como desengrasantes en las industrias de ingeniería y de manufactura de vehículos, se utilizan para la extracción de productos naturales de fuentes animales y vegetales. La toxicidad de estos materiales varía grandemente y en varios casos el peligro principal es la inflamabilidad.

Residuos de Policloruros de Bifenilo (PCBs). Se generan de la manufactura de PCBs y del equipo en que fueron utilizados, principalmente como fluidos dieléctricos en transformadores y capacitores, también como fluidos hidráulicos y de transferencia de calor. El peligro principal de los PCBs están asociados con su alta persistencia y potencial de bioacumulación.

Residuos de pinturas y resinas. Se generan de una variedad de formulaciones y otros procesos químicos terciarios, así como de la aplicación de pinturas y resinas a productos terminados. Generalmente, son combinaciones de solventes y materiales poliméricos incluyendo en algunos casos metales tóxicos.

Residuos de biocidas. Se generan tanto en la manufactura como en la formulación de biocidas y en el empleo de estos compuestos en la agricultura, horticultura y en otras industrias.

En adición a las corrientes orgánicas concentradas descritas anteriormente, los residuos químicos orgánicos, también se generan de la carbonización de hulla y operaciones de subproductos, de la manufactura de productos químicos primarios, secundarios y terciarios. Componentes comunes son los residuos de la destilación y materiales filtrados. Estas corrientes residuales abarcan compuestos químicos halogenados y no halogenados y se generan por un extenso número de industrias incluyendo la refinación de petróleo y la manufactura de compuestos químicos, materias colorantes, farmacéuticas, plásticos, hules y resinas.

### (IV) RESIDUOS ORGANICOS PUTRESCIBLES

Los residuos orgánicos putrescibles incluyendo residuos de la producción de aceites comestibles como también desperdicios de rastros y otros productos provenientes de animales. El manejo apropiado de residuos putrescibles es de particular importancia en el

desarrollo de países donde las condiciones climatológicas extremas pueden incrementar el posible riesgo a la salud asociado con estos residuos orgánicos.

#### **(V) RESIDUOS POCO PELIGROSOS/GRAN VOLUMEN**

Estos residuos incluyen aquellos residuos que con base a sus propiedades intrínsecas presentan una relativa baja peligrosidad, pero pueden presentar problemas debido a sus grandes volúmenes. Algunos ejemplos son: lodos de la perforación provenientes de la extracción de petróleo y gas, cenizas finas de los combustibles quemados en plantas de energía, desechos de minas o escorias metalíferas.

#### **(VI) RESIDUOS DIVERSOS**

En adición a las clases de residuos descritas anteriormente existen un número de otros tipos de residuos que no han sido agrupados. Estos incluyen residuos infecciosos con afección a tejidos humanos o animales, compuestos químicos redundantes que pueden haberse deteriorado o excedido su período de almacenamiento y provienen de tiendas de menudeo, almacenes comerciales y tiendas gubernamentales e industriales; residuos de laboratorio y residuos explosivos de las operaciones de manufactura o excedente de municiones. Aún cuando estos residuos no presentan una gran proporción del total de la generación de residuos peligrosos, se deben llevar a cabo medidas especiales para asegurar una disposición adecuada.

Tabla 1.2

## GRUPOS INDUSTRIALES

- A Agricultura, Silvicultura y Producción alimenticia.
- agricultura, manejo de floresta, pesca;
  - productos animales y vegetales del sector alimenticio;
  - industria de bebidas;
  - manufactura de alimentos para animales.
- B Extracción mineral (excluyendo hidrocarburos).
- minería y explotación de canteras de minerales no-metálicos;
  - minería y explotación de canteras de minerales metálicos.
- C Energía.
- industria del carbón, incluyendo extracción mineral, fábricas de gas y coqueo;
  - industria del petróleo y gas incluyendo extracción de aceite y gas y productos refinados.
- D Manufactura de metales
- metalurgia férrea;
  - metalurgia no-férrea,
  - fundición y operaciones de explotación de metales
- E Manufactura de productos minerales no-metálicos.
- materiales de construcción, cerámica y vidrios;
  - refinamiento de sal;
  - beneficio de asbestos;
  - productos abrasivos.
- F Industrias químicas y afines.
- petroquímicas;
  - producción de compuestos químicos primarios;
  - producción de tintas, barnices, pinturas y pegamentos;
  - fabricación de productos fotográficos;
  - industria del perfume y fabricantes de jabones y detergentes
  - hule terminado y materiales plásticos
  - producción de pólvora y explosivos;
  - producción de biocidas.
- G Beneficio de metales, Industrias automotrices y de ingeniería.
- ingeniería mecánica;
  - manufactura de maquinaria y procesamiento de resultados del equipo;
  - ingeniería eléctrica y electrónica;

- manufactura de vehículos automotrices y partes;
- manufactura de otro equipo de transporte;
- ingeniería de instrumentación;
- otras industrias de manufactura de beneficio de metales n.o.s.

**H** Industria textil, de piel y de madera.

- industria textil, ropa y calzado;
- industria de cuero y piel;
- industria de madera y equipo mobiliario;
- otras industrias de manufactura de compuestos no metálicos

**I** Manufactura de papel, imprenta y publicación.

- papel e industria del cartón;
- imprenta publicación y laboratorios fotográficos.

**J** Servicios hospitalarios, sanitarios y de salud.

- salud, hospitales, centros médicos y laboratorios;
- servicios veterinarios.

**K** Servicios comerciales y personales.

- lavanderías, limpieza en seco y tintorerías;
- servicios domésticos;
- instituciones de cosméticos (por ejemplo, peluquerías);
- otros servicios personales n.o.s.