

29
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

"COMPARACION ENTRE ALTERNATIVAS DE DISPOSICION
FINAL DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS (DIP)
Y PROPUESTA DE LA INCINERACION COMO VIA FACTIBLE
PARA SU DESTRUCCION SEGURA Y DEFINITIVA"

**INFORME DE LA PRACTICA
PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
MARIA DE LA CRUZ CURIEL TOLIVIA



MEXICO, D. F.

1993



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 está 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.

INDICE

| CAPITULO | PAG. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. GENERALIDADES | 2 |
| 2.1. Definición de los Desechos Industriales Peligrosos (DIP) | 3 |
| 2.2. Caracterización de DIP | 8 |
| 2.3. Generación de los Desechos Industriales Peligrosos | 9 |
| 2.4. Generación de DIP en México | 16 |
| 2.5. Alternativas de solución | 21 |
| 2.6. Desastres Ambientales relacionados con DIP | 22 |
| 2.6.1. Envenenamiento por Hg en Minamata, Japón | 22 |
| 2.6.2. Love Canal, New York | 24 |
| 2.6.3. Caso de Lekkerkerk, Holanda | 25 |
| 2.6.4. Caso de Mexico | 26 |
| 2.7. Marco Legal y Legislación Ambiental con respecto a los DIP | 26 |
| 2.7.1. Legislación Ambiental | 28 |
| 2.7.1.1. Checoslovaquia | 30 |
| 2.7.1.2. Francia | 30 |
| 2.7.1.3. República Federal Alemana | 30 |
| 2.7.1.4. Hungría | 33 |
| 2.7.1.5. España | 33 |
| 2.7.1.6. Suecia | 33 |
| 2.7.1.7. Inglaterra | 34 |
| 2.7.1.8. China | 34 |
| 2.7.1.9. Estados Unidos | 34 |

I N D I C E (CONTINUACIÓN)

| CAPITULO | PAG. |
|---|------|
| 2.7.1.10. Japón | 38 |
| 2.7.1.11. Declaración de Estocolmo | 40 |
| 2.7.2. Legislación Ambiental en México | 41 |
| 3. MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS | 50 |
| 3.1. Tratamiento de los Desechos Industriales Peligrosos | 55 |
| 3.1.1. Tratamiento Físico | 55 |
| 3.1.2. Tratamiento Químico | 61 |
| 3.1.3. Tratamiento Biológico | 62 |
| 3.1.4. Tratamiento Térmico | 64 |
| 3.1.5. Otros | 64 |
| 3.2. Principales Tecnologías de Tratamiento y Disposición Final de los desechos | 64 |
| 3.2.1. Equipo empleado en el manejo interno de los desechos | 67 |
| 3.2.2. Instalaciones requeridas para el Tratamiento | 67 |
| 3.2.3. Selección del sitio para la instalación de la planta de tratamiento | 68 |
| 3.2.3.1. Controles Ambientales | 68 |
| 3.2.3.2. Medidas de Seguridad | 70 |
| 3.2.3.3. Tratamiento de DIP y/o potencialmente peligrosos en México | 70 |
| 3.2.3.4. Selección del proceso de tratamiento por costos | 70 |
| 3.2.3.5. Costos de la alternativa de tratamiento | 71 |
| 3.2.4. Método de Solidificación | 71 |

I N D I C E (CONTINUACIÓN)

| CAPITULO | PAG. |
|---|------|
| 3.2.5. Reducción de Volumen | 71 |
| 3.3. Disposición Final de los Desechos Industriales Peligrosos | 79 |
| 3.3.1. Alternativas de Disposición Final | 81 |
| 3.3.1.1. Incineración | 81 |
| 3.3.1.2. Pirólisis | 82 |
| 3.3.1.3. Confinamientos Controlados | 83 |
| 3.3.1.4. Tratamiento Agroquímico | 108 |
| 3.3.1.4.1. Desechos que se pueden disponer mediante este tratamiento | 110 |
| 3.3.1.5. Inyección en Pozos Profundos | 115 |
| 3.3.1.5.1. Tipo de desechos que pueden disponerse mediante esta tecnología | 117 |
| 3.3.1.5.2. Pre-tratamiento antes de la inyección de los desechos | 119 |
| 3.3.1.5.3. Selección del sitio | 119 |
| 3.3.1.5.4. Perforación y terminación de los pozos para la inyección de los desechos | 120 |
| 3.3.1.5.5. Monitoreo en los Pozos de Inyección | 121 |
| 3.3.1.5.6. Costos | 123 |
| 3.3.1.5.7. Implicaciones que representa la inyección de desechos | 123 |
| 3.3.1.6. Lanzamiento al mar | 124 |

I N D I C E (CONTINUACION)

| CAPITULO | PAG. |
|---|------|
| 3.3.1.7. Composto | 124 |
| 3.3.2. Comparación de costos de los métodos de disposición final de los desechos | 126 |
| | |
| 4. PROPOSTA Y DISCUSION | |
| 4.1. Incineración | 128 |
| 4.1.1. Clasificación de los Incineradores | 129 |
| 4.1.2. Incineradores Comerciales más usados | 134 |
| 4.1.3. Descripción, principio de operación y aplicabilidad; causas de reducción de la eficiencia de los incineradores industriales disponibles comercialmente | 135 |
| 4.1.3.1. Criterios de selección de los incineradores | 135 |
| 4.1.3.2. Aplicabilidad de los incineradores más importantes y usados a nivel industrial | 137 |
| 4.1.3.3. Combustores de desechos líquidos | 137 |
| 4.1.3.4. Incineradores de Lecho Fluidizado | 140 |
| 4.1.3.5. Incineradores de Hogar Múltiple | 143 |
| 4.1.3.6. Incineradores de Horno Rotatorio | 146 |
| 4.2. Caracterización de los Incineradores más usados en la destrucción de los desechos peligrosos | 149 |
| 4.2.1. Antecedentes | 148 |
| 4.2.2. Recomendaciones sobre los Incineradores de desechos peligrosos | 153 |
| 4.3. Discusión sobre la aplicación práctica de la incineración como vía de eliminación de desechos | 157 |

I D I C E
(CONTINUACION)

| CAPITULO | PAG. |
|--|-------------|
| 4.3.1. Empresas que recurren a la utilización del método de incineración como vía de eliminación de DIP | 157 |
| RESUMEN | 164 |
| CONCLUSIONES | 167 |
| ANEXO | 171 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 196 |

INDICE DE CUADROS

| No. CUADRO | TITULO | PAG. |
|------------|--|------|
| 2.1 | Etapas dentro de un proceso industrial en las que pueden generarse DIP | 5 |
| 2.2 | DIP generados por diversas áreas industriales | 6 |
| 2.3 | Constituyentes que hacen peligroso a un residuo por su Grado de Toxicidad en el Medio Ambiente | 10 |
| 2.4 | Residuos Industriales Peligrosos generados por diversos tipos de industria | 12 |
| 2.5 | % Total de desechos peligrosos en Estados Unidos | 18 |
| 2.6 | Desastres ambientales ocasionados por DIP | 23 |
| 2.7 | Relación sobre legislaciones que regulan los desechos químicos y textos más significativos a nivel mundial | 31 |
| 3.1 | Clasificación de alternativas de tratamiento y disposición final de los DIP | 52 |
| 3.2 | Métodos de detoxificación | 57 |
| 3.3 | Tecnologías de tratamiento físico para DIP | 58 |
| 3.4 | Alternativas de tratamiento químico para DIP | 63 |
| 3.5 | Tecnologías de tratamiento biológico para DIP | 65 |
| 3.6 | Tecnologías de tratamiento térmico para DIP | 66 |
| 3.7 | Desechos potencialmente incompatibles | 69 |
| 3.8 | Comparación de alternativas de tratamiento para los desechos peligrosos industriales | 72 |

**INDICE DE CUADROS
(CONTINUACION)**

| No. CUADRO | TITULO | PAG. |
|------------|--|------|
| 3.9 | Tratamiento de lodos | 78 |
| 3.10 | Tipos de confinamiento para la disposición final de desechos | 84 |
| 3.11 | Criterios para la selección de un sitio de confinamiento controlado como medio de disposición final de los DIP | 86 |
| 3.12 | Propiedades de un desecho en terrenos de un confinamiento controlado que influyen a largo plazo la estabilidad del suelo | 88 |
| 3.13 | Grupos reactivos | 91 |
| 3.14 | Código de reactividad | 96 |
| 3.15 | Factores que requieren de atención en la selección de un confinamiento controlado como sitio de disposición final de DIP | 107 |
| 3.16 | Caracterización típica de los microorganismos presentes en los suelos | 111 |
| 3.17 | Condiciones de operación para algunos tipos de desecho | 125 |
| 3.18 | Costos comparativos de las principales alternativas de eliminación de los desechos peligrosos en los E. U. (1980) | 127 |
| 4.1 | Consideraciones básicas para la selección de un sistema de incineración en la eliminación de los desechos peligrosos | 132 |
| 4.2 | Parámetros de operación más usados industrialmente | 136 |
| 4.3 | Desechos líquidos significativos para la aplicación de un incinerador de | 141 |

INDICE DE CUADROS
(CONTINUACION)

| No. CUADRO | TITULO | PAG. |
|------------|--|------|
| | inyección de desechos líquidos | |
| 4.4 | Desechos generalmente eliminados por un incinerador de lecho fluidizado | 144 |
| 4.5 | Desechos típicos en la incineración por medio de hornos rotatorios | 149 |
| 4.6 | Definición de los términos de eficiencia de la incineración | 151 |
| 4.7 | Resumen de las eficiencias de combustión calculadas en el caso del Herbicida Naranja (CHO) | 152 |
| 4.8 | Matriz auxiliar para la selección del proceso de incineración basada en el tipo de desecho a eliminar | 155 |
| 4.9 | Empresas que recurren a la incineración como vía para la eliminación de los desechos peligrosos | 158 |
| A | Resumen de los procesos de tratamiento y métodos de eliminación y destrucción de desechos peligrosos, recomendados en el Estado de Victoria en Australia (38) para diversos desechos | 161 |

INDICE DE FIGURAS

| No. FIGURA | TITULO | PAG. |
|------------|---|------|
| 2.1 | Porcentaje de generación de DIP en E.U. (1980) de acuerdo a una clasificación industrial estándar | 17 |
| 2.2 | Distribución de los diversos tipos de DIP generados en México | 19 |
| 2.3 | Zonas de la República Mexicana en las cuales se concentra principalmente la industria | 20 |
| 2.4 | Legislación ambiental en México en materia de desechos peligrosos | 43 |
| 3.1 | Diagrama de flujo sobre el manejo de desechos peligrosos industriales | 51 |
| 3.2 | Clasificación de alternativas de tratamiento de DIP de acuerdo con la naturaleza del proceso | 56 |
| 3.3 | Incompatibilidad de los desechos peligrosos | 95 |
| 3.4 | Representación de las principales secciones de un confinamiento controlado | 98 |
| 3.5 | Diagrama de una planta típica de un confinamiento controlado | 101 |
| 3.6 | Pozo típico de monitoreo de agua subterránea | 103 |
| 3.7 | Representación del sistema de monitoreo de agua subterránea y del sistema de lixiviados | 104 |
| 3.8 | Sistema básico de monitoreo del manto freático | 105 |
| 3.9 | Diagrama de flujo del tratamiento agroquímico (Landfarming) | 116 |
| 3.10 | Pozo de inyección profunda en piedra caliza o dolomita | 122 |

**INDICE DE FIGURAS
(CONTINUACION)**

| No. FIGURA | TITULO | PAG. |
|------------|--|------|
| 4.1 | Valor del contenido energético de los desechos. Factor que influencia la temperatura en el incinerador | 129 |
| 4.2 | Matriz para la elección del método de incineración de acuerdo con las propiedades físicas de los desechos | 138 |
| ANEXO | Programa de la ONU de gestión de DIP | 171 |
| ANEXO | Bases de la filosofía americana en materia de DIP | 172 |
| ANEXO | Ideología alemana en materia de desechos peligrosos | 173 |
| ANEXO | Esquema para el tratamiento de los desechos prioritarios | 174 |
| ANEXO | Alternativas de solución para el manejo de desechos industriales | 175 |
| ANEXO | Etapas en la reducción de los DIP | 176 |
| ANEXO | Definición de los DIP | 177 |
| ANEXO | Lista de diez desechos peligrosos prioritarios | 179 |
| ANEXO | Diagrama del proceso de registro de DIP durante la generación, transporte y destino final (SEDUE, México) | 180 |
| ANEXO | Formas de llenado para los manifiestos y reportes semestral y mensual con respecto a empresas generadoras de transporte y tratamiento y por derrame o accidente de DIP (SEDUE) | 181 |
| ANEXO | Descripción sumaria de los métodos de clasificación. Québec, Ontario, Alemania, Basilea y Estados Unidos | 184 |

**INDICE DE FIGURAS
(CONTINUACION)**

| No. FIGURA | TITULO | PAG. |
|------------|---|------|
| ANEXO | Principales modos de clasificación adoptados por E. U., Basilea (Suiza), Québec, Ontario y Alemania | 185 |
| ANEXO | Cuadro síntesis de las diferentes características retenidas con el fin de una clasificación | 186 |
| ANEXO | Síntesis de principios de almacenaje fuera del lugar | 187 |
| ANEXO | Síntesis de principios de almacenaje en el domicilio de los productores | 188 |
| ANEXO | Cuadro síntesis de los principales permisos y certificados requeridos por las leyes y el reglamento | 189 |
| ANEXO | Utilización de una declaración de transporte | 190 |
| ANEXO | Métodos de control 3. Declaración anual | 191 |
| ANEXO | Cuadro síntesis de las principales exclusiones previstas en las leyes y reglamentos | 192 |
| ANEXO | Principales métodos adoptados para el tratamiento y disposición final de los DIP | 193 |
| ANEXO | Tabla de contenidos energéticos de varios desechos | 194 |
| ANEXO | Tabla comparativa de diversos tipos de incineradores | 195 |

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

El país en tiempos recientes, ha tenido un crecimiento acelerado en la actividad industrial trayendo como consecuencia un desordenado crecimiento en la generación de los residuos cuyas características pueden variar desde los peligrosos, hasta los no peligrosos y potencialmente peligrosos.

Dentro de los daños causados por el vertido de contaminantes al medio ambiente, se encuentran: la destrucción de algunos sistemas acuáticos, la contaminación y agotamiento de mantos freáticos, la acumulación de desechos sólidos y sustancias tóxicas (algunos de lenta degradación) repercutiendo en la contaminación de alimentos y en la reducción de las producciones agrícola y piscícola, así como en la salud del ser humano y la descarga a la atmósfera de partículas y gases nocivos.

En un laboratorio químico, en la industria química o farmacéutica, siempre existen riesgos potenciales por las actividades que ahí se realizan; el químico y toda persona relacionada con esta industria, requieren conocer los diversos aspectos del término "seguridad". La práctica de la seguridad, implica el deseo de quien trabaja, de no solo protegerse a sí mismo, sino de proteger también y de igual manera a los demás.

Un laboratorio y la industria química o farmacéutica no son necesariamente lugares peligrosos. Considerando que muchas sustancias son inflamables, algunas irritantes, otras volátiles, tóxicas y una gran variedad de reacciones que ocurren entre ellas son potencialmente violentas, los individuos que trabajan con ellas, no están exentos de sufrir un accidente por un mínimo descuido.

La difícil meta de mantener actualizada la evacuación completa de los DIP en cuanto a sus propiedades peligrosas o potencialmente peligrosas, es resultado de la avalancha de compuestos sintetizados por el hombre, la cual se aceleró desde la Segunda Guerra Mundial (1).

El factor más importante dentro del problema, lo constituye la carencia del control estricto en cuanto a manejo, tratamiento y eliminación de los desechos sólidos, líquidos y todos principalmente peligrosos, teniendo como resultado obvio, la incorporación de éstos de manera indiscriminada al medio ambiente. Por lo tanto, la atención hacia la resolución de problemas con los DIP, debe ser prioritaria; es por esto, que en el presente trabajo, deseo exponer tanto las variadas opciones que actualmente existen para tratar y disponer los residuos peligrosos y se pretende ofrecer en él una herramienta para la selección del método más seguro y eficaz de terminar de manera segura y eficaz con el problema de los Dip.

Como alternativas para el control de los DIP, existen .. mé-

métodos de tratamiento, destrucción y eliminación, aunque no todas las vías serán la opción óptima para la solución específica en un caso en particular.

CAPITULO II

2. GENERALIDADES

2.1. DEFINICION DE DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS (DIP)

Se ha definido como "residuo o Desecho", todo aquello cuyo propietario considera utilizable y que, en ocasiones, almacena esperando obtener un beneficio económico futuro; o bien, que desecha o intenta desechar de manera eficiente.

Es así que existe una gran variedad de residuos dependiendo de la fuente generadora de éstos (2):

1 RESIDUOS MUNICIPALES, 2 RESIDUOS INDUSTRIALES y 3 RESIDUOS ESPECIALES.

RESIDUOS MUNICIPALES Son los residuos generados de diversas actividades cotidianas de las comunidades (casas-habitación, escuelas, comercios, mercados, oficinas, etc).

Estos, comprenden residuos alimenticios, desechos combustibles como papel, plásticos, textiles, hules, piel, madera, podas de jardín, desechos no combustibles como el vidrio y el metal y desechos de construcción y demolición.

RESIDUOS ESPECIALES Este grupo, incluye desechos generados en hospitales, laboratorios clínicos, considerándose algunos de ellos, residuos patológicos.

Aquí se incluyen residuos radioactivos y aquellos que por sus características, estén fuera de las otras categorías.

RESIDUOS INDUSTRIALES Son residuos aislados, mezclados, sólidos, líquidos o semisólidos (lodos) que se generan como subproductos de un proceso; así como, los residuos resultantes de operaciones unitarias o provenientes de la limpieza de maquinaria e instalaciones (3).

Este tipo, se clasifica en residuos: peligrosos, no peligrosos y potencialmente peligrosos.

En éste caso, nos ocupa la atención el subgrupo de los Desechos Peligrosos.

Los DIP, comprenden los residuos aislados, mezclados o en solución, sólidos, líquidos o lodos que se generan (cuadro 2.1) como subproductos de un proceso, así como los desechos resultantes de operaciones unitarias, o de la limpieza de maquinaria e instalaciones y que por sus características físicoquímicas y toxicológicas, representen un peligro grave a la salud humana, los

ecosistemas o a la propiedad.

En algunos casos, podrían convertirse en DIP, las materias primas que caducan o se deterioran durante su almacenamiento, y las que dejan de usarse, así como los productos rechazados por control de calidad y por los consumidores, o que se deterioran durante su almacenamiento o transporte (cuadro 2.1).

No sólo se generan desechos peligrosos dentro de la industria de la transformación, sino que también surgen de las actividades de extracción y producción de materias primas, de comercialización y transporte (cuadro 2.2).

Por el momento, no se ha llegado a un acuerdo internacional para uniformar la definición y clasificar de manera homogénea los desechos industriales peligrosos, por lo que un inventario de los mismos, enfrenta numerosos problemas. Sin embargo, algunas de las definiciones que han surgido se acercan bastante a caracterizar adecuadamente lo que son los DIP. A continuación, se exponen algunas de éstas definiciones:

Por lo que se refiere a la propuesta de la legislación mexicana:

- Residuo: material generado en procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control y tratamiento, cuya calidad no permite utilizarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

- Residuo Peligroso: Residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes y radiactivas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente⁽⁴⁾.

En los Estados Unidos, se define como Desecho Peligroso, a un:

- Desecho sólido o combinación de desechos sólidos que, debido a su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas, puede:

a) Causar o contribuir significativamente a un incremento en la mortalidad o a un incremento de enfermedades serias e irreversibles o reversibles incapacitantes, o b) plantea un peligro sustancial presente o potencial a la salud humana o al medio ambiente, cuando son tratados, almacenados, transportados o eliminados de una manera incorrecta⁽⁵⁾.

En Gran Bretaña, un estudio realizado por el Comité de Ciencia y Tecnología encargado, perteneciente al Parlamento Británico, hace una distinción entre los DIP, por:

a) su peligrosidad aguda (toxicidad aguda por ingestión o inhalación, absorción a través de la piel o afecciones en la misma, por contacto en los ojos y por sus características de flammabilidad, corrosividad o explosión. b) peligrosidad ambiental

CUADRO 2.1

**ETAPAS DENTRO DE UN PROCESO INDUSTRIAL
EN LAS QUE PUEDEN GENERARSE DIP**

| ETAPAS | POSIBLES CAUSAS |
|---------------------------------------|---|
| Materia prima | <ul style="list-style-type: none"> - caducidad - deterioro durante su almacenamiento - por no utilizarse |
| Procesos de producción | <ul style="list-style-type: none"> - subproductos de reacción - desechos resultantes de operaciones unitarias (destilación, filtración, evaporación). |
| Productos finales | <ul style="list-style-type: none"> - productos rechazados - deterioro durante su transporte o almacenamiento |
| Subproductos de actividades laterales | <ul style="list-style-type: none"> - desechos de sistemas de tratamiento de gases o efluentes líquidos |

CUADRO 2.2

DIP GENERADOS POR DIVERSAS AREAS INDUSTRIALES

| PRODUCTOS | USADOS | DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS |
|---|--------|--|
| Plásticos | | Compuestos orgánicos de cloro |
| Pesticidas | | Compuestos orgánicos de cloro, compuestos orgánicos fosfatados |
| Medicamentos | | Disolventes orgánicos y residuos, metales pesados (Hg, Zn por ej) |
| Pinturas | | Metales pesados, pigmentos, solventes, residuos orgánicos |
| Aceites, gasolina y otros productos del petróleo | | Aceite, fenoles y otros compuestos orgánicos, metales pesados, amonio, sales, ácidos y alcalis |
| Metales | | Metales pesados, fluoruros, cianuros y limpiadores ácidos y alcalinos, disolventes, pigmentos, abrasivos, aceites, fenoles |
| Piel | | Metales pesados, disolventes orgánicos |
| Textiles | | Metales pesados, disolventes, tinturas, compuestos orgánicos clorados |

a largo plazo, incluyendo toxicidad crónica por exposiciones repetidas, carcinogenicidad (exposición aguda con largos periodos de latencia), resistencia a la detoxificación por procesos de biodegradación, el riesgo potencial de contaminar aguas subterráneas o superficiales o por propiedades estéticas objetables como olores ofensivos (3)".

Los desechos peligrosos, provienen, como se ha dicho anteriormente, de una sociedad de alta tecnología, de la industria, hospitales, laboratorios y de diversos niveles del gobierno; como consecuencia de esto, es obvio que encontrar una definición adecuada sobre éstos que abarque todas las fuentes de generación, tiene bastante complejidad.

Trabajando para establecer una definición adecuada de lo que incluye y caracteriza a los DIP, Estados Unidos, ha propuesto y publicado listados de los mismos.

El listado, es el método más recurrido para definir los desechos peligrosos en los países europeos y en algunas partes en los Estados Unidos.

La EPA (Environmental Protection Agency en E. U.), también ha propuesto que los DIP sean identificados mediante pruebas que determinen si éstos poseen alguna de las características de los desechos considerados como peligrosos. Si esto ocurre, el desecho en cuestión estará sujeto a regulación.

Los desechos con características peligrosas, pueden clasificarse también, de acuerdo con el "periodo de peligro" que los define, ya sea corto o largo.

Los residuos contenidos en el grupo de Periodo Corto de Peligro o Riesgo, son los que tienen como consecuencia una toxicidad en la piel, corrosividad al contacto con la piel o con los ojos; por contar con el riesgo de inflamarse o explotar.

Los residuos de Periodo Largo de Peligro o Riesgo, incluyen la toxicidad crónica ante una exposición continua; es decir, carcinogénicos; los resistentes a los procesos de desintoxicación tales como la biodegradación y que contaminan la tierra o las aguas superficiales.

Muchos residuos que no ofrecen un peligro agudo, pueden causar daño severo a largo plazo debido a sus propiedades físicas y químicas.

El periodo de peligro de un residuo, dependerá de la ruta de disposición que se elija, ya que un residuo conteniendo un contaminante tóxico puede ser peligroso solo si existe una ruta de exposición por la cual dicho contaminante pueda entrar en contacto con el ambiente.

Los DIP, han sido y son manejados por diferentes métodos,

muchos de los cuales no son siempre los más adecuados, buscando solucionar éste problema, la EPA ha propuesto 4 propiedades para caracterizar este tipo de residuos: tres características seleccionadas por esta institución en los E. U., producen efectos que causan daños inmediatos. Una cuarta propiedad, crea efectos crónicos que aparecen a largo plazo. Estas cuatro características, son: el punto de ignición, corrosividad, reactividad o explosividad y toxicidad.

2.2. CARACTERIZACION DE DIP

Se denomina (7) Residuo o Desecho Industrial Peligroso (DIP), a aquel que presenta una o más de las siguientes propiedades: Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad y Flamabilidad.

Específicamente la EPA, considera los siguientes criterios para la identificación de un residuo peligroso, sea cual fuere su fuente generadora:

1) Aquel que origina o contribuye significativamente a un incremento en la mortalidad o un incremento en daños irreversibles o incapacidad reversible.

2) Aquel que contiene una sustancia peligrosa o potencialmente peligrosa a la salud humana o al medio ambiente cuando esta es imprudentemente tratada, almacenada, transportada o dispuesta por medio de un método de disposición final inadecuado para el caso específico (8).

Existen códigos establecidos para enlistar las diferentes clases de residuos peligrosos, a continuación se describe y discute cada uno de ellos:

| | |
|---|-----|
| Residuo inflamable..... | (I) |
| Residuo corrosivo..... | (C) |
| Residuo reactivo..... | (R) |
| Residuo tóxico de acuerdo con una prueba de extracción..... | (E) |
| Residuo peligroso especial..... | (H) |
| Residuo peligroso..... | (T) |

CORROSIVO Un residuo es corrosivo, cuando en solución acuosa presenta un pH menor o igual a 2 y mayor o igual a 12.5; o bien, cuando en estado líquido es capaz de corroer materiales estándares de construcción (algunos desechos, tienen la propiedad de corroer los contenedores construidos con materiales como el acero al carbón - SAE 1020-, o segregan otra clase de desechos debido a su capacidad de disolver contaminantes tóxicos.

REACTIVO Cuando en condiciones de golpe, presión, temperatura o espontáneamente se descompone, combina o polimeriza un desecho, se dice que éste es reactivo. También se considera un desecho como reactivo, cuando éste es normalmente inestable y

se combina o transforma violentamente sin detonación, si reacciona con el agua y aire y como consecuencia de esto, forma mezclas explosivas o genera gases, vapores o humos.

EXPLOSIVO Considerando así, a aquellos más sensibles a golpes o fricción que el Dinitrobenceno; a los capaces de producir una reacción o a descomponerse con detonación o trayendo como consecuencia una explosión a una atmósfera de presión y a 23 grados centígrados.

INFLAMABLE La inflamabilidad caracteriza a un residuo, cuando en solución acuosa, contiene más de 24% de alcohol en volumen; cuando es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60 grados centígrados. Aunque no se presente en estado líquido, sea capaz de causar fuego por fricción, que absorba de manera espontánea la humedad del medio o que sufra cambios químicos espontáneos; cuando se trate de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes.

TOXICO Un desecho es tóxico cuando al ser manejado inadecuadamente, desprende tóxicos en cantidades suficientes para provocar peligros sustanciales en la salud humana o en el medio ambiente (cuadro.3) (9).

La base para hacer un listado de éste tipo de residuos, es el análisis generalizado de los constituyentes químicos de los mismos; si el residuo es manejado de manera tal que, cuando éste sea dispuesto en un sitio específico, sus constituyentes pueden emigrar de este sitio, persistan en el ambiente y, alcancen receptores ambientales que puedan ser susceptibles de daño potencial o sustancial.

De ésta manera, se han elaborado diversos listados de las fuentes generadoras no específicas y específicas de los desechos peligrosos a los cuales se les ha asignado un código de identificación.

Un listado de éste tipo, se publicó en "Hazardous Waste Management System EPA" (10).

2.3. GENERACION DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS

La inevitable generación de DIP en la producción de muchos materiales comunes (metales, pinturas, plásticos, pesticidas, textiles, fertilizantes, medicamentos, etc), surgen a finales de los 70's y hace que instituciones como la EPA, se originen como un centro de atención a la salud humana y el medio ambiente.

Los residuos son generados por casi todas las ramas de la industria moderna que requieren de un tratamiento especial. La

CUADRO 2.3
CONSTITUYENTES QUE HACEN PELIGROSO A UN RESIDUO POR SU GDO. DE
TOXICIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE
CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg POR L)
*** TNE-CRP-010 (SEDUE;1988)**

| | |
|------------------------------------|-------|
| Acrilonitrilo | 5.0 |
| Arsénico | 5.0 |
| Bario | 10.0 |
| Benceno | 0.07 |
| Bis(2-cloroetil)eter | 0.05 |
| Cadmio | 1.0 |
| Clordano | 0.08 |
| Clorobenceno | 1.4 |
| Cloroformo | 0.07 |
| Cloruro de metileno | 5.0 |
| Cloruro de vinilo | 0.05 |
| m-cresol | 10.0 |
| o-cresol | 10.0 |
| p-cresol | 10.0 |
| Cromo | 5.0 |
| 2,4-diclorobenceno | 1.4 |
| 1,2-diclorobenceno | 4.3 |
| 1,4-diclorobenceno | 10.8 |
| 1,2-dicloroetano | 0.4 |
| 1,1-dicloroetileno | 0.2 |
| 2,4-dinitrotolueno | 0.18 |
| Disulfuro de carbono | 14.4 |
| Endrin | 0.003 |
| Fenol | 14.4 |
| Heptacloro (y su epóxico) | 0.001 |
| Hexaclorobenceno | 0.18 |
| Hexaclorobutadieno | 0.72 |
| Hexacloroetano | 4.3 |
| Isobutanol | 30.0 |
| Lindano | 0.06 |
| Mercurio | 0.2 |
| Metilacetona | 7.2 |
| Metoxicloro | 1.4 |
| Nitrobenceno | 0.18 |
| Pentaclorofenol | 3.6 |
| Piridina | 5.0 |
| Plata | 5.0 |
| Plomo | 5.0 |
| Selenio | 1.0 |
| 1,1,1,2-tetracloroetano | 10.0 |
| 1,1,2,3-tetracloroetano | 1.3 |
| 2,3,4,5-tetraclorofenol | 1.3 |
| Tolueno | 14.4 |
| Toxafeno (CANFENO CLORADO TECNICO) | 0.07 |
| 1,1,1-tricloroetano | 30.0 |
| 1,1,2-tricloroetano | 1.2 |
| Tricloroetileno | 0.07 |
| 2,4,5-triclorofenol | 5.8 |
| 3,4,6-triclorofenol | 0.3 |
| 2,4,5-TP (SILVEX) | 0.14 |

industria con un alto potencial en la generación de DIF, se ubica principalmente en los ramos que a continuación se enlistan:

Química orgánica

Química inorgánica

Refinación del petróleo

Industria del hierro y el acero

Industria de metales no ferrosos

Curtiduría

Pintura y recubrimientos

Galvanoplastia y acabados metálicos

En general, el sistema de producción industrial, genera productos terminados, productos secundarios o subproductos y residuos (cuadro 2.4). Es así, que se generan residuos peligrosos debido a la utilización de materiales químicos peligrosos.

CUADRO 2.4

RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS GENERADOS
POR DIVERSOS TIPOS DE INDUSTRIA (*)

QUIMICA ORGANICA

| PROCESO O PRODUCTO | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
|--------------------|-------------------------------|---|
| Antibióticos | Disolventes no Halogenados | Butanol, acetato de butilo, acetona, etilenglicol |
| Medicamentos | Disolventes halogenados | Dicloruro de etileno |
| | Disolventes no halogenados | Acetona, tolueno, xileno, metanol, acetonitrilo |
| | Metales pesados | Zinc, arsénico, cromo, cobre, mercurio |
| Pesticidas | | Clordano |
| Acrlonitrilo | | Cianuro, acrlonitrilo |

QUIMICA INORGANICA

| PROCESO O PRODUCTO | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
|--|---|-------------------------|
| Obtención de pigmentos de Óxido de antimonio | Lodos provenientes del proceso de purificación del producto y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales como el proceso de filtración | Arsénico y antimonio |
| Dicromato de sodio y potasio | Lodos resultantes de la precipitación, filtración y centrifugación | Cromatos |
| Acido fluorhídrico | Lodos resultantes de de los reactores | Fluoruro de calcio |
| Anhídrido arsenoso | | Arsénico III |

REFINACION DEL PETROLEO

| PROCESO O PRODUCTO | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Refinación del petróleo | Lodos de separadores API | Fenoles, metales pesados, aceite |

CUADRO 2.4

RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS GENERADOS
POR DIVERSOS TIPOS DE INDUSTRIA (*)
(CONTINUACION)

| PROCESO O PRODUCTO | REFINACION DEL PETROLEO | |
|--------------------|--|------------------------------------|
| | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
| | Fondos de los tanques de crudo | Fenoles, aceite, benzo-a-pirenos |
| | Lodos remanentes de las torres de enfriamiento | Fenoles, metales pesados y aceites |

| PROCESO O PRODUCTO | IND. DEL FIERRO Y DEL ACERO | |
|-------------------------------|-------------------------------|--|
| | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
| Coque | Residuos de licor de amontaco | Fenol, cianuro |
| Hornos eléctricos | Emisiones de polvo | Plomo y otros metales pesados |
| Fundido, colado y galvanizado | Lodos | Acetate, grasa y algunos metales pesados |
| Fundición del acero | Polvos, lodos y escoria | Zn, Mg, Cr, Ni, Pb |

| PROCESO O PRODUCTO | IND. DE LOS METALES NO FERROSOS | |
|--|---------------------------------------|-------------------------|
| | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
| Fundición del Cu | Suspensiones, polvos lodos y escorias | Cu, Pb, Zn, Antimonio |
| Plomo | Suspensiones ácidas | Metales pesados, ácidos |
| Estañó primario | Escorias | Estañó, plomo, arsénico |
| Cu obtenido por refinación electrofítica | Lodos | Ni, Zn, Cu, Cr, Cd |

| PROCESO O PRODUCTO | DE LA GALVANOPLASTIA Y EL ACABADO METALICO | |
|--------------------------------|--|-------------------------|
| | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
| Limpieza por tratamiento ácido | Lodos residuales | Metales pesados |

CUADRO 2.4

RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS GENERADOS
POR DIVERSOS TIPOS DE INDUSTRIA (*)
(CONTINUACION)

DE LA GALVANOPLASTIA Y E ACABADO METALICO

| PROCESO O PRODUCTO | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
|--|--|--|
| Limpieza alcalina | Lodos residuales | Metales pesados |
| Cromado fosfatado | Lodos residuales | Metales pesados |
| Electrodeposición: Ni, Cr, Cd, Zn, Cu | Residuos misceláneos por ejemplo en ánodos | Metales pesados, aceite y grasa, cianuro y solventes |
| Acabados | Polvo metálico y disolventes de limpieza y desengrasado | Aceite y grasa, metales pesados |

DE LA CURTIDURIA

| PROCESO O PRODUCTO | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|
| Tenerías que usan cromo en sus procesos | Lodos residuales | Cr, Pb, Cu |
| Curtido de pieles | Lodos residuales | Cromo |
| Acabado de pieles | Lodos residuales finales | Solventes, cromo, zinc y plomo |

DE LA PINTURA Y LOS RECUBRIMIENTOS

| PROCESO O PRODUCTO | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
|--------------------|-------------------------------------|---|
| Pinturas de aceite | Lodos residuales | Solventes y pigmentos tóxicos |
| | Filtros del control de emisiones | Pigmentos tóxicos y cadmio. Cobre |
| | Lotes en mal estado | Químicos tóxicos, materiales inflamables |
| Pinturas vinílicas | Lodos residuales | Químicos tóxicos |
| | Lotes en mal estado | Químicos tóxicos |

CUADRO 2.4

RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS GENERADOS
EN DIVERSOS TIPOS DE INDUSTRIA (*)
(CONTINUACION)

| PROCESO O PRODUCTO | CORRIENTE RESIDUAL | CONSTITUYENTE PELIGROSO |
|--------------------|---------------------|-------------------------------|
| Recubrimientos | Lodos residuales | Solventes químicos tóxicos |
| | Lotes en mal estado | Solventes químicos tóxico |

(*) Metry, A. Amir y Colab. HANDBOOK OF HAZARDOUS
WASTE MANAGEMENT. Ed. Pergamon Press (1984).

En la figura 2.1, se ilustra el % de generación de los DIP de acuerdo a una clasificación estándar de la industria (10). En dicha figura, es apreciable el hecho de que la principal industria generadora de DIP, es la industria química (22%), seguida en importancia de la industria de los metales primarios (10 %), la del petróleo y productos metálicos (3 %) y por una variedad de la industria de la transformación. Geográficamente, los DIP tienden a concentrarse en regiones altamente industrializadas en los Estados Unidos (cuadro 2.3). Algunos de los principales estados generadores de DIP en los Estados Unidos, son: Illinois, Ohio, California, Pennsylvania, Texas, New York, Michigan, Tennessee e Indiana. En el Cuadro 2.4, se presentan los DIP generados en la industria, así como la corriente residual de la que provienen (11).

2.4. GENERACION DE DIP EN MEXICO

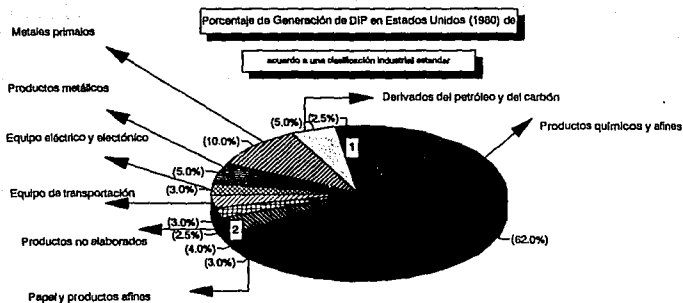
Ya que existen una diversidad de ramas de la industria que generan DIP y que existen muchas fuentes no identificadas en México, resulta difícil cuantificar y caracterizar este tipo de residuos. Sin embargo, es de primera importancia, tratar de cuantificar la cantidad generada de dichos residuos para conocer las dimensiones del problema y conducir de ésta manera a soluciones adecuadas y definitivas. Por la gran actividad que tiene, se ha considerado la industria minera como la principal generadora de los DIP en el país, y junto con ésta a la industria química, química inorgánica, la del petróleo y la ind. petroquímica, la de recubrimientos metálicos, así como la industria de plaguicidas (12).

En la figura 2.2, se muestra la distribución porcentual de los diferentes tipos de residuos industriales generados en el país y en la figura 2.3, se muestran los principales puntos de generación de residuos industriales, y por lo tanto se muestra un panorama general de la distribución de la problemática de los DIP a nivel nacional.

El principal problema que presenta la actividad minera, se debe a los grandes cantidades generadas. Durante los procesos de concentración y lixiviación, se producen corrientes residuales que contienen sustancias como metales pesados, ácidos y otros, además de que el manejo de éstos es inadecuado. En los procesos de fundición metales no ferrosos, se genera una cantidad considerable de residuos industriales peligrosos, pues aquí se involucran metales pesados como el plomo, selenio, etc.

Dentro de la industria química orgánica e inorgánica, se generan residuos tan variados entre los que se encuentran compuestos organoclorados, sulfurados, nitrados, ácidos y bases, cianuros, aminas, etc. La industria petrolera genera aceites, catalizadores agotados, bases, ácidos, etc.; mientras que la industria petroquímica es generadora de residuos como el coque,

FIGURA 2.1



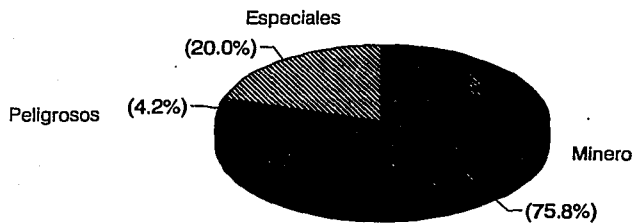
(1) Otros: productos textiles, de la madera, de la impresión, del hule y el plástico, de tenerías, de la cerámica y el vidrio, maquinaria y manufactura de varios

(2) No elaborados: servicios de agricultura, almacenamiento de sustancias químicas, transporte por ferrocarril, estaciones de servicio, reciclaje de tanques y tambores, servicios a la salud, educación o personales

CUADRO 2.5

X TOTAL DE DESECHOS PELIGROSOS EN ESTADOS UNIDOS

| X | RAMA INDUSTRIAL GENERADORA DE DIP |
|----|---|
| 00 | Química y productos aislados |
| 10 | Maquinaria (excepto eléctrica) |
| 8 | Metales primarios |
| 6 | Papel y productos afinados |
| 3 | Productos de piedra y vidrio, arcilla o barro |
| 9 | Otros |
| 4 | Productos fabricados con metales |

FIGURA 2.2**Distribución de los tipos de DIP generados en México****Total: 73 millones de toneladas por año**

ZONAS DE LA REPUBLICA MEXICANA EN LAS CUALES SE CONCENTRA
LA INDUSTRIA



sulfatos de amonio, hidrocarburos clorados, así como todos conteniendo hidrocarburos provenientes de la limpieza de los tanques, de los sistemas de tratamiento de efluentes, etc. Esta industria, genera anualmente en sus procesos de Refinación y Petroquímica, aproximadamente 1.7 millones de tons de Desechos Industriales (13% de éstos, se consideran peligrosos; semisólidos 90%, líquidos 9.7% y sólidos 0.3%. Un 87% son Desechos no peligrosos. Desechos reciclados, son el 0.1% del total, 11% susceptibles a reciclar y 89% no reciclables. En lo que respecta a la industria de los plaguicidas, se reporta que en éstas, se formulan entre 25 y 30 productos de grado técnico, produciendo alrededor de 200 mil toneladas entre líquidos, polvos y granulados. Se estima que la generación de los desechos se encuentra entre el 5 y el 10% de la producción total.

En México se han hecho estimaciones de la cantidad de residuos industriales que se generan (13). Aproximadamente al año se producen 195 millones de toneladas de desechos industriales de los cuales, 5 millones de toneladas son de DIP y desechos potencialmente peligrosos; 8.3 millones de toneladas, son de desechos industriales que requieren de un manejo específico; y los 121.3 millones de toneladas restantes, corresponden a Desechos No Peligrosos en la actividad minera fundamentalmente.

Un medio indirecto de determinar cual es la generación de los residuos industriales, es conociendo la producción de las diferentes industrias.

2.5. ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Es necesario encontrar cuanto antes, medidas que a corto, mediano y largo plazo, solucionen y prevengan el impacto de los DIP sobre la salud humana y el medio ambiente, para que de manera eficaz, segura y definitiva, se ataque la problemática que generan dichos desechos.

Algunas de las muchas opciones para atacar éste problema, son: 1.- Desarrollar y aplicar procesos industriales que no generen DIP o que se generen en cantidades mínimas, atacando de preferencia el problema en la fuente misma donde fueron generados, para evitar problemas durante las operaciones de transporte, manejo y almacenamiento. 2.- Tratamiento de DIP con distintas tecnologías para reducir su volumen o transformación a residuos con características no peligrosas o menos peligrosas. 3.- Disposición final de DIP en sitios especialmente diseñados para tal efecto.

Con referencia a la tercera opción y debido a que entre los objetivos de éste trabajo está el encontrar opciones eficaces y adecuadas para la disposición de DIP y minimización del problema, debe tenerse especial atención en no cometer los errores como los que a continuación se describen:

- La disposición "in situ". Se refiere a lo que se denomina normalmente "tiradero a cielo abierto". Esta actividad frecuentemente provoca problemas de contaminación de aguas superficiales o subterráneas, debido a los lixiviados que se pueden formar y que contienen sustancias muy peligrosas. En éstos sitios se depositan líquidos en contenedores que son enterrados o abandonados en la superficie al igual que sólidos y todos que se depositan en contenedores o a granel.

- Disposición de lodos en sitios donde los lixiviados que puedan generarse, contaminan las aguas subterráneas.

- Incineración sin control de emisión de gases tóxicos o corrosivos hacia la atmósfera.

- Descarga a ríos o alcantarillas sin conocimiento alguno del daño potencial que se causa al medio ambiente.

Las sustancias que generalmente se arrojan a los sitios mencionados, en lo que se refiere a sustancias orgánicas, son solventes aromáticos o alifáticos y los derivados halogenados. En cuanto a sustancias inorgánicas, se encuentran compuestos conteniendo metales pesados, cianuros, nitratos, sales de amonio, ácidos y bases.

2.6. DESASTRES AMBIENTALES RELACIONADOS CON DIP

El uso de métodos inadecuados para la eliminación de los desechos industriales peligrosos, ha dado lugar a episodios de intoxicación de la población expuesta accidentalmente a ellos, y que los ha llevado a contraer enfermedades y a la muerte.

De igual manera, el asentamiento de grupos humanos en la vecindad de sitios utilizados en el pasado como depósitos de DIP, ha sido también causa de percances importantes a nivel mundial.

Entre los episodios que han señalado la necesidad de normar el manejo de los residuos peligrosos o potencialmente peligrosos, se encuentran los señalados en el cuadro 2.6.

A continuación, se tratarán algunos de los más relevantes ocurridos a lo largo de la historia en diversos países.

2.6.1. ENVENENAMIENTO POR Hg EN MINAMATA, JAPON

La enfermedad conocida como de "Minamata", fue la primera que se detectó como consecuencia de la contaminación de desechos industriales de mercurio.

La empresa Chisso, instaló en la bahía de Minamata localizada al suroeste del Japón, una planta que vertió al agua desechos conteniendo cantidades significantes de Hg. Las primeras manifestaciones anómalas, se observaron cuando se encontraron peces muertos flotando sobre el agua. Años después, empezaron a

CUADRO 2.6
DESASTRES AMBIENTALES OCASIONADOS POR
RESIDUOS PELIGROSOS INDUSTRIALES

| AÑO | COMPUESTO | LUGAR | USO | DAÑOS |
|-----------|--------------------------|------------------------------|--|---|
| 1957 | Kepona | Hoopevell, Virginia en E. U. | Fabric. de insecticidas Conta. de agua y aire | Bioacumulación, anemia daño al hígado y riñón |
| 1970-1978 | Benceno | Love Canal N. Y., E. U. | Industria química | Daño al cerebro, entre otros. |
| | Tolueno tricloro etileno | | Entierro no adecuado | Anemia, parásitos en los dedos. Efectos en el aparato respiratorio y cardíaco |
| | Tetracloruro de carbono | | | Tumores en el hígado |
| | Dibromonetano | | | Irritación de la piel |
| | Benzaldehidos | | | Alergias |
| | Cloruro de metileno | | | Problemas en el aparato respiratorio y la muerte |
| | Cloroformo | | | Irritante respiratorio |
| 1970 | Dioxina (2,3,7,8 TCDD) | Times Beach, E. U. | Comb. de dioxinas y residuos líquidos (todos) de plantas de producción | Aborto espontáneo y cáncer. |
| 1970 | Cromo 6+ | Lechería Edo. de México | Prod. de Cr Uso inadecuado de escorias | Cáncer, lesiones en la piel. Documentado por EPA, E. U. |
| 1984 | Co-60 | Cd. Juárez Chih, Méx. | Medicinal, disposición equivocada. venta como chatarra | Venta de varilla, patas de mesa |

morrir perros, gatos y la población segula consumiendo las especies que ahí se capturaban.

En abril de 1955, una niña de seis años de edad, entró a al hospital de la Corporación Chisso con síntomas de daño cerebral. Cinco semanas después, ingresaba su hermana menor y cuatro personas más con los mismos síntomas. Se inició entonces una investigación y se encontraron 30 casos más con el mismo cuadro después de practicar análisis y experimentos: "la enfermedad era causada por ingerir pescado contaminado por metilmercurio". Estos síntomas, también se manifestaron en bebés cuyas madres consumieron pescado contaminado durante el embarazo, o que lo consumían durante el periodo de lactancia.

Por medio de experimentos posteriores en animales de laboratorio, se confirmó el paso del mercurio a través de la placenta y el daño en el sistema nervioso del embrión. Los niños afectados, presentaban deficiencias mentales.

Hasta 1908, se logró que la empresa dejara de arrojar sus desechos a la bahía, y en 1973 la Corporación Chisso tuvo que pagar millones de dólares en indemnizaciones.

El caso de Minamata, llevó a los ciudadanos a concluir que: "la moral hace a la contaminación criminal sólo después de un proceso legal, es la moral que causa la contaminación" (15).

2.6.2. LOVE CANAL, NEW YORK

En 1892, William T. Love, tomó la iniciativa de construir un canal navegable que conectara la parte alta y baja del río Niágara, en el norte del estado de New York en los Estados Unidos.

Por razones económicas, éstas tareas fueron interrumpidas y el terreno se utilizó como depósito de desechos municipales hasta que lo adquirió la Compañía Hooker durante la Segunda Guerra Mundial, quien a partir de 1942 lo utilizó como depósito de desechos químicos, y en especial de sustancias organocloradas.

Después de rellenar el canal con arcilla, en 1953, el terreno paso a ser propiedad de la Comisión de Educación mediante un pago simbólico de \$1.00. Dos años después, iniciaba labores una escuela que albergaba a 400 estudiantes. Como consecuencia de esto, se instalaron alrededor del sitio viviendas. Aunque la Comisión de Educación fue advertida de la presencia de sustancias tóxicas depositadas en el subsuelo, a los dueños de las viviendas no se les notificó de éste hecho. 8 años después, se iniciaron las quejas de los vecinos, y se determinó evacuar mujeres encintas y niños; asimismo, se ordenó cerrar la escuela.

Entre otros síntomas ahí reportados, se observó: alta incidencia de abortos, muerte "del sueño" infantil, malformaciones congénitas, bajo peso al nacer. En adultos, se reportó una alta incidencia de enfermedades urinarias y colapsos nerviosos diversos.

En 1978, el gobierno del presidente J. Carter, se vió obligado a invertir 30 millones de dólares para limpiar y rehabilitar el área, así como en la reubicación de los damnificados y hasta la fecha, se tienen sistemas de monitoreo permanente en el sitio del desastre.

2.6.3. CASO DE LEKKERKERK, HOLANDA

A partir de 1978, los residentes del lugar, notificaron a las autoridades que se habían detectado olores desagradables en los sótanos de sus residencias. En 1980, se iniciaron las investigaciones al respecto, y como consecuencia de esto, se ordenó la evacuación de 230 familias (870 personas), las cuales se alojaron en apartamentos cercanos o en casas móviles mientras se realizaban tareas de limpieza.

El lugar se había usado desde 1970 para enterrar barriles que contenían sustancias tóxicas. Se encontraron cerca de 5000 barriles y las investigaciones posteriores, inculparon de esto a la empresa Wijnstecker B.V., dedicada al manejo de desechos industriales.

Algunos síntomas de los individuos de la zona, fueron: mareos, dolores de cabeza, abortos espontáneos, y presencia de hidrocarburos aromáticos en la sangre de las personas expuestas. En ninguno de los casos, pudo establecerse una definitiva relación causa-efecto.

Los análisis de agua y suelo, revelaron la presencia de Etil-benceno, tolueno, xileno, ciclo-hexano, benceno, pireno, derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, alquilbencenos (Cl a ClO), perileno, metales pesados, cianuros, haluros inorgánicos y fenoles.

El gobierno demolió viviendas, se desarrollaron nuevas tecnologías, se instrumentaron normas legislativas sobre éstos aspectos; se establecieron normas, laboratorios y proyectos gubernamentales para el diseño de confinamientos para la disposición final de sustancias químicas peligrosas y la población exigió sistemas de monitoreo y vigilancia.

A partir de éste incidente, se sumaron los esfuerzos de la EPA (Environmental Protection Agency) en los E. U. y el gobierno de Holanda para el desarrollo de tecnología anticontaminante y para mejorar el "know how" para la disposición y reciclaje de sustancias químicas tóxicas. Se establecieron

varias empresas de tratamiento de desechos encontrados en los tiraderos ilegales.

2.6.4. CASO DE MEXICO

Algunos de los incidentes relevantes ocurridos en México, se describen brevemente a continuación:

En el Estado de México, en el basurero de la colonia El Caracol en Tlalnepantla, se encontraron casos de quemaduras graves en individuos que estuvieron en contacto con mezclas de DIP y en donde se desencadenó una reacción térmica.

En el año de 1992, en la delegación Alvaro Obregón de la Ciudad de México, se soltaron varios cilindros de HCL del camión que los transportaba, provocando una severa intoxicación a los vecinos del lugar.

También en el mismo año, se registraron severos daños en Guadalajara Jalisco, donde un gasoducto de PEMEX explotó por la falta de mantenimiento y por la acumulación de gas hexano que había sido descargado indebidamente en el drenaje del lugar, ocasionando graves pérdidas materiales y humanas.

Todos éstos antecedentes, han creado en las diferentes poblaciones, una gran desconfianza con respecto a la instalación dentro de su comunidad, de confinamientos o plantas de tratamiento de DIP o de instalaciones industriales de alto riesgo. Esta desconfianza se ha traducido en lo que se conoce como el Síndrome de "No en mi patio trasero" ("NOT IN MY BACK YARD SYNDROM") que ha llevado a rechazar todo tipo de operación que se lleve a cabo con desechos industriales peligrosos en la vecindad cercana a asentamientos humanos. Es así, como estudios de percepción de riesgos realizados en diversas ciudades han demostrado que la población está cada día más alerta sobre el riesgo que representa la existencia de grandes cantidades de DIP o productos químicos.

2.7. MARCO LEGAL Y LEGISLACION AMBIENTAL CON RESPECTO A LOS DIP

En tiempos recientes, ha ocurrido simultáneamente al desarrollo industrial un fenómeno de crecimiento acelerado de la población. Se pensó que con la urbanización y la industrialización, mejoraría la calidad de vida de la población, pero no se consideró los impactos que tendrían aquellos.

Actualmente, el país enfrenta el reto de proseguir con la modernización, adoptando los cambios estructurales que garanticen el crecimiento industrial y económico, así como prever los impactos que tendrá ese crecimiento sobre los recursos naturales y el ambiente.

Para responder a las nuevas necesidades sociales y al

crecimiento poblacional, se ha hecho un énfasis en la diversificación de la economía, pero se han atendido de manera eficaz y suficiente, los medios de conservación de los recursos naturales y de la protección al medio ambiente. Aunque sea la realidad, el país no debería seguir ésta tendencia, pues se generan con el desorden y el descuido, efectos adversos que ella implica sobre las condiciones de la salud, el bienestar de la población y la disponibilidad, el aprovechamiento y la calidad de los recursos humanos. La solución a éstos problemas, no se encuentra en frenar el desarrollo, sino en lograr el equilibrio aprovechando y administrando los recursos existentes y en muchas ocasiones escasos.

La eliminación del daño ecológico, tiene un costo más alto para la sociedad, que su prevención e incluso no siempre esa eliminación es posible.

La acción ecológica, no es cuestión que competa sólo a los poderes gubernamentales, sino que ella debe involucrar profundamente a la sociedad en general.

MARCO LEGAL Y LEGISLACION AMBIENTAL MUNDIAL SOBRE DESECHOS PELIGROSOS INDUSTRIALES

A nivel mundial, la legislación sobre desechos peligrosos juega un papel muy importante.

Teniendo químicos presentes en diversas industrias y a nivel doméstico, tanto en países industrializados como en los que se encuentran en vías de desarrollo, es necesario contar con planes de control, prevención y minimización de los efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente.

Las precauciones, legislaciones y procedimientos administrativos, pueden diferir de manera significativa de país a país.

En épocas recientes, instituciones tales como la Comunidad Económica Europea (EEC), el Consejo Europeo de Asistencia (CMEA) y otras muchas, han ayudado a armonizar la acción legislativa a través de las fronteras. Sin embargo, en muchos países puede existir un considerable traslape entre varios actos y responsabilidades legislativas, y también una significativa comunicación entre ellos.

Otros organismos que relacionan su trabajo con la legislación sobre prevención, minimización y control de los efectos adversos a la salud y el medio ambiente, se enlistan a continuación:

ADR Convenio Europeo para el transporte internacional de mercancía peligrosa por carretera

IUPAC Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
 RID Regulaciones Internacionales para el Transporte de
 Mercancía peligrosa por ferrocarril
 IEPTC Registro Internacional de Químicos Potencialmente
 Peligrosos

Actualmente, muchos países han introducido una legislación especial referente a los desechos químicos tóxicos. Las autoridades locales, generalmente se han hecho responsables de la aplicación de éstas regulaciones.

Numerosos gobiernos tienen también convenios internacionales de comercio, descarga y eliminación de desechos peligrosos en ecosistemas marinos.

El manejo de desechos no es necesariamente parte de la planeación de procesos de licencia para empresas químicas; sin embargo, las regulaciones pueden indicar cuales sustancias y procesos en la industria química pueden considerarse como generadores de desechos que deben ser manejados por separado y con un cuidado especial.

Algunos países requieren un reporte anual de las empresas que tienen actividades con desechos especiales, incluyendo información específica sobre sus cantidades y composiciones. En otros, la recolección, almacenamiento, tratamiento y eliminación de desechos peligrosos, pueden ser llevados a cabo sólo con la autorización de las empresas. Las licencias pueden contener restricciones con respecto a las cantidades que son permitidas para el manejo anualmente y se requiere llevar registro de cada operación.

Pocos países fomentan el intercambio de desechos entre industrias como un medio para la utilización de éstos. Este método, no puede ser aplicado de manera general, ya que ciertos desechos tendrán variados riesgos para ser usados.

2.7.1. LEGISLACION AMBIENTAL

La legislación ambiental, es un conjunto de normas jurídicas que regulan conductas humanas que interfieren o que pueden interferir relevantemente en los procesos de interacción que tienen lugar entre los sistemas de organismos vivos y el medio ambiente, mediante la generación de efectos adversos que modifiquen significativamente las condiciones de existencia de los organismos.

Mediante una división cronológica, puede dividirse la Legislación Ambiental como sigue:

- a) Internacional

III

| | | |
|-------------|-----------|--|
| Francia | 1010-1814 | -Decreto sobre instalaciones damnificadas |
| | 1917 | -Ley sobre las instalaciones damnificadas (vigente) |
| Suecia | 1972 | -Declaración de Estocolmo. (13) |
| b) Nacional | | |
| México | 1917 | -Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos |
| | 1971 | -Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental (10). |
| | 1981 | -Protección al ambiente y a los recursos naturales (11) |
| | 1982 | -Ley Federal para la Protección del Medio Ambiente (12) |
| | 1984 | -Ley General de la Salud (17) |
| | 1987 | -Ecología. 100 Acciones Necesarias (18) |
| | 1988 | -Ley General del Equilibrio |

Ecológico y la
 Protección al
 Medio Ambiente (19)

En el cuadro 2.7 (21), se muestra una relación a nivel mundial del material existente sobre Legislación Ambiental. A continuación las legislaciones que se consideran más significativas relacionadas con el tema.

2.7.1.1. CHECOSLOVAQUIA

Dentro de la ley de éste país sobre DIP, se declara que en las instalaciones que sirven a las empresas para la recolección de desechos sólidos y líquidos, y todos los métodos usados en la eliminación de los mismos, deben corresponder a los estándares de control ambiental a fin de evitar la contaminación de agua, aire y suelo.

2.7.1.2. FRANCIA

La ley que regula lo referente a los DIP, es la llamada de Eliminación de Desechos y Recuperación de Materiales a través del Ministerio del Medio Ambiente. En ella se declara que los residuos deben ser dispuestos de acuerdo a lo establecido por la misma. Esto debe ser una vía para prevenir efectos adversos a la salud humana y al medio ambiente.

La Ley, establece que "cualquiera que produzca o retenga residuos, y genere adversos a la salud y el medio ambiente, deberá asegurarse de que el método de eliminación a utilizar, se encuentre bajo las condiciones adecuadas para evitar los efectos".

Ciertas categorías de residuos, pueden ser transportadas, tratadas y eliminados solamente por operadores calificados.

La Agencia Nacional para la Recuperación y Eliminación de Desechos, es responsable de facilitar programas de recuperación y eliminación o disposición de los DIP.

2.7.1.3. REPUBLICA FEDERAL ALEMANA

La ley que regula los DIP, es la llamada Ley de Eliminación de Desechos a través del Ministerio Federal del Interior. Esta ley, contiene las medidas para asegurar la

CUADRO 2.7

RELACION SOBRE LEGISLACIONES QUE REGULAN DESECHOS QUIMICOS Y
TEXTOS LEGALES MAS SIGNIFICATIVOS A NIVEL MUNDIAL

| PAIS | TEXTOS LEGALES EXISTENTES | CONTROL DE DESECHOS QUIMICOS |
|---------------------------|--|---|
| Bélgica | Moniteur Belge-Belgisch Staatsblad | SI |
| Checoslovaquia | Stbiska Zakonu, Ceskoslovenska | SI |
| Dinamarca | Lovtidende for Kongeriget Danmark | SI |
| Finlandia | Suomen asetuskokoelma- Finlands författningssamling | SI |
| Francia | Journal officiel de la République française | SI |
| Rep. Democrata Alemana | Gesetzblatt der Deutschen Demokratischen Republik | SI |
| Rep. Federal Alemana | Bundesgesetzblatt | SI |
| Grecia | Ephemeris tes Kryberneseos | Hay un centro especializado en el tratamiento de desechos tóxicos y peligrosos (Marina) |
| Hungría | Magyar Közlöny | SI |
| Islandia | Stjórnartíðindi | SI |
| Irlanda | | SI |
| Italia | Gazzetta Ufficiale della Rep. Italiana | Los desechos son regulados por la Ley No. 300, que habla sobre la recolección, transporte y disposición de desechos. |
| Luxemburgo | Journal Officiel du Grand- Duché de Luxembourg | SI |
| Malta | Subsidiary Legislation for | SI |

CUADRO 2.7

RELACION SOBRE LEGISLACIONES QUE REGULAN DESECHOS QUIMICOS Y
TEXTOS LEGALES MAS SIGNIFICATIVOS A NIVEL MUNDIAL
(CONTINUACION)

| PAIS | TEXTOS LEGALES EXISTENTES | CONTROL DE DESECHOS QUIMICOS |
|----------------|--|------------------------------|
| Holanda | Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden Nederlandse staatscourant | SI |
| Noruega | Norsk Lovtidend | SI |
| Polonia | Dziennik Ustaw Polskiej Rzeczypospolitej Lodowej | SI |
| Portugal | Diario de Governo | SI |
| España | Boletín Oficial del Estado; Gaceta de Madrid | SI |
| Suecia | | SI |
| Inglaterra | | SI |
| Yugoslavia | Narodne Novine and Sluzbeni list Socijalisticko Federativne Republike Jugoslavije | SI |
| Estados Unidos | EPA (Office of Water and Waste Management), Washington RCRA | SI |
| Japón | Environmental Laws and Regulations in Japan. Environment Agency of Japan | SI |
| México | Ley General de la Salud. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente en Materia de Residuos peligrosos. Ley General del Equilibrio Ecológico y el Medio Ambiente. Gaceta Ecológica. | SI |
| Brasil | Legislação Básica. Secretaria Especial do Meio Ambiente | SI |
| China | The Environmental Protection Law of The People's Rep. of China | SI |

disposición y eliminación de los desechos. La disposición de residuos, es responsabilidad de las autoridades locales. El transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición de desechos, requiere de la aprobación, y puede ser solamente obtenida por una licencia. Los registros deben ser archivados. Los operadores de ciertas instalaciones industriales, tienen la obligación de notificar a las autoridades de los residuos generados durante la operación.

2.7.1.4. HUNGRÍA

En éste país, se controla la producción y disposición de los desechos peligrosos, tóxicos o infecciosos. Dentro de la legislación de Hungría, se cuenta con un listado de DIP.

Las Estaciones Sanitarias y Epidemiológicas, se encargan de hacer muestreos y de practicar pruebas físicas, químicas, toxicológicas, y patogénicas. Todos éstos análisis, sirven como base para cuantificar y calificar los desechos.

2.7.1.5. ESPAÑA

La ley concerniente a los DIP, es la Ley de Desechos Urbanos y Residuos Sólidos. En ésta, se publican regulaciones que implican una obligación en los generadores de desechos tóxicos o peligrosos provista por la autoridad local con información completa en el origen, cantidad y características de los DIP. En el país se ha establecido un registro de transportistas que se dedican al manejo de éste tipo de residuos.

Los desechos pasan por plantas de neutralización antes de su disposición final.

2.7.1.6. SUECIA

Las normas que regulan lo referente a la generación y manejo de los DIP, se encuentra dentro del Reglamento de Desechos Peligrosos al Medio Ambiente, a través del Consejo Nacional de Protección al Medio Ambiente. Por medio de ésta autoridad, se instrumentó dentro de las normas, la Ley de Productos Peligrosos para la Salud y el Medio Ambiente. Aquí se estipula que ciertos tipos de desecho, pueden ser transportados, exportados y finalmente dispuestos o eliminados por compañías o personas autorizadas.

Dentro de los desechos calificados como

peligrosos en la legislación sueca, se encuentran: los desechos del petróleo, solventes, pinturas, pegamentos y lacas, desechos concentrados ácidos y alcalinos, desechos provenientes de operaciones de fotografía conteniendo plata o zinc, desechos conteniendo Hg, cianuros, PCBs o pesticidas, entre otros.

De cualquier operación que involucre DIF, deben existir reportes anuales, donde se exponga la naturaleza, composición, cantidad generada y tratamiento aplicado al desecho.

2.7.1.7. INGLATERRA

La recolección de desechos domésticos y comerciales, es responsabilidad de los Distritos en Inglaterra y Wales.

Muchos desechos industriales, son manejados por empresas privadas, teniendo la licencia y presentando registros de los monitoreos adecuados.

La ley de Salud de 1930, dió poderes a las autoridades locales en Inglaterra y Wales, con respecto a los desechos domésticos pero no sobre desechos industriales.

Se trata de que no se incurra en riesgos para los trabajadores o por la población en la disposición de desechos.

En Inglaterra, existen normas que regulan la descarga de desechos en las aguas del noreste del Atlántico (incluyendo la costa del Reino Unido). Toda descarga, debe ser autorizada por las autoridades nacionales. Ciertas sustancias químicas muy peligrosas no pueden ser descargadas en el mar, y debe tenerse especial cuidado en ellos.

2.7.1.8. CHINA

La Ley de Protección del Medio Ambiente del Pueblo de la Rep. de China, dictamina que la descarga de desperdicios y residuos de desechos dentro de cuerpos de agua, está prohibida. La descarga de desechos debe hacerse de acuerdo a las normas establecidas por el estado.

Las embarcaciones tienen prohibido descargar sustancias conteniendo petróleo o veneno, y otros desechos dañinos dentro de cuerpos de agua protegidos por la ley del país. También queda absolutamente prohibido, descargar DIF a cuerpos de agua vía pozos de absorción, aberturas de lava o por métodos de dilución. Debe evitarse la filtración de agua sucia industrial, para asegurar que el agua del subsuelo no se

contaminación. Deben tomarse medidas para proteger las fuentes de agua potable de la contaminación y perfeccionar gradualmente el sistema de tubería para la descarga de desechos y dar servicio de purificación y neutralización de desechos.

Dentro de la legislación de China, se propone fomentar el uso de métodos biológicos para prevenir y controlar; además, se propone utilizar racionalmente las aguas residuales debidamente tratadas para usarlas en procesos de irrigación y para prevenir la contaminación del suelo y de las cosechas.

2.7.1.9. ESTADOS UNIDOS

En los Estados Unidos, la principal autoridad que se dedica a regular todo lo referente a los DIP, es la Environmental Protection Agency (EPA), que trata toda práctica que involucre desechos peligrosos y cualquier otro tipo de desechos desde su "Cuna y hasta su Tumba"; es decir, que deberán regular los desechos desde la fuente generadora, hasta su etapa de eliminación o disposición. Cada estado, está encargado de crear su propio programa, siguiendo con las normas establecidas por la EPA. Si el programa cumple con los requisitos necesarios, recibirá la aprobación. Cuando un estado no cuente con la tecnología ni los recursos para crear su propio programa, o éste no haya sido aprobado, la EPA estará obligada a llevar un programa específico para dicho estado. Las principales medidas para el control de los desechos peligrosos de la RCRA (Resource Conservation and Recovery Act), son:

- 1) dar una definición de lo que se considera como un desecho industrial peligroso (DIP).
- 2) proponer un sistema manifiesto para seguir la huella de los desechos peligrosos desde la fuente generadora y hasta su etapa final de eliminación o de disposición.
- 3) contar con reglas para los transportadores y generadores de DIP.
- 4) contar con requerimientos para otorgar permisos a instalaciones de tratamiento, almacenamiento o eliminación de desechos peligrosos.
- 5) contar con los requerimientos para el programa de desechos peligrosos de cada estado.

Las regulaciones para cumplir con la RCRA, son publicadas en el Código de Regulaciones Federales. El programa de cada estado, empieza a ser efectivo 6 meses después de la promulgación de las regulaciones sobre identificación y listado de los DIP. Dentro de ésta legislación un desecho se define como peligroso, si representa un riesgo potencial o sustancial para la salud y el medio ambiente, y que cuenta con una ó más de las siguientes características: Ignitabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad. Además de contarse dentro del material legal, un listado de las fuentes generadoras de desechos

especiales y específicos.

Cualquier persona que se dedique a operar con DIP, debe notificar a la EPA de sus operaciones. Después de recibir ésta notificación, EPA expide un No. de identificación. Cualquiera que transporte, almacene, trate o disponga DIP, debe notificar sus actividades en un lapso de 90 días después de la promulgación de las Regulaciones de Identificación, de no hacerlo así, no puede iniciar o continuar las operaciones hasta que se le asigne un No. de identificación de la EPA. La notificación debe ser registrada por el Administrador Regional de la EPA.

Dentro del RCRA, la EPA puede requerir a las partes responsables, la limpieza de un sitio de disposición final de DIP que represente un peligro "inminente y sustancial" para la salud o el medio ambiente.

EPA, se apoya en otras autoridades para responder de manera inmediata a los problemas con desechos peligrosos.

A principios de 1980, la legislación sobre DIP en 40 estados en E.U., incluía por lo menos una autoridad parcial para control de desechos peligrosos; muchos de éstos estados, están sustituyendo a sus autoridades por otras mejores, y algunos de ellos están en proceso de planear una legislación específica sobre desechos peligrosos.

Un generador de DIP, debe determinar: Si el material es un desecho sólido; si el desecho o cualquier constituyente de éste, está incluido en el listado de DIP; si el desecho o cualquier constituyente tiene alguna de las características de los desechos peligrosos.

EPA, ha determinado límites inferiores de generación para ciertos desechos agudamente peligrosos. Los pequeños generadores, deben dirigirse directamente a la autoridad, para que mediante una revisión de las leyes, pueda establecerse si cabe la exención a sus desechos.

Ciertos desechos, no están sujetos a control en el RCRA, pero pueden estar regulados por otras leyes. Entre éstos desechos, se incluyen: los desechos domésticos, de aguas residuales industriales, desechos nucleares (bajo la Ley de Energía Atómica), los desechos agrícolas retornados al suelo como fertilizantes o acondicionadores del suelo y otros.

Después que el generador determina si el desecho entra en la categoría de DIP, como ya se dijo, necesita un No. de identificación otorgado por la EPA. Si el desecho va a ser acumulado por más de 90 días, requerirá de un permiso especial. Deben usarse contenedores apropiados y marcar e identificar adecuadamente éstos para su embarque. El generador, además debe

preparar un manifiesto para el monitoreo de los DIP y asegurarse a través de un sistema manifiesto que el desecho llegue al lugar indicado.

El generador, finalmente, deberá contar con un sumario anual de actividades.

El manifiesto que debe preparar un generador, debe contener información como la que sigue: nombre y dirección del generador, nombre de los transportistas, nombre y dirección del individuo autorizado e indicado para recibir el desecho, No. de identificación de la EPA, descripción exacta del desecho, cantidad del desecho manejada, No. de contenedores incluidos en el embarque, certificado de que el desecho ha sido clasificado, marcado y empaquetado de acuerdo con las regulaciones del DOT y EPA.

Los generadores que acumulan sus desechos dentro de sus propias instalaciones por más de 90 días, son considerados "almacén" de desechos y requieren de un permiso especial. La fecha en la que el proceso de acumulación se inició, debe estar bien especificada en cada contenedor.

De igual manera, el transportista de DIP, debe contar con un manifiesto (Forma de Envío) para realizar todos los movimientos de los desechos embarcados fuera del sitio de tratamiento, almacenamiento o eliminación.

Deben guardarse registros de todo envío y reportarlos a las autoridades correspondientes. El transportista, una vez que haya entregado la cantidad intacta del desecho, deberá conservar una copia del manifiesto por un periodo de 3 años, y cumplirá con las regulaciones del DOT, correspondientes a descargas y derrames. Por si alguno de los embarques sufre un percance y ocurre un derrame o fuga durante la transportación, deberá contarse con un sistema de limpieza para evitar daños mayores al sitio donde ocurra el accidente.

Si el envío es por tren o por agua, el manifiesto no necesita acompañar al residuo. Sin embargo, deberá contarse con un documento de envío que debe contener toda la información del manifiesto, excepto los Nos. de identificación de la EPA, la certificación del generador y las firmas correspondientes. En cualquier otro tipo de transporte, el manifiesto debe acompañar todo el tiempo al desecho.

Otro elemento importante, es el hecho de que los estados no pueden imponer requerimientos que interfieran en el movimiento libre de los desechos peligrosos a través de las fronteras estatales.

Existen instalaciones que no requieren permiso para tener actividades con DIP. Las características que deben tener las instalaciones para considerarse exentas de

permiso, son:

- Generadores que acumulen DIP dentro de su propiedad menos de 90 días
- Oranjeros que dispongan desechos peligrosos de pesticidas para uso propio
- Propietarios u operadores de instalaciones de tratamiento, almacenamiento o de sitios de eliminación o disposición final de ciertos desechos peligrosos exentos de la regulación.

2.7.1.10. JAPON

La Ley de Disposición de Desechos Peligrosos y la Ley poblacional de desechos, se promulgaron con el propósito de preservar la vida en el medio ambiente y proteger la salud de la población a través de disposiciones adecuadas sobre desechos, además de mantener limpio el medio ambiente.

De acuerdo con la legislación del Japón sobre desechos, se define como tal: cualquier desperdicio, cenizas, lodos de tratamiento, excrementos humanos, desechos del petróleo, desechos ácidos y alcalinos, restos de animales muertos, materiales innecesarios que pueden estar en estado sólido o líquido (aquí se excluyen los desechos radioactivos o aquellos contaminados por la radiactividad).

Los desechos industriales, abarcan los resultantes de las actividades de empresas, cenizas, lodos de tratamiento, desperdicios del petróleo, desechos ácidos y alcalinos, plásticos y otros.

Los llamados municipios, pueden disponer los desechos industriales junto con los desechos domésticos y dentro de sus territorios.

Las "prefecturas", están autorizadas para deshacerse de sus residuos industriales cuando lo consideren necesario.

Cada gobernador, creará un plan de eliminación o disposición final de desechos para el área que le concierna. Este plan, debe contener un listado de los sitios de tratamiento de DIP, los que se dedican al transporte de éstos, y otros aspectos fundamentales dentro del manejo de desechos peligrosos.

Los empresarios que manejen instalaciones dedicadas al transporte o eliminación de DIP por sí mismos, deben cumplir con las normas correspondientes. Si se trata de desechos industriales descargados al mar, se seguirán las normas contenidas en la Ley de Prevención de la Contaminación Marina y Desastres Marinos.

El empresario almacenará sus desechos, hasta que se decida como se dispondrá de ellos, evitando obstaculizar la conservación del medio ambiente, siguiendo lo estipulado en el Reglamento del Ministerio de Salud y Bienestar. Si no se cumplen todas estas normas, el gobernador está autorizado para pedir al empresario que modifique las actividades que causan efectos adversos, y proveerá de los recursos necesarios.

Si el empresario cuenta con instalaciones de comercio para la eliminación o disposición final de desechos industriales, deberá nombrar a una persona que se encargará del sitio; o en ausencia de ésta persona, el empresario será el encargado.

Estos sitios de comercio, incluyen:

- 1) sitios especificados por Ordenamiento Ministerial, donde se producen desechos especificados por el mismo. Aquí se contemplan materiales potencialmente nocivos para la salud como el Cd y otros.

- 2) lugares equipados con una planta de eliminación de desechos industriales (planta de tratamiento de desechos plásticos).

Los gobernadores y municipios, deberán hacerse cargo de los gastos incurridos por las instalaciones de disposición de desechos industriales o de recolección, transporte y manejo de los mismos, de acuerdo con el Ordenamiento Ministerial.

Aquel que desee realizar actividades con DIP, deberá requerir un permiso al gobernador del área donde se encuentre la instalación. La autoridad, no otorgará permisos, cuando considere que la operación y mantenimiento, o bien, la estructura de la planta es de alto riesgo, y que no cumple con las normas técnicas específicas. El gobernador está autorizado para ordenar a la persona responsable de las actividades peligrosas, que mejore o suspenda las operaciones por un cierto periodo o permanentemente.

Quedará totalmente prohibido:

- 1) descarga de desechos (excluyendo los desechos industriales especificados en las leyes correspondientes) en el mar y en zonas especiales indicadas.
- 2) descarga de desechos domésticos a sistemas de drenaje, ríos, canales, lagunas, pantanos y otros cuerpos de agua usados para satisfacer las necesidades de la población en áreas restringidas por la ley.

Dentro de la Legislación Japonesa sobre DIP, se consideran "Plantas de Tratamiento de desechos", las que a continuación se enlistan:

- 1) Plantas de deshidratación de lodos (capacidad de tratamiento de 10 exp 8 o más por día).
- 2) Plantas de secado de lodos (capacidad de

tratamiento de 10 exp 3 o más por día.

3) Plantas de incineración de lodos (excluyendo derivados PCB).

4) Plantas de separación de petróleo de desechos del petróleo (capacidad de tratamiento de 10 exp 3 o más por día. Aquí se excluyen las plantas de tratamiento de desechos del petróleo de la Ley de Prevención de Contaminación Marina.

5) Plantas de incineración de desechos del petróleo (excluyendo desechos de PCB), con capacidad de tratamiento por día de 1 m exp 3 o más (se excluyen aquí las plantas de tratamiento de desechos de petróleo de la Ley de Prevención de la Contaminación Marina).

6) Plantas de neutralización de desechos ácidos y alcalinos con capacidad de tratamiento de 50 m exp 3 o más por día.

7) Plantas de molinada de desechos plásticos de las cuales la capacidad de tratamiento es de 5 toneladas o más por día.

8) Plantas de incineración de desechos plásticos (excluyendo sustancias de PCB contaminadas) donde la capacidad de tratamiento es de 0.1 toneladas o más por día.

9) Plantas de solidificado de cemento.

10) Plantas de calcinación de lodos que contengan compuestos de Hg.

11) Plantas de descomposición de compuestos de CN- contenidos en el lodo, así como de desechos del petróleo o alcalis.

12) Plantas de incineración de desechos del PCB contaminados o sustancias de PCB tratadas.

2.7.1.11. DECLARACION DE ESTOCOLMO

La histórica declaración de Estocolmo sobre el medio ambiente, ratificada por la conferencia de las Naciones Unidas, generó una preocupación generalizada por el mundo, sobre los recursos de la Tierra que constantemente se ven amenazados. Dentro de la declaración, se expresa la necesidad de adoptar una perspectiva y principios comunes para inspirar y guiar a los gobiernos del mundo en la preservación y mejoramiento del medio.

Un resultado de tal acontecimiento, fue el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), con el objetivo de que se pudiera fomentar la cooperación y coordinación entre los gobiernos y los organismos internacionales en lo que respecta a la protección y mejoramiento del medio ambiente.

Entre los participantes activos en los proyectos de mejoramiento y protección del medio ambiente a nivel internacional, se puede mencionar como elemento principal el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA):

conjuntamente con éste, trabaja la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) por lo que se refiere a la higiene laboral; también se incluye el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) en lo que se refiere a la evaluación de los efectos carcinogénicos de los productos químicos; Cabe mencionar también, el Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (RIPART) y al Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA), donde muchos organismos internacionales y nacionales unen sus esfuerzos para vigilar la aparición de compuestos químicos peligrosos en el medio ambiente.

2.7.2. LEGISLACION AMBIENTAL EN MEXICO

Si se consideran todas las fuentes generadoras de desechos en México, se producen diariamente mil toneladas de desechos sólidos municipales y 370 mil toneladas de desechos industriales.

Actualmente se recolectan sólo 75% de la basura urbana producida, quedando dispersas aproximadamente 18 mil toneladas de basura diariamente. De las cantidades recolectadas, sólo 10 mil toneladas son dispuestas adecuadamente en rellenos sanitarios controlados. Las 23 mil restantes, se dejan a cielo abierto.

Para el control de los desechos municipales, se encuentran operando en el país 34 Rellenos Sanitarios legalizados que cubren las necesidades de sólo el 21% de la población.

El control de los Desechos Sólidos Industriales, representa igualmente una prioridad de atención. De las 370 mil toneladas que diariamente se generan, 18 mil corresponden a materiales que cuentan con características peligrosas. Tan sólo la industria química, libera mensualmente al mercado más de 3 mil nuevos productos; por ésta razón, la clasificación de los desechos sólidos es cada día más complicada. La explotación minera, genera más del 90% de los desechos a nivel nacional. Este material residual, representa 120 millones de toneladas anuales. La industria petrolera en sus procesos de Refinación y Petroquímica, generan anualmente 1.7 millones de toneladas de desechos. De éste volumen, corresponden a desperdicios semisólidos el 90.15%, el 9.0% a los líquidos y a los sólidos el 0.25%. Este material peligroso el 18% del total. Los desechos que se reciclan, representan tan sólo el 0.1% como ya se había visto anteriormente. Se estima entonces, que el 11%, son susceptibles de ser reutilizados.

El deterioro ecológico que ha sufrido el territorio nacional, se debe principalmente a dos fenómenos; en primer lugar, al desarrollo industrial y en segundo lugar al acelerado crecimiento demográfico. Este desorden, ha llevado al gobierno a

tomar medidas de protección y mejoramiento ambiental (figura 2.4).

Por todo esto, en el año de 1971, ante la magnitud de la problemática, se promulgó la primera ley sobre este tema, la cual se tituló Ley Federal de Protección al Medio Ambiente; ésta, tuvo como objetivo, el controlar y prevenir la contaminación. En 1972, se creó la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente dentro de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). Para 1978, se formó la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental.

En 1982, se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), como un reconocimiento a la relevancia del problema en México. Así, conjuntamente al Plan Nacional de Desarrollo, se crea el Programa Nacional de Ecología, y se hacen reformas a la Ley Federal de Protección al Medio Ambiente, fundándose simultáneamente la Comisión Nacional de Ecología.

Para 1987, se integraron las 100 Acciones (1987-1988) al ámbito de la Comisión Nacional de Ecología para hacer frente a los principales desequilibrios ecológicos en forma coordinada con los estados y municipios y de acuerdo con la sociedad. En el mismo año, se hacen reformas a los artículos 27 y 29 de la Constitución. Posteriormente, al año siguiente (1988), se deroga la ley existente y se emite la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente que hasta la fecha, es la que se encuentra vigente aunque se le han hecho algunas reformas.

Esta ley, establece las bases de la Política Ecológica Nacional y pone a disposición de quien lo necesite, no sólo instrumentos específicos para su ejecución, sino también, instrumentos más generales de desarrollo. Entre los primeros, se encuentran: el Ordenamiento Ecológico, la Evaluación del Impacto Ambiental y las Normas Técnicas Ecológicas. Entre los segundos, se pueden enlistar: la Planeación, la Regulación de las Actividades Productivas y de Servicios, los Estímulos Fiscales y los Financiamientos.

La acción ecológica, no puede ser preocupación solamente de los poderes gubernamentales, sino que ella debe involucrar profundamente a la sociedad.

Dentro de las obligaciones de ésta ley, está la de vigilar y dar información sobre la evolución del equilibrio ecológico y de la protección del medio ambiente en todo el país. En la primera se establece que periódicamente debe elaborarse un informe sobre el estado del medio ambiente a nivel nacional. Para lo segundo, se prevé un sistema de visitas de inspección.

Aunque ésta ley pone especial atención en los mecanismos preventivos, no excluye el perfeccionamiento de los mecanismos correctivos que son indispensables para mantener el equilibrio ecológico. Es por esto que se destinan dentro de ésta, preceptos a las sanciones administrativas y penales a aplicarse en

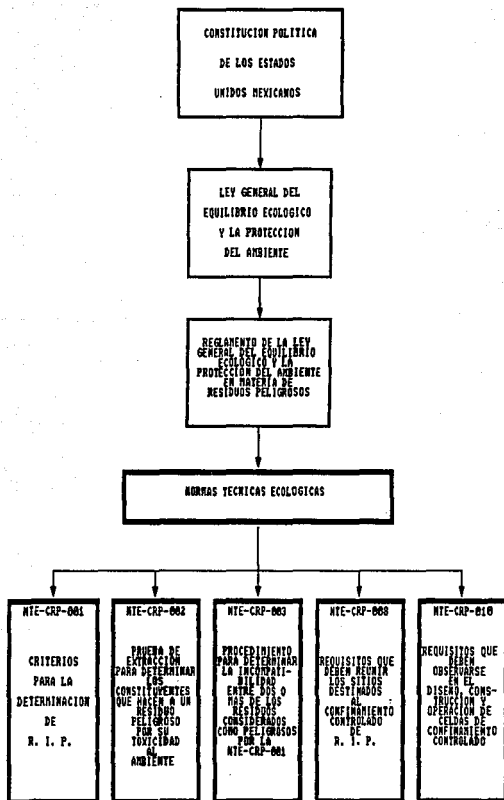


Fig. 2.4 LEGISLACION AMBIENTAL EN MEXICO EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

los casos en los que no se cumpla con lo establecido dentro de la misma.

La Ley se compone de seis Títulos: el primero, está destinado a establecer las disposiciones generales, el segundo regula las áreas naturales protegidas, el tercero se refiere al aprovechamiento racional de los elementos naturales, el cuarto a la protección del medio ambiente, el quinto a la participación social y el sexto a las medidas de control, seguridad y sanciones.

El título primero, se integra por 5 capítulos, el primero de ellos se refiere a las normas preliminares, establece el carácter reglamentario, precisa su objeto y sus conceptos fundamentales. El segundo define el sistema de concurrencia entre los tres niveles de gobierno para los propósitos de la ley. El tercero, especifica las atribuciones de la antigua SEDUE (ahora SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social).

En los capítulos 4o. y 5o., se definen los principios de la política ecológica para asegurar su adecuada aplicación, se precisan instrumentos específicos para su ejecución y se vinculan con otros instrumentos y decisiones de la estrategia de desarrollo que tienen un impacto considerable en el equilibrio ecológico y el medio ambiente.

En el Título Segundo, considerando lo establecido en la fracción V del Artículo 115 Constitucional, señala que las áreas naturales del territorio nacional, podrán ser materia de protección como reserva ecológica, relacionada en el Artículo 4o. bajo categorías diversas.

El Título Tercero, comprende la regulación sobre el aprovechamiento racional de los elementos naturales, siguiendo el contenido de los conceptos que define la Constitución Política. Dentro de éste título, se integran los capítulos concernientes al aprovechamiento racional del agua y los ecosistemas acuáticos, del suelo y sus recursos, así como los efectos de la explotación y exploración de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico.

En el Título Cuarto, se establece la protección del ambiente al igual que el Art. 79o. Constitucional en su fracción XXIX-A. El capítulo primero, se refiere a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera. El 2o., se refiere a la prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos; el 3o., a la prevención y control de la contaminación de los suelos y el 4o., se refiere a las Actividades consideradas como Riesgosas. El capítulo 5o., está orientado a regular el manejo de los Materiales y Residuos Peligrosos.

Se incorporan a la legislación, restricciones sobre el manejo de todo tipo de materiales y residuos peligrosos para evitar los efectos adversos que en el bienestar de la población y el equilibrio ecológico traerá como consecuencia su uso

indiscriminado o su manejo inadecuado. Dentro de el capítulo 50, se contempla con especial atención, la importación y exportación de éstos materiales o residuos considerando dentro de la ley, los avances logrados en éste tema desde la firma del acuerdo entre México y los Estados Unidos de América, para la protección de la zona fronteriza y evitar los efectos adversos que ahí pudieran originarse por un mal comercio de éstos. Por lo que se refiere a los movimientos de exportación de éstos, se precisa también que no procederá en cualquier caso, sin autorización del país receptor.

El Capítulo 60., se refiere a energía nuclear y el Capítulo 70., contiene la regulación correspondiente a la contaminación por ruido, vibración, energía térmica, luminosa y olores.

El Título 50., tiene el propósito de establecer una relación participativa de la sociedad en las acciones ecológicas, en conjunción con las dependencias del gobierno encargadas de llevarlas a cabo. En los artículos 157 a 159, se regula la participación mediante particulares.

El Título 60., se refiere a las medidas de Control y de Seguridad, así como a las sanciones que se imputan. Se establece además, que en los actos de inspección, vigilancia, ejecución de medidas de seguridad, imposición de sanciones, procedimientos y recursos administrativos, se deberá proceder de acuerdo a lo establecido en ésta ley.

En 1992, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), pasó a ser la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), en ésta nueva dependencia, la problemática ambiental es atendida y desde aquí, se coordinan todas las actividades que realizan en pro del medio ambiente, las demás dependencias repartidas en el resto del territorio nacional.

Algunas de las autoridades reconocidas en cuestiones ambientales, son:

GOBIERNO FEDERAL

Por conducto de la Secretaría, evalúa el impacto ambiental a que se refiere el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al medio ambiente, particularmente en el caso de Instalaciones de tratamiento, confinamiento controlado o eliminación de DIP, así como de Desechos Radioactivos.

Cuando las descargas, derrames o infiltraciones contengan materiales peligrosos o DIP, debe contarse con la autorización previa de la Secretaría (Art. 129).

LA SECRETARIA

La Secretaría competente en cuestiones ambientales,

es la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), que en el año de 1992, como ya se dijo, cambió de nombre al de Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). A ésta Secretaría, compete:

1. Determinar y publicar en el Diario Oficial de la Federación, los listados de los Desechos considerados como peligrosos, así como las actualizaciones.

2. Expedir NTE y procedimientos para el manejo de DIP, con la participación de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, Minas e Industria Parastatal y la de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

3. Controlar el manejo de DIP generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización y de servicios.

4. Autorizar la instalación y operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de DIP.

5. Evaluar impactos ambientales de proyectos sobre instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de DIP y resolver su autorización.

6. Autorizar al generador y a las empresas de los servicios de manejo, para cualquiera de las operaciones de manejo de DIP.

7. Autorizar importaciones y exportaciones de DIP sin perjuicios de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes.

8. Expedir los instructivos, formatos y manuales necesarios para el cumplimiento del Reglamento.

9. Fomentar y coadyuvar el establecimiento de plantas de tratamiento a que hace referencia el Reglamento y de sus líneas de comercialización, así como de empresas que establezcan plantas de reciclaje de DIP generados en el país.

10. Autorizar la construcción y operación de instalaciones para el tratamiento, confinamiento o eliminación de desechos.

11. Mantener un sistema de información actualizado sobre generación y manejo de DIP.

12. Fomentar que asociaciones y colegios profesionales, cámaras industriales y de comercio y otros organismos afines, promuevan actividades de capacitación en materia de los Desechos Industriales Peligrosos.

13. Promover la participación social en el control de DIP.

14. Fomentar en el sector productivo y promover ante las autoridades competentes el desarrollo de actividades y procesos que coadyuvan a un manejo seguro de DIP.

Estas atribuciones, deben ejercerse sin perjudicar las disposiciones aplicables en materia de salud, sanidad, fitopecuaria y de aguas.

Propone al Ejecutivo Federal, las disposiciones que regulen actividades relacionadas con materiales o desechos peligrosos en coordinación con la Secretaría de Salud.

DIRECCION GENERAL DE NORMATIVIDAD

Esta Dirección, integra los listados de los materiales peligrosos así como los de los Desechos Peligrosos con una previa opinión de las dependencias competentes de la Administración de la Población.

Por medio de ésta, se otorga con las restricciones que procedan, las autorizaciones para la recolección, almacenamiento, transporte y alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración (eliminación) y disposición final de los Desechos Industriales Peligrosos.

Además, formula criterios y Normas Técnicas Ecológicas (competencia de la Secretaría) que deben observarse en relación con actividades, materiales y desechos peligrosos industriales. Esta dirección, además de realizar todo lo anteriormente descrito, autoriza el movimiento Transfronterizo de materiales y desechos peligrosos.

UNIDAD DE VERIFICACION

Esta, verifica el cumplimiento de los programas aprobados para la prevención de accidentes en actividades riesgosas o en el manejo de materiales y residuos peligrosos.

DIRECCION GENERAL DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL

Formula las Normas Técnicas Ecológicas que se determinen para obras, instalaciones, procesos, equipos y dispositivos de uso obligatorio en las fuentes emisoras de contaminantes para evitar la generación de polvos, humos, gases, ruido, energías lumínica y térmica, vibraciones, olores, residuos en general, materiales peligrosos, aguas residuales y demás contaminantes. Además, determina características y especificaciones de las técnicas de tratamiento y disposición final a que deben sujetarse los desechos sólidos municipales y los desechos industriales.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA

Es un Organó desconcentrado de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDESOL). Propone al Ejecutivo Federal, por orden de la Sría, las disposiciones que regulen las actividades relacionadas con el manejo de materiales y Desechos Industriales Peligrosos, en coordinación con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que correspondan.

En cuestión de documentos publicados relacionados con el tema, están:

- ACRESIPE Acuerdo por el que se dan a conocer los

formatos con los que la industria nacional debe declarar el volumen generado de DIP.

Este acuerdo, se publicó dentro de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Medio Ambiente. Fue expedido el 9 de Mayo de 1989. En él, se publican los siguientes documentos:

a) El Manifiesto para las empresas Generadoras de Desechos Peligrosos.

b) El Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de los Desechos Peligrosos.

c) El Reporte Semestral de los Desechos Peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento, incineración y confinamiento.

d) El Reporte Semestral de los Desechos Peligrosos recibidos para el reciclaje o tratamiento.

e) El Reporte Mensual de los Desechos Peligrosos confinados en sitios de disposición final o de eliminación de los desechos.

- NTECRPO1 Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-001-88, que establece los criterios para la determinación de los DIP y el listado de los mismos.

Este, fue publicado en la Ley anterior, y se expidió en Junio de 1988.

Aquí se describe la manera de caracterizar éste tipo de desechos, así como los constituyentes que los hacen peligrosos por su toxicidad.

- NTECRPO3 Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-003-88, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos desechos considerados como peligrosos por la NTE-CRP-001-88. Fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, expedido el 14 de Diciembre de 1988.

- NTECRPO8 Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-008-88, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al Confinamiento Controlado de DIP, a excepción de los desechos radioactivos. Este, fue expedido el 6 de Junio de 1988 y publicado dentro de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Medio Ambiente.

- NTECRPO9 Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-009-88, que establece los requisitos para el Diseño y Construcción de las Obras complementarias de un Confinamiento Controlado para DIP. Este fue expedido el 8 de

Septiembre de 1980.

La NTE-CRP-009-80, es de observancia obligatoria para todo generador de DIP determinados como tales en la NTE-CRP-001-80, así como para las empresas que presten servicios relacionados con la eliminación y las actividades de disposición final de los mismos.

- NTECRP10 Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-010-80, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de Confinamiento Controlado para DIP determinados como tales en la NTE-CRP-001-80, expedido el 14 de Diciembre de 1980.

- REDESIDP Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Medio Ambiente en Materia de los Desechos Industriales Peligrosos. Fue expedido el 25 de Noviembre de 1980.

Rige todo el territorio nacional y zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Tiene por objeto reglamentar la Ley General de Equilibrio Ecológico y de la Protección al Medio Ambiente en lo que se refiere a los Desechos Industriales Peligrosos.

CAPITULO III

3. MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS

El concepto de "Manejo" de DIP, involucra todas las actividades de su almacenamiento, recolección y transporte, tratamiento, eliminación y disposición final (figura 3.1).

El "Almacenamiento", se refiere al mantenimiento de los residuos en la fuente generadora; ya sea en contenedores, sacos, a granel, en tambores, etc (dependiendo del estado físico en que se encuentren).

Las actividades de "Recolección" y "Transporte", consisten en recolectar y trasladar los DIP en vehículos y con equipo adecuado, a las Plantas de Tratamiento o hacia sitios de Disposición Final y Eliminación.

En México, todas estas actividades las comenzó a regular la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Sin embargo, ya que todo el campo de los Desechos Industriales Peligrosos está apenas siendo explorado, existen actualmente muy pocas compañías que se dedican a proporcionar todos éstos servicios. Por otra parte, en el país, no existen Plantas de Tratamiento completamente establecidas, si bien, sólo existen algunos proyectos por parte de empresas privadas y del gobierno. Por todo esto, los desechos son transportados sólo a sitios destinados para su Disposición Final la mayoría de las veces. Tales sitios, en pocos casos cumplen con los requisitos establecidos en las normas de control y seguridad, mientras que en otros casos, son tiraderos clandestinos que representan una amenaza latente al ser humano y al medio ambiente (cuadro 3.1)(22).

Los métodos para Tratar los Desechos Industriales Peligrosos, son diversos procesos mediante los cuales los mismos serán transformados en sustancias inertes, para posteriormente poderles asignar una vía de Disposición Final o de Eliminación de los mismos. Los Métodos de Tratamiento de DIP, se basa en la naturaleza del proceso. Así pues, se tienen cuatro tipos diferentes (figura 3.2): Físico, químico, biológico y térmico.

Cada uno de ellos, utiliza tecnologías diferentes. Sin embargo, frecuentemente, se hacen combinaciones de éstas para dar un tratamiento adecuado y específico a cada tipo de DIP.

En algunos casos, con un tratamiento los desechos no pueden ser destruidos, reusados o transformados en especies inertes o menos peligrosas; entonces, después de que han sido tratados, es necesario enviarlos tomando todas las precauciones, a un sitio destinado para su eliminación o disposición final.

En éste capítulo, se describirán cada uno de las variantes de tratamiento de DIP.

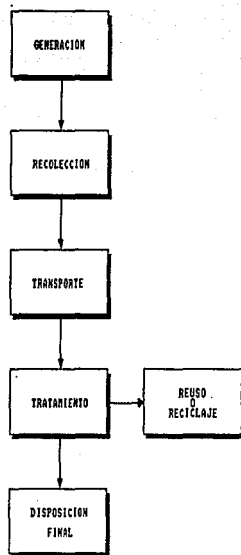


Fig. 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MANEJO DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS

CUADRO 3.1

**CLASIFICACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION
FINAL DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS**

ALTERNATIVAS

TRATAMIENTO

DISPOSICION FINAL

Solidificación

Incineración

Reducción de Volumen
(Incineración)

Pirólisis

Segregación de desechos
(Separación de componentes)

Confinamiento Controlado

Degradación o destrucción

Tratamiento agroquímico
(Eparciento sobre el
suelo)

Tratamiento de Lodos

Inyección en pozos
profundos

Inmovilización

Composto

Recuperación de materiales

Lanzamiento al mar

Quando se haya seleccionado un tratamiento para un tipo específico de DIP, éste deberá ser evaluado de acuerdo con las características físicoquímicas del mismo, su calidad, cantidad, costo de inversión del método seleccionado, posibilidades de reuso, etc.

La acción de depositar permanentemente a los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños a la salud humana y el medio ambiente, se conoce como: Disposición Final de los desechos.

Esta actividad, es una de las que causa mayor polémica en la sociedad. Si bien, no es una acción ampliamente recomendada, es la más recurrida en los países en vías de desarrollo que todavía no cuentan con los recursos y la infraestructura necesaria para dar a los DIP un tratamiento adecuado para obtener ventajas variadas. Además, como ya se ha dicho, no a todo DIP, puede aplicársele un método de tratamiento obteniendo resultados positivos.

Muchas veces, ésta actividad, se realiza en lugares inadecuados y clandestinos; éste tipo de acciones son las que se deben evitar.

En México, como se recurre a éste tipo de manejo de DIP, se tiene una estricta vigilancia y control sobre la elección y planeación de los sitios destinados para la Disposición Final.

La selección de las tecnologías para el manejo de los Desechos Industriales Peligrosos, estará en función de:

- El tipo de Residuo; esto es, se deberá tener una caracterización completa de los componentes del desecho.
- La forma o el estado físico del desecho. Ya sea que se encuentren en estado sólido, semisólido (lodos) o como líquidos.
- Cantidad generada. Se refiere a la cantidad de desechos que requieren de tratamiento.
- Recursos disponibles para la inversión. Dentro de éstos, están los costos de operación (cuando ya se cuenta con la infraestructura necesaria), los costos de inversión (si no se cuenta con ésta infraestructura), así como los costos del mantenimiento del método seleccionado. Además, deberá tenerse conocimiento del personal capacitado con el que se cuenta para atacar el problema.
- Marco Legal. Cualquiera que sea la tecnología seleccionada, deberá estar de acuerdo a los requisitos establecidos por la ley.

En nuestro país, aunque no se cuentan con plantas de tratamiento completamente establecidas, se prevé que a mediano y corto plazo, empezarán a instalarse en el territorio nacional plantas que presen éstos servicios, y como consecuencia de ésto, además de generarse empleos, se comenzará a planear la legislación que contemple éste tipo de actividad.

Se encuentran también deficiencias inherentes a los procesos de tratamiento. Es decir, los procesos de Tratamiento Biológico, son ineficientes cuando la corriente de desechos es muy variable en

composición y concentración, o cuando las corrientes contienen del 1 al 3% de contenido en sales. Además, los procesos biológicos requieren de grandes áreas para su desarrollo.

Así también, la eficiencia de remover líquidos y gases peligrosos de corrientes de desecho mediante adsorción con carbón activado, es altamente dependiente del pH. Similarmenete, los procesos básicos de remoción de sólidos disueltos (intercambio iónico, ósmosis inversa, diálisis), están sujetos a problemas operacionales cuando se utilizan para tratar salmueras heterogéneas.

Con lo anterior, se pretende enfatizar que la selección de la tecnología o tecnologías de tratamiento más adecuadas, dependerá básicamente de la caracterización de los desechos.

Existen dos posibilidades para el tratamiento de los desechos industriales peligrosos; una, es tratarlos "in situ", la otra, es recurrir a empresas fuera de las instalaciones generadoras que se dediquen a prestar éste tipo de servicios.

Cuando el tratamiento se planea "in situ", debe considerarse:

- El grado de control que se desea sobre los DIP.
- Los recursos disponibles tanto técnicos como físicos.
- Los recursos económicos con los que se cuenta.
- La historia tanto de los residuos como del lugar y los alrededores.

Si se quiere recurrir a las empresas que prestan servicios de tratamiento, y que se encuentran fuera de la instalación generadora, debe considerarse:

- La carencia o disponibilidad de los recursos físicos, técnicos y económicos.
- Que el tratamiento requerido sea misión de la firma seleccionada.
- Que la historia del lugar, de los alrededores de la planta del tratamiento y de los residuos, sea conocida.

Después de que se han definido los límites donde se llevará a cabo el tratamiento, deben determinarse los límites de aceptabilidad de la compañía específica y para cada una de las corrientes del desecho.

Generalmente, el grupo de ingenieros encargados, proporcionan un análisis detallado de los pros y contras técnicos para cada tipo de tratamiento, así como de coleccionar las regulaciones asociadas a la selección hecha. Basándose en ésta información, el grupo legal y la compañía pueden decidir sobre los riesgos que se tengan y sobre si los costos son aceptables para la firma. Se determina además, el punto final (Disposición Final o

Eliminación) al que debe recurrirse para cada corriente del residuo. Generalmente, los puntos más recurridos en lo que se refiere a puntos finales, independientemente del tipo de residuo, son:

- * Destrucción del Residuo Peligroso con aislamiento de los sobrantes (es decir, cenizas o lodos).
- * Reducción del Residuo Peligroso, seguida del aislamiento los sobrantes.
- * Aislamiento de los desechos, lo cual generalmente significa Disposición Final en terrenos abiertos o inyección en Pozos Profundos.

3.1. TRATAMIENTO DE DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS

En la figura 3.2, se muestra un resumen de los diversos tipos de tratamiento para el caso de los Desechos Industriales Peligrosos.

Algunos de los procesos, son considerados como de Detoxificación. Dentro de éstos, pueden considerarse a los Térmicos, a los Químicos y a los Biológicos (cuadro 3.2).

3.1.1. TRATAMIENTO FISICO

El tratamiento físico, son todos los procesos que, a través de concentración y/o cambio de fase, alteran los constituyentes del Desecho a una forma más conveniente para su procesamiento nuevo o para su disposición final. Se considera tratamiento físico, por ejemplo, toda operación de molienda. Muchos procesos que generan residuos peligrosos heterogéneos como lo son: guantes de trabajo, tambores vacíos (metálicos, plásticos, etc) recubiertos con partículas químicas residuales u otros contenedores, pueden optar por la molienda de éstos para reducir su volumen y de ésta manera, facilitar las actividades de disposición final y eliminación, o bien, para disminuir el tamaño de las partículas y por consiguiente, obtener un área de contacto mayor para que se lleven a cabo las reacciones químicas que sobre ellas se verifiquen. En el cuadro 3.3, se reportan las variaciones existentes de tratamiento físico de DIP.

Los separadores líquido-sólido, incluyen equipo entre el que están los Sedimentadores, Clarificadores, Unidades de Flotación o Filtros. En algunos de los casos, como resultado de usar estos equipos, se generan residuos (como pudieran ser lodos en la unidad de flotación de gas en una refinería, los cuales son reportados como peligrosos. El lodo de tales unidades, son generalmente procesados por un equipo de secado mecánico (como filtros de vacío, centrífugas), de manera que se facilite su manejo en un incinerador o en un sitio destinado para su disposición final.

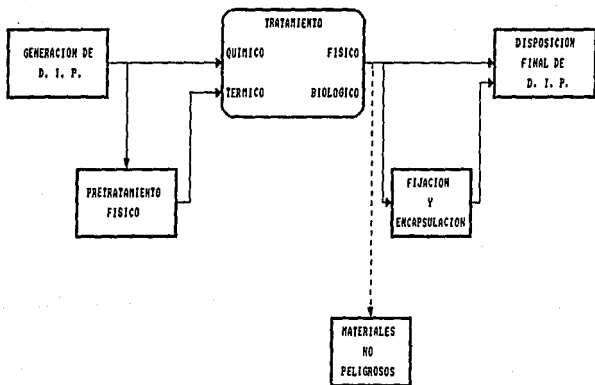


Fig. 3.2 CLASIFICACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE D.I.P.
SIGUN LA NATURALEZA DEL PROCESO

CUADRO 3.2

METODOS DE DETOXIFICACION

PROCESOS

INCLUYEN

Térmicos

Incineración

Pirólisis

Químicos

Intercambio de iones

Neutralización

Oxidación

Reducción

Biológicos

Lodos activados

Filtro biológico

Lagunas aeradas

Lagunas de
estabilización

CUADRO 3.3

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO FISICO PARA DIP

| TECNOLOGIAS | DESCRIPCION DEL PROCESO O EQUIPO | OBSERVACIONES |
|-------------------------------------|---|---|
| Separación magnética | Utiliza equipo de separación mediante imanes | Uso limitado |
| Separación mediante Cribas o Mallas | Separa materiales de gran tamaño | Bajo costo |
| Compactación | Disminuye el volumen del material sólido | Bajo costo |
| Sedimentación | Se utiliza para la separación de fases líquido-sólido | Mantiene los sólidos sedimentables solamente |
| Filtración | Remueve el exceso de humedad y de sólidos y semisólidos | |
| Centrifugación | Remueve el exceso de humedad y de sólidos y semisólidos | |
| Flotación | Remueve el exceso de humedad y de sólidos y semisólidos | |
| Destilación | Utiliza columnas empacadas o de platos | Se usa principalmente para purificar disolventes |
| Evaporación | Se realiza mediante una etapa o por multietapas, etc. | Al igual que en la destilación el resultante debe disponerse cuidadosamente |
| Arrastre por vapor | Se realiza en columnas empacadas o de platos, a las cuales se les inyecta gas de arrastre | Se limita a actuar con componentes volátiles. Se usa en emisiones |

CUADRO 3.3

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO FISICO PARA DIP
(CONTINUACION)

| TECNOLOGIAS | DESCRIPCION DEL PROCESO O EQUIPO | OBSERVACIONES |
|---------------------------------|---|--|
| Absorción | Se utilizan columnas empacadas y un Disolvente adecuado | Se usa generalmente para el control de emisiones. Debe tenerse mucho cuidado al disponer el disolvente gastado |
| Extracción mediante disolventes | Puede ser Líquido-Líquido o sólido-líquido | Se usa para extraer por ejemplo: metales contenidos en solución. Debe disponerse con cuidado el disolvente gastado |
| Adsorción | Se lleva a cabo en lechos o columnas empacadas (por ej., carbón activado) | Puede tratar desechos orgánicos o inorgánicos (como metales pesados) |
| Ultrafiltración | Procesos que usan membranas. El equipo es común para tratar otros materiales que no sean venenosos | Tecnología costosa |
| Osmosis inversa | Procesos que usan membranas. El equipo es del tipo común para tratar otros materiales que no sean venenosos | Tecnología costosa |
| Diálisis | Procesos que usan membranas. El equipo es del tipo común para tratar otros materiales que no | Tecnología costosa |

CUADRO 3.3

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO FISICO PARA DIP
(CONTINUACION)
DESCRIPCION DEL
PROCESO O EQUIPO

TECNOLOGIAS

OBSERVACIONES

| TECNOLOGIAS | DESCRIPCION DEL PROCESO O EQUIPO | OBSERVACIONES |
|------------------------------------|--|---|
| Absorción | Se utilizan columnas empacadas y un Disolvente adecuado | Se usa generalmente para el control de emisiones. Debe tenerse mucho cuidado al disponer el disolvente gastado |
| Extracción mediante disolventes | Puede ser: Líquido- líquido o sólido- líquido | Se usa para extraer por por ejemplo: metales contenidos en solución. Debe disponerse con cuidado el disolvente gastado |
| Adsorción | Se lleva a cabo en lechos o columnas empacadas (por ej., carbón activado) | Puede tratar desechos orgánicos e inorgánicos (como metales pesados) |
| Ultrafiltración | Procesos que usan membranas. El equipo es común para tratar otros materiales que no sean venenosos | Tecnología costosa |
| Osmosis inversa | Procesos que usan membranas. El equipo es del tipo común para tratar otros materiales que no sean venenosos | Tecnología costosa |
| Diálisis | Procesos que usan membranas. El equipo es del tipo común para tratar otros materiales que no | Tecnología costosa |

CUADRO 3.3

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO FISICO PARA DIF
 (CONTINUACION)
 DESCRIPCION DEL
 PROCESO O EQUIPO

OBSERVACIONES

| TECNOLOGIAS | DESCRIPCION DEL PROCESO O EQUIPO | OBSERVACIONES |
|-----------------|---|--------------------|
| | sean venenosos | |
| Electrodiálisis | Son procesos que usan membranas. El equipo es del tipo común para tratar otros materiales que no sean venenosos | Tecnología costosa |
| Cristalización | Se usa para soluciones | Tecnología costosa |
| Encapsulación | Se usa una cápsula para confinar el desecho | Tecnología costosa |

La mayoría de los procesos de equilibrio vapor-líquido, tienen alguna aplicación sobre los residuos peligrosos. Los procesos de Destilación y Evaporación, pueden ser utilizados para dividir una corriente de alimentación en dos o más, una que será la que contenga la mayor cantidad de contaminantes.

El Agotamiento o "Stripping" mediante vapor o aire, es aplicable a corrientes contaminantes con trazas de constituyentes. En particular, se ha utilizado con éxito el Agotamiento con aire para remover trazas de disolventes volátiles contenidos en una corriente de agua subterránea contaminada.

Los sistemas de Adsorción, son generalmente empleados para el manejo de residuos peligrosos. Este proceso, frecuentemente se emplea conjuntamente con otro proceso de tratamiento, especialmente para controlar las emisiones de vapor residual.

Los sistemas de extracción líquido-líquido, sólido-líquido, son ampliamente usados para tratar éste tipo de residuos. Actualmente se encuentra en fase experimental, la extracción mediante fluidos supercríticos aplicado al tratamiento de los mismos.

Los procesos que utilizan membranas como la Ultrafiltración, el proceso de Osmosis Inversa, Diálisis, etc, tienen numerosas aplicaciones con respecto a los residuos; sin embargo, para su tratamiento, resultan ser tecnologías muy costosas.

También existen procesos de Congelamiento (23) entre los que se encuentran la cristalización y la Suspensión por Congelamiento. Estas tecnologías son muy especializadas y ya que los desechos peligrosos son muy diversos, su aplicación comercial, es mínima.

3.1.2. TRATAMIENTO QUIMICO

En éste grupo, se contemplan los procesos en los cuales los constituyentes peligrosos son alterados por medio de reacciones químicas. En muchos casos, esto equivale a la destrucción total del peligro.

En casos excepcionales, el producto o productos resultantes de la aplicación del tratamiento químico, pueden ser todavía más peligrosos, aunque tendrán de cualquier forma, una condición más conveniente para someterlos a un nuevo tratamiento o para trasladarlos a un sitio destinado a su Disposición Final.

Debido a que las reacciones químicas involucran reactivos y condiciones específicas, éstos procesos son

usualmente usados cuando sólo una sustancia es la que se requiere tratar, o la corriente a tratar, consiste en un grupo de sustancias con características químicas similares. Cuando el tratamiento químico se aplica a residuos con composición mixta, pueden originarse interferencias entre las reacciones y tenerse como resultado reacciones secundarias, baja reactividad debida a impurezas y presencia de compuestos que impedirán la reacción, de tal forma que por todo esto, no se alcancen los objetivos deseados.

Las tecnologías de tratamiento químico que se utilizan comercialmente, se enlistan en el cuadro 3.4.

Entre éstas, se encuentra la Neutralización (utilizada generalmente en aguas residuales). La Precipitación, usada generalmente junto con procesos de neutralización. Varios procesos de Oxido-Reducción, se utilizan para tratar los desechos peligrosos, aunque existen algunas desventajas del método (algunas ocasiones, las reacciones suelen ser incompletas si no se llevan a cabo bajo condiciones específicas; además, los productos resultantes de las reacciones de Oxido-reducción, pueden tener también propiedades peligrosas). Algunos oxidantes químicos que se utilizan, son el Cloruro de Hierro, el peróxido de hidrógeno, el ozono y el permanganato de potasio.

Los procesos de radiación, también son utilizados para provocar reacciones químicas. Entre las radiaciones utilizadas, están la ultravioleta y los rayos gamma.

3.1.3. TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Técnicamente, es un tratamiento químico, pero clasificado separadamente a causa de su propagada aplicación en el tratamiento de desechos acuosos tanto peligrosos como de no peligrosos mediante el uso de bacterias, algas, hongos y otros microorganismos que estabilizan, absorben, alteran o destruyen los componentes orgánicos tóxicos.

Hay numerosos sistemas biológicos que han sido utilizados comercialmente para el tratamiento de los residuos, que pueden ser:

- Aeróbicos
- Anaeróbicos
- Facultativos (combinación de los dos primeros)

Las limitaciones de éste método, incluyen sensibilidad a cambios en la concentración de la corriente de desechos, una elevada concentración de sales metálicas, cambios en el pH y desprendimiento de malos olores. Generalmente los lodos producidos en éste método, requieren de un tratamiento posterior.

CUADRO 34

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO QUIMICO PARA DIP

| TECNOLOGIAS | DESCRIPCION DEL PROCESO O EQUIPO | OBSERVACIONES |
|-------------------------------|---|--|
| Neutralización | Se realiza en tanques de mezclado mediante la adición de ácidos o bases | Proceso muy usado. Generalmente hay generación de calor |
| Precipitación | Es una adición química cuyo fin es el de obtener sólidos insolubles | Se usa mucho para remover metales pesados |
| Reacciones de Oxido-Reducción | Se lleva a cabo en tanques de mezclado | Las reacciones secundarias pueden producir también desechos peligrosos |
| Procesos electroquímicos | Se usa corriente directa y aparatos de blindaje | Las impurezas presentes pueden transformar el proceso |

Las industrias en donde se aplica principalmente el Tratamiento biológico, incluyen: la de Refinación y Extracción del Petróleo, la del Papel, la Textil y la Farmacéutica. En el cuadro 3.3, se reportan las diversas tecnologías que pertenecen a éste grupo.

3.1.4. TRATAMIENTO TERMICO

En éste grupo, se incluyen todos los procesos que utilizan altas temperaturas como principal mecanismo de destrucción de desechos peligrosos (obviamente, éste tipo de operación incluye también una reacción química). Como ejemplo de éstos procesos, está la Incineración y la Pirólisis. Cuadro 3.4.

Cualquier equipo controlado para quemar, desde una caldera hasta un arco plasma, es muy factible para utilizarse en la destrucción de residuos peligrosos si tiene un buen diseño y funcionamiento que vaya de acuerdo con los requerimientos legales. Los incineradores que se están destinando a la destrucción de residuos, comprenden desde una unidad sencilla de inyección de líquidos, hasta una planta completa de incineración.

3.1.5. OTROS

Entre otros procesos de tratamiento, podemos encontrar el de Fijación y el de Encapsulación, que consisten en reducir los peligros de los desechos por inmovilización de los mismos.

A continuación, se describirán las características, ventajas y desventajas de las tecnologías de Tratamiento Eliminación y Disposición Final de los DIP que son más usados y con los que se obtienen resultados considerablemente positivos.

3.2. PRINCIPALES TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DIP

En nuestro país, la Determinación del Método de Tratamiento a usar, debe seguir las siguientes especificaciones generales:

- Debe seguir los lineamientos y normas marcadas por SEDUE (Ahora SEDESOL).
- El tipo de generación de los desechos así como la naturaleza de la fuente generadora.
- El tipo de residuo (Caracterización Físicoquímica).
- Las facilidades para la adquisición del equipo para el tratamiento.
- Hacer un estudio de mercado en el sitio donde se realizará el tratamiento.

CUADRO 3.5

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA DIP

| TECNOLOGIAS | DESCRIPCION DEL PROCESO O EQUIPO | OBSERVACIONES |
|---------------------------|---|---|
| Lodos Activados | Es un proceso que usa una masa activa de microorganismos (biomasa) que es capaz de degradar sustancias biodegradables en forma aeróbica | SÓlo se usa para sustancias biodegradables o que pueden ser bioadsorbibles |
| Composteo | El proceso involucra una oxidación biológica. Se puede llevar a cabo mediante dos métodos: en tierra o en un reactor | Los productos resultantes se pueden usar como mejoradores del suelo |
| Lagunas de Estabilización | Proceso parecido al de Lodos Activados. Se lleva a cabo de manera anaeróbica | |
| a) Digestores | Proceso en el que se degrada la materia orgánica a metano y dióxido de carbono en un medio carente de oxígeno. | Se usa para compuestos como: fenol, ácido fólico, propanal y propilenglicol, etc. |
| b) Biocontactadores | El contactador tiene una serie de discos de poliestireno, cloruro de vinilo u otro material similar. Estos discos se sumergen parcialmente en los desechos y entonces se les adhiere una biomasa de 2 a 4 mm de espesor | Se aplica a desechos orgánicos diluidos |

CUADRO 3.6

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO TERMICO PARA DIP

| TECNOLOGIAS | DESCRIPCION DEL PROCESO O EQUIPO | OBSERVACIONES |
|----------------------------------|---|---|
| Incineración | | |
| a) Lecho fluidizado | El Incinerador es una cámara de material refractario con una cama de material inerte (generalmente arena) | Se usa para desechos sólidos orgánicos de cierto diámetro, lodos y líquidos |
| b) Hogar múltiple | Consta de una serie de quemadores. La temp. de operación va de 1400-1800 gdos. F. | No se puede usar para desechos que se fundan a la temp. de operación |
| c) Horno Rotatorio | Usa un horno rotatorio que consiste en: un sistema de alimentación, un posquemador y una unidad de control de contaminación de aire | Se usa para toda clase de desechos sólidos, líquidos y semisólidos |
| d) Inyección Líquida | El incinerador consiste de una cámara de combustión refractaria y una serie de atomizadores | Se usa para tratar desechos que pueden ser atomizados (por ej., líquidos, pesticidas, etc.) |
| Pirólisis | Es un proceso en el cual el nivel de oxígeno que se requiere es menor al estequiométrico | Se usa para desechos que tienen alto contenido calorífico |
| Arco de Plasma | El proceso se lleva a una temp. superior a los 3000 gdos. F. | La eficiencia del sistema varía de 75 a 90% |
| Oxidación con aire húmedo | Es un proceso que se lleva a cabo a elevadas presiones y altas temp. | Se usa para tratar compuestos orgánicos como: sulfuros, CN-, etc. |

- Registro de las características del lugar destinado al tratamiento: a) Factores Geohidrológicos, b) Hidrología superficial, c) Factores Ecológicos, d) Factores Climáticos (Precipitación pluvial, vientos, clima y humedad), e) Crecimientos de los Centros de Población y f) Factores Sísmicos.
- Área necesaria para el tratamiento.

De las alternativas disponibles de Disposición Final y Eliminación de los DIF, la más importante y fundamental es la de Relleno Industrial.

Sin embargo, si se opta por el uso de alternativas como la de Incineración o Pirólisis, se necesitará también de un sitio para depositar los desechos resultantes del proceso térmico (ejemplo, cenizas).

A algunos de los desechos peligrosos que se dispondrán en sitios de relleno, necesitan forzosamente de un proceso de tratamiento previo, deben ser procesados o preparados de alguna manera antes de llegar a su "tumba", a fin de reducir los efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente.

3.2.1. EQUIPO EMPLEADO EN EL MANEJO INTERNO DE LOS DESECHOS

El tipo de equipo que deberá emplearse para el manejo interno de desechos, será recomendado por el responsable del proyecto, tomando en cuenta el tipo de Residuo y la cantidad del residuo por manejar. Dicho equipo, deberá ser el más adecuado, de tal manera que no presente riesgo alguno para los operarios. Además, se tomará en cuenta el almacenamiento y recolección internos de los desechos. El equipo recomendado, deberá ser aprobado por la autoridad legal-local correspondiente y por la SEDESOL, con base a las normas y lineamientos que ésta establezca.

3.2.2. INSTALACIONES REQUERIDAS PARA EL TRATAMIENTO

El responsable del proyecto, deberá tomar en cuenta que el tratamiento de los residuos, requerirá de contar con las siguientes instalaciones, de acuerdo con la capacidad económica de los beneficiados y con el tonelaje de desechos a tratar:

- un edificio con espacio necesario para satisfacer las necesidades administrativas, de contabilidad, de personal, comedores y todas aquellas instalaciones necesarias para que el personal pueda desarrollar su actividad diaria en condiciones óptimas.

- un estacionamiento para empleados y visitantes de las instalaciones
- un lugar de encierro para el equipo móvil

requerido durante las actividades normales de la planta

- un taller de mantenimiento preventivo del equipo mecánico, incluyendo un almacén de refacciones
- área de maniobras y abastecimiento de combustible.
- una caseta de vigilancia.
- una báscula de piso con capacidad adecuada y localizada a la entrada de las instalaciones.

- Área de laboratorio.
- una cerca perimetral para las instalaciones.
- Área de almacenamiento interno de desechos,

tomando en cuenta la incompatibilidad que en un momento dado se pueda presentar. En el cuadro 3.7, se presenta la incompatibilidad de desechos por su naturaleza química (24).

3.2.3. SELECCION DEL SITIO PARA LA INSTALACION DE TRATAMIENTO

En general, la localización del sitio para la instalación de tratamiento, deberá contar con las condiciones mínimas de higiene ambiental, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, topográficas, vegetacionales, de los vientos reinantes y dominantes, así como de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, además de cumplir con los requisitos marcados por la secretaría correspondiente (SEDESOL), para todo tipo de instalación industrial de tratamiento de los desechos.

El sitio deberá estar relativamente alejado de todo asentamiento industrial y humano, aunque no deberá caer en el extremo ya que a mayor distancia entre asentamiento industrial y la instalación de tratamiento, mayor será el costo de transporte de los desechos.

En caso de que no exista ninguno, debe ser construido. Si existen pero están en malas condiciones, deberán ser mejorados y/o reparados, ya que una simple vía de acceso inadecuada, puede hacer que disminuya la eficiencia del tratamiento y del equipo de transporte externo de los desechos o residuos.

Deben colocarse letreros restrictivos en donde sea más conveniente. Se contará con un buen control del acceso que debe estar encabezado por la vigilancia en una caseta a la entrada de la instalación. El sitio seleccionado, debe quedar fuera de las áreas urbanas, cuerpos de agua superficial, terrenos destinados a actividades productivas, zonas turísticas, sitios históricos, ecosistemas frágiles, etc.

3.2.3.1. CONTROLES AMBIENTALES

CUADRO 3.7

DESECHOS POTENCIALMENTE INCOMPATIBLES

| GRUPO | DESECHOS | CONSECUENCIA POTENCIAL |
|-------|---|--|
| 2-A | Lodo de acetileno Líquidos fuertemente alcalinos Líquidos alcalinos de limpieza Líquidos alcalinos corrosivos Líquidos alcalinos de batería Aguas residuales alcalinas Lodo de cal y otros álcalis corrosivos Agua residual de cal Soluciones de cal Soluciones cáusticas gastadas | Generación de calor, reacción violenta |
| 2-A | Aluminio Berilio Calcio Litio Magnesio Potasio Sodio Zinc en polvo Otros metales reactivos e hidruros metálicos | Fuego o explosión, generación de H ₂ gas inflamable |
| 1-B | Lodos ácidos Soluciones ácidas Ácidos de batería Líquidos de limpieza Electrolitos ácidos Líquidos usados para aguafuerte Baños de decapado y otros ácidos corrosivos Ácidos gastados Mezclas de ácidos gastados Acido sulfurico gastado | Generación de calor, reacción violenta |
| 2-B | Cualquier desecho del grupo 1-A o 1-B | Fuego o explosión, generación inflamable |

Las instalaciones para el tratamiento, deberán asegurar al máximo la calidad del medio ambiente físico del sitio, para lo cual el responsable del proyecto, en el caso de México, deberá sujetarse a los lineamientos que al respecto dicte SEDESOL, así como a los reglamentos y normas vigentes (de aire, agua y suelo).

3.2.3.2. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El responsable del proyecto, el fabricante del equipo necesario para el proceso de tratamiento y el encargado del diseño electromecánico y funcional del proceso, deben tomar en cuenta cualquier caso, evento o episodio que pueda provocar explosiones, intoxicaciones e incendios. Con todo esto, debe elaborarse un manual de seguridad e higiene industrial en donde se dicten las medidas necesarias para el personal y los visitantes.

Para elaborar dicho manual, debe tomarse muy en cuenta el tipo de desechos por manejar, productos y subproductos finales del proceso, así como el proceso de tratamiento seleccionado; y si se necesita, debe tomarse en cuenta el tipo de reactivos químicos por emplear.

3.2.3.3. TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y/O POTENCIALMENTE PELIGROSOS EN MEXICO

El tratamiento de Desechos o Residuos Peligrosos y/o potencialmente peligrosos, debe sujetarse a la guía de especificaciones generales, además de considerarse lo siguiente:

a) Deberá seguir lo contenido en el "Manifiesto de Desechos Peligrosos y/o Potencialmente Peligrosos", dictado por SEDUE (ahora SEDESOL).

b) El sitio, debe estar cercado en su totalidad, y distribuir letreros que indiquen las zonas de alta peligrosidad y acceso restringido.

c) Debe existir una "Zona de Amortiguamiento", para evitar daños a las comunidades aledañas en caso de siniestro, accidente, derrame o desastre natural.

d) Debe contarse con un laboratorio de análisis físicoquímico para determinar la peligrosidad y compatibilidad de los desechos de que se trate.

e) El sitio debe estar localizado de preferencia en Suelos No Agrícolas.

3.2.3.4. SELECCION DEL PROCESO DE TRATAMIENTO POR COSTOS

El proceso seleccionado, como se ha visto anteriormente, depende de muchos factores entre los cuales se encuentran los costos, recursos técnicos y físicos disponibles, etc. La instrumentación de las opciones de Alta Tecnología para el manejo de los DIP, presenta algunos obstáculos. Algunos de éstos, son de carácter puramente técnico, mientras que otros son de naturaleza sociopolítica o económica.

Generalmente, los obstáculos que más se presentan, son:

- Limitaciones del equipo disponible.
- El síndrome de "NIMBY" ("Not In My Back Yard").
- La competición de tecnología.
- Las complicaciones e impedimentos por las regulaciones y normas vigentes.
- Las inversiones inseguras.

En el cuadro 3.8, se presenta una relación comparativa de los Métodos de Tratamiento más factibles de usarse para la preparación de los desechos para su Disposición Final (27).

3.2.3.5. COSTOS DE LA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

En el cuadro 3.8, se califican los costos del método de tratamiento como: 1 Bajo, 2 Moderadamente Bajo, 3 Medio, 4 Moderadamente Medio, 5 Alto, 6 Moderadamente Alto y 7 Costoso o caro; esto, de acuerdo al equipo requerido, la naturaleza del proceso seleccionado, el combustible requerido, los reactivos necesarios para llevar a cabo el tratamiento y otros factores.

3.2.4. METODO DE SOLIDIFICACION

Es el conjunto de aquellas tecnologías de tratamiento que fijan o encapsulan residuos dentro de la Matriz Sólida del producto final.

La técnica de "Fijación", ata los residuos química y físicamente usando agentes de solidificación. El método de "Encapsulación", cubre los residuos físicamente por agentes de solidificación. Ambas técnicas, reducen la permeabilidad de los residuos y dan como resultado productos finales de significativa resistencia al deslizamiento (25).

3.2.5. REDUCCION DE VOLUMEN

CUADRO 3.B

COMPARACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PARA
LOS DESECHOS PELIGROSOS INDUSTRIALES

| TRATAMIENTO | STATUS | CONSIDERACIONES | COSTO RELATIVO |
|---------------------------------------|------------------------------|---|--------------------|
| FISICO | | | |
| Procesos Magnéticos | Comercial | Aplicaciones limitadas | Bajo |
| Cribado y Clasificación | Comercial | Reprocesamiento o disposición de materiales variados | Bajo |
| Trituración y Pulverización | Comercial | Emisiones fugitivas | Bajo |
| Separación líquido/sólido | Comercial | Sólidos conteniendo algo de líquido | Bajo |
| Sedimentación (con o sin floculación) | | | |
| Filtración | | | |
| Centrifugación | | | |
| Flotación | | | |
| Prensa de golpe | | | |
| Prensa filtro | | | |
| Secado | Comercial y parte en estudio | Problemas mecánicos. Emisión a la atmósfera | Costoso |
| Destilación | Comercial | Escamado o impurezas. Peligro de fuego. Disposición de los fondos | Medio |
| Evaporación | Comercial | Escamado e impurezas. El condensado está a veces contaminado | Moderadamente alto |

CUADRO 3.8

COMPARACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PARA
LOS DESECHOS PELIGROSOS INDUSTRIALES
(CONTINUACION)

| TRATAMIENTO | STATUS | CONSIDERACIONES | COSTO RELATIVO |
|---|--|---|--|
| Agotamiento Vapor Aire Otro gas | Comercial | Limitado a Componentes Volátiles, Emisiones a la atmósfera | Bajo a medio |
| Absorción | Comercial | Disposición del licor de lavado | Bajo |
| Extracción del disolvente: líq-líq sól-líq Fluido | Comercial (el fluido super- crítico en desarrollo) | Los disolventes contaminados requieren de otro proceso más para disposición | Moderadamente alto |
| Adsorción (carbón activado) | Comercial | Limitado a bajas concentraciones. Disposición del regenerado | Medio |
| Procesos que usan membranas Ultrafiltración Osmosis inversa Diálisis Electrodialisis | Comercial (reciente) | Las separaciones son imperfectas. El pretratamiento es complejo | Medio |
| Congelación Cristalización Secado por congelación Suspensión en congelamiento | En estudio los diferentes al de lecho secado/ congelado | No desarrollado comercialmente | Bajo para lechos de secado, alto para otros |
| QUÍMICO | | | |
| Neutralización | Comercial | Liberación de calor en aplicaciones concentradas. Control complejo | Bajo |
| Precipitación | Comercial | Leyes de solubilidad | Bajo |

CUADRO 3.8

COMPARACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PARA
LOS DESECHOS PELIGROSOS INDUSTRIALES
(CONTINUACION)

| TRATAMIENTO | STATUS | CONSIDERACIONES | COSTO RELATIVO |
|--|------------------------------------|---|---|
| Procesos Electroquímicos | Parte en estudio y parte comercial | Las impurezas presentes, pueden transformar el proceso | Medio |
| Oxidación Reactivos conteniendo Cl ₂ , O ₃ , permanganato, peróxidos y otros | Parte en estudio y parte comercial | Reacciones Zas., pueden generar otros constituyentes peligrosos | Medio a alto |
| Reducción Decoloración Sulfonación otros | Parte en estudio y parte comercial | Las reacciones Zas., pueden generar constituyentes peligrosos | Medio a alto |
| Fotólisis Luz U. V. | Semi-Comercial | Ensamblamiento de dispositivos y problemas con la cinética | Bajo para luz natural y alto para luz U. V. |
| Luz natural Rayos gamma | En estudio | El diseño del irradiador es muy sofisticado | |
| Tratamientos variados Catalíticos Hidrolíticos otros | En estudio | Las reacciones Zas., pueden generar constituyentes peligrosos | Variados |
| BIOLOGICO | | | |
| Lagunas de Lodo Activado Aereadas Anaeróbicas Facultativas | Comercial | Solamente efectivo en componentes biodegradables o bioadsorbibles. Sujeto a inhibición tóxica | Bajo |
| Digestión anaeróbica | Comercial | Efectiva en comp. biodegradables o bioadsorbibles | Bajo |

CUADRO 3.8

COMPARACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PARA
LOS DESECHOS PELIGROSOS INDUSTRIALES
(CONTINUACION)

| TRATAMIENTO | STATUS | CONSIDERACIONES | COSTO RELATIVO |
|--|---|---|--|
| Composto | Comercial | Efectivo en comp. biodegradables o biadsorbibles | Bajo |
| Filtros de Goteo, Biofiltro anaeróbicos, Fermentación, Estanques de estabilización de desechos | Comercial | Efectivo en comp. biodegradables o biadsorbibles | Bajo |
| Tratamiento Agroquímico Terronos de de cultivo, Irrigación por atomización | Parte en estudio y parte comercial | Potencial para degradación incompleta. Migración de contaminantes | Bajo a medio |
| Biotecnologías Nuevas Enzimas, tactorias de cultivo, genes empalmados | En estudio | El campo está poco desarrollado | Alto (tiende a bajar en el futuro) |
| TERMICO | | | |
| Procesos de Incineración establecidos Lecho fluidizado Cámara múltiple Horno rotatorio inyección de líquidos a bordo de barcos | Comercial | Combustible. Eficiencia de destrucción. Disposición de la ceniza y lavadores de soplado hacia abajo | Medio a alto |
| Procesos en desarrollo para la incineración. Sol fundida Plasma de Microonda | En estudio | Tecnologías bien planeadas | Alto |

CUADRO 3.B

COMPARACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PARA
LOS DESECHOS PELIGROSOS INDUSTRIALES
(CONTINUACION)

| TRATAMIENTO | STATUS | OBSERVACIONES | COSTO RELATIVO |
|--|---|---|----------------|
| Arco plasma | | | |
| Incineración con disposición. Hervidor ind. Horno de cemento Horno de cal | Comercial | Combustible. Efectos en el equipo de control de emisiones | Bajo a medio |
| Pirólisis Temp. convencional Temp. alta | Comercial. Las aplicaciones mayores en desechos tipo No Peligrosos | Eficiencia del proceso de 85 al 95% | Medio |
| METODOS DE FIJACION/ ENCAPSULACION | | | |
| Absorción/ Adsorción. Cenizas voladoras, Cal, Piedra Caliza, Arcilla, Arcilla Vermiculita, Zeolitas, Alúmina, Carbón, Burbujas Saturadas, Agentes patentados. | Comercial | Efectividad a largo plazo | Medio |
| Reacción Fuzolánica Cenizas de cal dispersas en el aire. Cemento Portland | Comercial | Los agentes org. a veces interfieren en la reacción | Medio |
| Encapsulación Polímeros org. Asfalto. Vitrificación. Agentes patentes | Parte en estudio y parte comercial | Efectividad a largo plazo | Medio a |

El proceso más usado para la reducción del volumen de los residuos peligrosos, es la Incineración. Normalmente los residuos peligrosos orgánicos pueden ser destruidos y/o Detoxificados mediante este procedimiento. Muchos de ellos se destruyen completamente y otros dejan trazas sólidas (cenizas, por ejemplo) que pueden o no ser peligrosas. Otro proceso muy utilizado, es el tratamiento de Lodos que se describe más adelante.

3.2.6. SEGREGACION DE RESIDUOS

Para prevenir reacciones indeseables en un sitio de Relleno Industrial, por lo general se segregan los desechos por su tipo y características químicas. Por ejemplo, si se mezclan residuos ácidos con desechos que contienen cianuros, se producirá el gas HCN que es extremadamente tóxico y flamable.

La segregación, facilita la adquisición de desechos de tipos particulares en suficiente cantidad para realizar una economía de escala en el diseño de instalaciones de tratamiento para detoxificación y recuperación. Además, es factible usar residuos ácidos para neutralizar los residuos de pH elevado, o para aprovechar residuos de sulfuros para la precipitación de metales pesados tóxicos.

3.2.7. DEGRADACION

Algunos métodos de degradación química, tales como la Hidrólisis, Decoloración, Fotólisis y Oxidación, están en proceso de desarrollo y/o se usan principalmente para tratar plaguicidas. La hidrólisis, es el mejor método para la destrucción de plaguicidas organofosforosos. La Decoloración Química, puede ser utilizada para degradar plaguicidas policlorados. La Fotólisis, podría aplicarse parcialmente para degradar el 2,4-D y 2,4,5, T.

El uso de Oxidantes Fuertes, puede ser conveniente para algunos plaguicidas y herbicidas. Sin embargo, éstas alternativas, son generalmente más costosas que otras disponibles (Ejemplo: la Incineración, la Biodegradación, etc) y en muchos casos, no han sido usadas todavía a gran escala.

3.2.8. TRATAMIENTO DE LODOS

En el cuadro 3.9, se enlistan los procesos unitarios más comunes en lo que se refiere al Tratamiento de Lodos y sus respectivas funciones.

A través de éstos procesos, se puede reducir el

CUADRO 3.9

TRATAMIENTO DE LODOS

| PROCESO UNITARIO | FUNCIONES |
|-------------------|---|
| Engrosamiento | Remoción de agua Reducción de volumen Eficiencia post-proceso Mezclado |
| Estabilización | Destrucción de elementos patógenos Reducción de volumen y peso Control de clor Control de Putrescibilidad Producción de gas (metano) Conversión |
| Acondicionamiento | Aumento de desague o de velocidad de engrosamiento Aumento de captura de sólidos Aumento de compactibilidad o compresión Estabilización |
| Desague | Remoción de agua Reducción de volumen y peso Aumento de la facilidad de manejo por conversión de lodo líquido a costra húmeda Reducción de los requerimientos de combustible |
| Secado por calor | Destrucción de sólidos patógenos Conversión Recuperación de lodo seco para su uso como acondicionador de suelo Estabilización |

contenido de agua, reducir el volumen, destruir los elementos patógenos, estabilizar los residuos desde el punto de vista térmico y biológico, y generar gas metano (20).

3.3. DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS

El indiscriminado y gran esparcimiento de desechos químicos en depósitos provisionales, ha creado serios problemas globales en el medio ambiente.

La legislación sobre desechos peligrosos en diferentes países, ha tenido un impacto directo en la selección y utilización de tecnologías de eliminación y disposición final específicas. Algunas de las legislaciones que resultan ser más representativas al respecto, son la de Alemania, la del Reino Unido, la de Australia y la de los Estados Unidos.

En la Rep. Federal de Alemania, considera diversos puntos que regulan la recolección de los desechos hayan tenido o no un pre-tratamiento antes de su Disposición Final. Las plantas modernas de tratamiento y que realizan actividades de disposición de los desechos, no deben manejar más de 100,000 ton/año.

En Australia, la legislación para el control de la disposición final de desechos peligrosos, está instrumentada por los estados de manera individual. Cada estado y su cuerpo de gobierno local, tiene la responsabilidad sobre varios aspectos de la disposición y eliminación de los desechos peligrosos y se han establecido convenios de ayuda entre éstos grupos y la industria privada.

Estados Unidos, es uno de los países con más problemas más serios acerca de la disposición final de los desechos peligrosos.

Este país, regula las operaciones de diseño, operación, desarrollo y los requerimientos del tratamiento de los desechos peligrosos, servicios de almacenamiento, disposición y eliminación, permisos para llevar a cabo éstas actividades y los requerimientos financieros para la operación, clausura y vigilancia después de la clausura o abandono. Bajo las normas que dicta la EPA, los estados se hacen responsables de la instrumentación de regulaciones sobre la Disposición y Eliminación de los DIP.

El área militar, es la principal usuaria de los métodos de Disposición Final y Eliminación de los desechos peligrosos industriales.

Las compañías de E.U. dedicadas al tratamiento y manejo de desechos, deben conocer los requerimientos y regulaciones.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Por otra parte, los generadores de los desechos industriales peligrosos, deben también, conocer las regulaciones sobre la disposición y métodos de eliminación de sus desechos.

Existen y están disponibles muchas técnicas de disposición y eliminación efectivas, pero no todas han sido aplicadas adecuadamente en muchos casos. En otros casos, las tecnologías inadecuadas han sido usadas para ciertos residuos con resultados mínimos aceptables.

El manejo de un desecho peligroso en particular, incluye una completa examinación de la totalidad de opciones para cada tipo de desecho específicamente. La opción más económica es seleccionada para un caso en particular solamente si no se compromete a la conveniencia del medio ambiente.

Antes del diseño de cualquier instalación de Disposición Final de DIP, deben tomarse en cuenta 3 principios básicos:

a) El sistema de disposición no debe intervenir con las operaciones de la planta del proceso generador. Un método de disposición final, es fundamentalmente una función de servicio.

Una buena pre-planeación requiere que:

- El sitio o sitios de disposición deben ser suficientemente grandes para acomodar todos los desechos que se generan en una planta.

- Debe contarse con el equipo suficiente para brindar seguridad de manera permanente. Cada sitio de disposición, debe contar con un Plan de Contingencia/Emergencia disponible y listo para usarse.

- Debe tenerse una capacidad de sobreacogimiento para cuando ocurran cambios crecientes en la cantidad de los desechos generados y capacidad de sobrellevar cambios en la calidad de los DIP de acuerdo con las variaciones de producción y de los procesos.

- El sistema de Disposición, debe ser operable bajo todas las condiciones de clima. Si éste es impráctico, deberá existir un almacén suficientemente grande para acomodar todos los DIP y poder continuar con las operaciones.

b) El área de Disposición Final, debe ser estructuralmente sondeada, aceptable ambientalmente y permanente. En el caso de tratarse de un Relleno Industrial, no debe ser sensible a inundaciones y a otros fenómenos naturales y/o externos. No debe ser fuente de generación de contaminación de agua, aire, suelo o ruido, y no debe significar peligro a la salud humana.

c) El sistema de disposición, debe cumplir con todos los requerimientos legales y de regulación.

Existen 3 condiciones básicas que deben cumplirse antes de tomar una decisión sobre el método de disposición que debe emplearse para cada caso en específico:

- 1 Considerar el intervalo completo de opciones
- 2 Eliminar las opciones inadecuadas para el tipo y cantidad del desecho en cuestión.

- 3 Mantener un criterio abierto para conocer las opciones más atractivas tanto como sea posible.

Además, como se hizo en el caso de la selección del método de Tratamiento, deben considerarse los recursos técnicos y económicos que estén disponibles.

En capítulos anteriores, se nos han presentado alternativas que nos dicen como reciclar, minimizar o aplicar tecnologías de tratamiento para los Residuos Industriales Peligrosos. Todas estas opciones, modificarán invariablemente las características fisicoquímicas originales y reducirán el volumen en algunos casos.

La Disposición Final, se en resumen: la acción de depositar permanentemente los desechos en sitios bajo condiciones adecuadas para evitar daños al medio ambiente (28).

3.3.1. ALTERNATIVAS DE DISPOSICION FINAL

Las alternativas para la disposición final y eliminación de los DIP, son las siguientes:

- Inyección en pozos profundos
- Tratamiento Agroquímico ("Landfarming")
- Confinamiento Controlado
- Incineración
- Pirólisis
- Lanzamiento de los DIP en el mar
- Composto

A partir de éste momento, se hará una descripción detallada de cada uno de éstos métodos.

3.3.1.1. INCINERACION

La incineración es un proceso que utiliza la descomposición térmica vía oxidación, a fin de convertir un desecho en un material menos voluminoso, menos tóxico y nocivo. Los principales productos resultantes, desde el punto de vista del volumen, son: el anhídrido carbónico, agua y cenizas (su composición varía dependiendo del Desecho o desechos que han sido incinerados); sin embargo, los productos de mayor interés por sus efectos en el ambiente, son los compuestos que contienen azufre, nitrógeno, halógenos y metales pesados (mercurio, aluminio, arsénico, selenio, plomo y cadmio).

Si los residuos gaseosos de la incineración contienen compuestos indeseables, se necesita recurrir a tratamientos secundarios tales como una quema

posterior, al lavado de Gas o filtración, para que las concentraciones de éstos contaminantes bajen a niveles aceptables antes de su descarga a la atmósfera. Los residuos líquidos y sólidos provenientes de los tratamientos secundarios, pueden requerir otro tipo de proceso previo a su disposición final.

Las variables que tienen efectos importantes sobre la oxidación completa de los desechos, son:

- Temperatura de la llama
- Combustibilidad
- Tiempo de residencia en la Cámara
- Turbulencia en la zona de reacción

La "Combustibilidad", se caracteriza por:

- a) El punto de quema
- b) El punto de ignición
- c) El punto inflamador

y a la vez, es un factor muy importante al seleccionar los procesos de Incineración adecuados para un caso específico.

Una descripción más detallada de éste método, se hará más adelante ya que es el punto del que nos ocupamos en el presente trabajo.

3.3.1.2. PIROLISIS

Es un proceso de Gasificación y/o Liquefacción de los elementos combustibles por calor en total ausencia de oxígeno. La pirólisis parcial, o más correctamente dicho, la Combustión Anóxica, es un proceso de gasificación por calor en presencia de oxígeno controlado.

En realidad, los procesos comerciales de pirólisis, son de Pirólisis Parcial.

En la Pirólisis, los desechos orgánicos son destilados o vaporizados a la forma de gas combustible (CO₂ y H₂O). El gas combustible, puede ser utilizado como combustible en la cámara de combustión externa, a fin de recuperar energía a través de la tecnología convencional de caldera de calor residual. El nivel de carbón fijo en las cenizas de pirólisis, es más alto que el de una Incineración normal.

El proceso de Pirólisis, se usa normalmente cuando los desechos a quemar, tienen un poder calorífico elevado (más de 3500 BTU/lb de agua contenida). Si los desechos en cuestión tienen un poder calorífico superior a 6000 BTU/lb de agua contenida, el empleo de la Pirólisis, es virtualmente una necesidad para prevenir el problema de la fusión de las cenizas y

el "Clinguer" resultante. Este problema se repite mucho en la incineración normal, debido a la temperatura anormalmente elevada.

La tecnología de la Pirólisis, está siendo usada apenas a nivel comercial, por lo que se necesitan estudios de factibilidad técnica y económica especialmente cuidadosos cuando se trate de usar ésta alternativa.

3.3.1.3. CONFINAMIENTO CONTROLADO

Otra forma de Disposición Final, son los Confinamientos (cuadro 3.10).

Existen diversos tipos de éstos, los cuales son:

- Relleno Sanitario
- Relleno Industrial
- Confinamiento Controlado

En el caso de los Rellenos Sanitarios, en ello solamente se pueden depositar en ellos Desechos Municipales, que como ya se dijo, son aquellos provenientes de cualquier actividad urbana, a excepción de los desechos radioactivos, los provenientes de los procesos industriales o los desechos patológicos hospitalarios. Sin embargo, el Relleno Sanitario, tiene el mismo objetivo que los otros tipos: la Disposición Final de desechos.

Las bases de diseño y los estudios para realizar su construcción, son muy similares para los tres tipos; sin embargo, el grado de seguridad que deben ofrecer es diferente, siendo el que requiere de seguridad máxima, el Confinamiento Controlado. Asimismo, los desechos que pueden aceptar, son distintos. El cuadro 3.10, se ofrece una idea general del uso que se le asignará a cada tipo de Confinamiento (29).

En éste caso, como el presente documento trata de estudiar las alternativas para minimizar los efectos y riesgos solamente de los DIP (Desechos Industriales Peligrosos, el Relleno Sanitario no se tocará más.

Los Rellenos Industriales, se utilizan para disponer Desechos No Peligrosos. Esta clase de desechos son factibles de Co-disponerse en un Relleno de tipo Sanitario; en el caso de que no se desee ser tan riguroso, y contar con un sitio de disposición destinado solamente para Desechos No Peligrosos.

En un Confinamiento Controlado, se depositan Desechos Peligrosos. Esto, también puede ser utilizado para depósito de Desechos No Peligrosos; sin embargo, el material de construcción y las medidas de control y seguridad que requiere

CUADRO 3.10

TIPOS DE CONFINAMIENTOS PARA LA DISPOSICION
FINAL DE DESECHOS

| TIPO | DESECHOS QUE SE PUEDEN DISPONER |
|-----------------------------|---|
| CONFINAMIENTO CONTROLADO | GRUPO I Residuos Peligrosos (También puede aceptar desechos de los grupos II y III) |
| RELLENO INDUSTRIAL | GRUPO II Residuos Industriales No Peligrosos (Puede aceptar desechos del grupo III) |
| RELLENO SANITARIO | GRUPO III Residuos Municipales |

son más estrictos, lo que repercute en los altos costos de operación e inversión. Es ésta la principal razón por la cual se recomienda invertir en un confinamiento de éste tipo cuando se desea disponer Desechos No Peligrosos.

En lo sucesivo, se hará referencia solamente al tipo Confinamiento Controlado.

Un Confinamiento Controlado, se puede definir como (30): "Una obra de Ingeniería que tiene como finalidad la Disposición Final de Desechos Peligrosos, garantizando el aislamiento definitivo, seguro y permanente "(a).

Para no causar efectos adversos al medio ambiente, un Confinamiento Controlado debe ser diseñado con basea (30) los siguientes criterios:

a) una selección cuidadosa del sitio.

Puede seleccionarse el sitio bajo dos instancias:

- selección de un sitio de disposición, en conjunción con una nueva planta
- selección de un nuevo sitio o expansión en conjunción con una planta ya existente

Existen cuatro criterios de "selección del sitio:

- 1.- criterios ambientales
- 2.- criterios legales, de regulación y políticos
- 3.- criterios de ingeniería, y
- 4.- criterios económicos

Algunos de éstos, son más estrictos, otros son más flexibles. Los criterios estrictos, indican los defectos fatales que eliminan definitivamente los sitios seleccionados. Los criterios flexibles, pueden aplicarse más libremente y ser usados para jerarquizar los sitios alternativos y elegir mejor. El cuadro 3.11, enlista los criterios que deben tomarse en cuenta para hacer la selección del sitio.

- b) la construcción y operación con criterio
- c) un cierre apropiado
- d) cuidado y vigilancia después del cierre
- e) monitoreo de las aguas subterráneas y lixiviado
- f) llevar un registro de datos y observaciones

Para determinar el volumen de los desechos, es absolutamente necesario conocer la velocidad de producción y las propiedades físicas, químicas y de ingeniería. Estos datos, son necesarios para calcular los requerimientos de espacio, de personal y equipo requeridos, y planear la secuencia y método de disposición en el mismo.

También es importante especificar si el desecho tiene características explosivas, corrosivas, reactivas, tóxicas y volátiles. Estos peligros son generalmente de una naturaleza inmediata y relativamente fáciles de determinar.

CUADRO 3.11

CRITERIOS PARA LA SELECCION DE UN SITIO DE CONFINAMIENTO
CONTROLADO COMO MEDIO DE DISPOSICION FINAL DE LOS DIP

| CATEGORIA DEL CRITERIO | CONSIDERACIONES |
|---------------------------|---|
| De Ingeniería | Tamaño físico Proximidad con la planta Accesos al sitio Topografía Geología Suelo (tipo, profundidad, distancia hasta los mantos freáticos) |
| Ambientales | Agua superficial Agua subterránea Aire Nivel de ruido Ecología de tierra y acuática Uso de suelo Recursos culturales (arqueología, historia y paleontología) |
| Legales y de la población | Regulaciones legales, públicas y políticas |
| Económicos | Adquisición de la propiedad y desarrollo del sitio |

Los desechos pueden ser incompatibles, y mezclados llegan a producir compuestos con características riesgosas de explosión (potencial o inmediato), reactividad, corrosión o toxicidad, pueden liberarse humos o gases cuando son mezclados.

Desde la perspectiva de ingeniería, el asunto es más importante: Debe considerarse si el material de desecho puede ser movido de manera conveniente por equipo convencional como el "Bulldozer", cargadores o palas mecánicas. Si no es así, las propiedades de los desechos deben ser modificadas. Entre otras operaciones para lograr esto, están: la remoción de humedad, mezclado con un absorbente o adsorbente seco (como tierra o cenizas), fijación química o alguna combinación de las anteriores. Aunque el desecho debe estar completamente seco cuando sea depositado, debe ser manejable y estable después de ser secado y/o mezclado con otros materiales en el sitio.

El desecho que va a ser enterrado, debe tener estabilidad a largo plazo. En general, es aconsejable determinar las propiedades enlistadas en el cuadro 3.12 (30) para asegurar que la alternativa seleccionada es la adecuada y no tendrá consecuencias nocivas. En muchos casos, no es necesario conocerlas todas, pero éste tipo de información es generalmente provechoso para determinar la capacidad de compactación, la habilidad para resistir cargas, y la estabilidad de la pendiente o inclinación.

Para lograr un funcionamiento adecuado del Confinamiento, se requiere de contar con diversas instalaciones a las que se les denomina **Obras Complementarias**, las cuales se enlistan a continuación:

1. Se requiere de cubiertas para evitar la percolación de los lixiviados hacia el manto freático y un sistema de detección de dichos lixiviados. La impermeabilización del terreno, es un factor muy importante en el diseño de un Confinamiento Controlado para DIP ya que con esto, se evitará que cuando se formen dichos lixiviados, al contacto con las lluvias, éstos se percolen hacia el subsuelo y a corrientes acuíferas subterráneas causando contaminación. Los materiales de éstas capas impermeabilizantes del suelo, pueden ser de dos tipos: **NATURALES** (pertenecen a éste grupo, los suelos que contienen arcillas -bentolitas, illitas o caolita-, el limo y arenas). Estos materiales, tienen la particularidad de absorber aproximadamente cinco veces su peso en agua. También suelen usarse materiales inorgánicos como el carbonato de sodio, los silicatos o pirofosfatos que se mezclan con los materiales del suelo - ésta técnica no es muy usada, pues solamente se recurre a ella cuando se confinan ciertos desechos conteniendo materiales pesados -. Otro tipo de materiales impermeabilizantes, son los asfaltos, ya sean

CUADRO 3.12

PROPIEDADES DE UN DESECHO EN TERRENOS DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO QUE INFLUENCIAN A LARGO PLAZO LA ESTABILIDAD

Contenido de humedad (%)

Contenido de sólidos (% en peso)

Densidad de masa seca (lb/ft³)

Formeabilidad (cm/s)

Indice de compresión

Resistencia al corte

Ilimitada resistencia a la compresión

Gravedad específica de sólidos

Análisis del tamaño de las partículas

Límite líquido

Límite plástico

solos o mezclados con concreto asfáltico. Estos se aplican con equipo de pavimentación convencional.) o SINTÉTICOS. Las membranas sintéticas, pertenecen a otro grupo, son flexibles y difieren entre sí en polaridad, composición y resistencia química. Son de materiales como el cloruro de polivinilo, neopreno, polietileno de alta densidad, etc. El utilizar las membranas sintéticas, implica costos muy elevados. La elección del tipo del material más adecuado para la capa impermeabilizante, deberá tomar en cuenta aspectos técnicos y económicos, tales como costos, compatibilidad del material a utilizar con los residuos que se confinarán, condiciones climatológicas, propiedades mecánicas de esos materiales, como tensión a la que estarán sujetos, y geometría del Confinamiento. La forma en que se captan los lixiviados que permanecen retenidos sobre la capa impermeabilizante, se realiza mediante un sistema de drenaje que se coloca en ésta área. Se recomienda que la construcción de ésta sea de materiales resistentes a los lixiviados y con un periodo de vida útil igual al del confinamiento. Asimismo, se deben establecer pozos de monitoreo, que permitan detectar la presencia de lixiviados, tomar muestras de éstos y analizarlos, para posteriormente aplicarles un tratamiento, eliminando de ésta forma sus características de peligrosidad.

2. Selección del punto de Disposición de los Desechos Industriales Peligrosos.

La parte medular de un Confinamiento Controlado, es la Disposición de los desechos en el sitio seleccionado y preparado previamente, de tal forma que se mantengan perfectamente aislados del Medio Ambiente.

El terreno de un confinamiento, se encuentra dividido en compartimientos, a los cuales se les denomina **CELDAS**. Se entiende por una Celda, el espacio creado natural o artificialmente, dentro de un Confinamiento Controlado que es apto para recibir desechos peligrosos compatibles (2).

La finalidad de éstas celdas, es depositar en ellas los DIP de acuerdo a su compatibilidad, esto significa que no se deberá depositar en una misma celda desechos que, de acuerdo con sus características físicoquímicas, puedan reaccionar espontáneamente provocando daños, por ejemplo, explosiones.

El cuadro 3.13, contiene una clasificación que se ha establecido de los grupos de DIP, así como algunos ejemplos de los desechos que pertenecen a cada uno de dichos grupos (31).

En la figura 3.3, se presenta la forma en que es posible determinar la incompatibilidad de los desechos, por ejemplo, si se requiere de depositar dos desechos diferentes en una misma celda, lo primero que debe identificarse es el grupo al que pertenece cada desecho y, posteriormente, mediante la tabla de reacciones que

se enlistan en el cuadro 3.14, significa que los desechos no se pueden depositar en la misma celda, esto es, son incompatibles. En caso de lo contrario, si es posible codisponerlos (17).

En el caso de que deban depositarse en una misma celda dos desechos, por ejemplo: Acido Fosfórico contaminado y Cianuro de Cobre. Lo primero que debe hacerse, es identificar en el cuadro 3.13, el grupo reactivo al que pertenece cada uno de los desechos antes mencionados. De ésta se obtiene que el Acido Fosfórico pertenece al grupo I y el Cianuro de Cobre, al grupo II. Después, en la figura 3.3, se intersectan los Nos. de los grupos reactivos que se obtuvieron; es decir, el I y el II, y en el cual se pueden leer las claves "gt" y "gf". Consultando éstas en el Código de Reactividad (cuadro 3.14), "gt" significa Generación de Gases Tóxicos y "gf" es la Generación de Gases Inflamables. Con ésta información se concluye que no será posible confinar en la misma celda los dos desechos en cuestión, pues se generarían reacciones indeseables.

Las dimensiones y forma de las Celdas, se determinan considerando las características fisicoquímicas de los desechos que se depositarán en ellas, la cantidad de los mismos, el tipo de envase que los contiene o en su caso, si se encuentran a granel.

Su construcción debe incluir un Sistema de captación de Lixiviados y un Sistema de Venteo en caso de que en alguna celda se depositen desechos que generan gases o vapores. Estos dos sistemas se describirán más adelante.

Los muros de contención de las Celdas, se construyen generalmente de concreto con espesor de 60 cm.

3. Clausura de Celdas y Cubierta Final.

La cubierta de cada celda, consiste de dos capas; generalmente, una es de arcilla de 30 cm de espesor y la otra, de suelo vegetal de 20 cm de espesor. En el caso de que en alguna celda se hayan depositado desechos que generen vapores o gases, además de las dos capas anteriores, se requiere de aplicar una capa adicional de grava de un espesor de 25 cm.

La figura 3.4, muestra un esquema seccional de un Confinamiento Controlado típico.

Las dimensiones del sitio elegido para el Confinamiento Controlado, deben ser tales que permitan la disposición de los desechos durante un periodo de por lo menos 20 años. El sitio se situará a una distancia en donde los costos de transporte desde los sitios de generación de los desechos hasta el confinamiento no sean tan elevados, además de que sea un lugar de fácil acceso, alejado de los centros de población.

Con respecto a la topografía, se considerarán terrenos cuya pendiente media no sea menor del 3% ni

CUADRO 3.13

GRUPOS REACTIVOS

| GRUPO (10.) | NOMBRE | EJEMPLOS |
|-------------|---|--|
| 1 | Acidos minerales oxidantes | Ac. bórico, cianhídrico, fosfórico, etc. |
| 2 | Acidos minerales oxidantes | Ac. brómico, hipocloroso, nítrico, etc. |
| 3 | Acidos orgánicos | Ac. acético, adípico, oxálico, fórmico, etc. |
| 4 | Alcoholes y glicoles | Acetocianhidrina, aminoetanol, alcohol bencílico, hexanol, proplenglicol, etc. |
| 5 | Aldehidos | Acetaldehído, furfural, heptanal, butiraldehído, etc. |
| 6 | Amidas | Acetamida, butiramida, fosfina, propionamida, etc |
| 7 | Aminas alifáticas y aromáticas | Aminodifenil, aminoetanol anilina, piridina, morfina, etc |
| 8 | Azocompuestos, Diazocompuestos e Hidracinas | Aminotiazol, tetracina, hidracina, cloroazodim, etc. |
| 9 | Carbamatos | Aldicarb, bufacarb, landrin, N-isopropilmetil carbamato |
| 10 | Cáusticos | amoníaco, hidróxido de bario, aluminato de potasio, etc. |
| 11 | Cianuros | Cianuros de: cadmio, cobre, octicianuro de mercurio, etc. |
| 12 | Ditiocarbamatos | Dietil-ditio-carbamato de selenio, sales de cinc del ácido dimetil-ditio-carbámico |

CUADRO 3.13

GRUPOS REACTIVOS
(CONTINUACION)

| GRUPO NO. | NOMBRE | EJEMPLOS |
|-----------|--|---|
| 13 | Esteros | Acetato de butilo, acrilato de metilo y acetato de metilo |
| 14 | Eteres | Butilcellosolve, dicloro-etil éter, glicol-éter, dioxano, furano, etc. |
| 15 | Fluoruros Inorgánicos | Fluoruros de: Al, K, Na, hexafluoruro de telurio, etc. |
| 16 | Hidrocarburos Aromáticos | Acenaftaleno, benzopireno, benceno, naftaleno, etc. |
| 17 | Organo-Halogenados | Bromuro de acetilo, clorhidrina, dieldrin, etano endrin, etc. |
| 18 | Isocianatos | Clorofenil, isocianato, metilendisocianato, etc. |
| 19 | Cetonas | Acetona, benzofenona, nonanona, metil- terbutil-cetona, etc. |
| 20 | Mercaptanos y otros sulfuros orgánicos | Aldicarb, butil- mercaptano, naftil- mercaptano, tetrasul, etc. |
| 21 | Metales alcalinos y alcalinotérreos elementales o mezclas | Na, Cesio, Mg, etc. |
| 22 | Otros metales elementales o mezclas (polvo, vapor o partículas) | Al, Bismuto, Co, etc. |
| 23 | Otros metales | Al, Bismuto, Cu, Bronce, |

CUADRO 3.13

GRUPOS REACTIVOS
(CONTINUACION)

| GRUPO NO. | NOMBRE | EJEMPLOS |
|-----------|---|--|
| | elementales o aleación (varilla, lámina o moldes) | etc. |
| 24 | Metales y compuestos de metales tóxicos | Arsenato de amonio, dicromato de amonio, pentasulfuro de antimonio, perclorato de bario, tetrametilo de Pb, etc. |
| 25 | Nitruros | Nitruros de Antimonio, talio, dinitruro tri- cálcico, etc. |
| 26 | Nitrilos | Acetocianhidrina, gliconitrilo, cianuro de vinilo, etc. |
| 27 | Compuestos nitrados | Nitrato de acetilo, clorodinitroanilina, nitrato de polivinilo, ác. pícrico, etc. |
| 28 | Hidrocarburos Alifáticos No Saturados | Acetileno, butadieno, hexeno, dimetilbutino, etc. |
| 29 | Hidrocarburos Alifáticos Saturados | butano, ciclohexano, etano, metano, etc. |
| 30 | Peróxidos e Hidroperóxidos orgánicos | Peróxidos de: benceno, acetilo, butilo; peróxido caprílico, etc. |
| 31 | Fenoles y Cresoles | Bromofenol, aminofenol |
| 32 | Organofosforados, Fosfocatos y Fosfodilicatos | |
| 33 | Sulfuros inorgánicos | Sulfuros de: Talio, Zn, Na; Trisulfuro de Fósforo |

CUADRO 3.13

GRUPOS REACTIVOS
(CONTINUACION)

| GRUPO NO. | NOMBRE | EJEMPLOS |
|-----------|--|--|
| 34 | Epóxidos | Butil-glicidil-éter, epoxidobuteno, Óxido de etileno, Óxido de propileno, etc. |
| 101 | Materiales Inflamables y Combustibles varios | Asfalto, aceite combustible pesado, poliestireno, aguarrás, aceite diesel, poliuretano, etc. |
| 102 | Explosivos | Nitrato de acetileno, clorato de amonio, picrato de amonio, azida de amonio, nitrocelulosa |
| 103 | Compuestos Polimerizables | Acritonitrilo, isopreno, estireno, etilenamino, cloruro de vinilo, etc. |
| 104 | Agentes Oxidantes Fuertes | Clorato de amonio, yodato de bario, Perclorato de bario, oxiclorigenato de fósforo, fluor |
| 105 | Agentes Reductores Fuertes | Borohidruro de aluminio, sulfuro de cobre, carburo de Ca, Hidruro de Bario |
| 106 | Agua y mezclas acuosas | Soluciones y mezclas acuosas |
| 107 | Sustancias reactivas al agua | Acetiluro de cadmio, anhídrido acético, calcio, Óxido de Ba |

Referencia No. (31).

CUADRO 3.14

CODIGO DE REACTIVIDAD

| CODIGO DE REACTIVIDAD | CONSECUENCIAS DE LA REACCION |
|-----------------------|--|
| C | Genera calor por reacción química |
| F | Produce fuego por reacción exotérmica violenta y por ignición de mezclas o de productos de la reacción |
| G | Genera gases en grandes cantidades y puede producir presión y ruptura de los recipientes cerrados |
| GT | Genera gases tóxicos |
| GF | Genera gases inflamables |
| E | Produce explosión debida a reacciones extremadamente vigorosas o suficientemente exotérmicas para detonar compuestos inestables o productos de reacción |
| P | Produce polimerización violenta, generación de calor extremo y gases tóxicos e inflamables |
| S | Solubilidad de metales y compuestos de metales tóxicos |
| D | Produce reacción desconocida. Sin embargo, debe considerarse como incompatible la mezcla de los desechos correspondientes a este código, hasta que se determine la reacción específica |

mayor del 30%; es decir, éste no deberá ser muy pronunciada ni demasiado plana. Además, se prefiere elegir suelos del tipo arcilloso, pues estos tienen características deseables de permeabilidad. Por lo que se refiere a la Geohidrología, no deben existir mantos acuíferos en el sitio seleccionado; en el caso de que si existan, la profundidad a la que se encuentren deberá ser mayor o igual a 200 m. En el caso de la Hidrología Superficial, el sitio debe localizarse fuera de las llanuras de inundación (longitudinalmente, deberá estar alejado a una distancia mayor o igual a 500 m a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial sea ésta permanente o intermitente. Asimismo, la cuenca de aportación hasta el sitio elegido, debe ser lo más pequeña y cerrada posible.

Las emisiones a la atmósfera y olores emitidos, deben ser mínimos. Asimismo, el sitio seleccionado debe localizarse en dirección contraria a la de los vientos dominantes.

Al seleccionar el sitio para el Confinamiento Controlado, deben evitarse áreas en donde existan especies en peligro de extinción, y áreas de recreación o de labranza, así como áreas históricas, paleontológicas o arqueológicas.

El ruido generado en el sitio elegido, debe ser mínimo, deberá minimizarse el tráfico de camiones pesados y el equipo que produzca niveles elevados de ruido.

Para que el sitio de Confinamiento Controlado esté dentro de los requerimientos legales, tanto estatales como federales para la construcción de éste, en México la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), tiene asignada la tarea de autorizar la instalación y operación de sitios de disposición final (en éste caso Confinamiento Controlado). Dentro del capítulo I sobre "Disposiciones Generales" del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección del Medio Ambiente en Materia de Desechos Peligrosos publicado el 23 de Noviembre de 1988 en el Diario Oficial de la Federación, se reglamenta algo sobre los Confinamientos Controlados. Asimismo, para el diseño, construcción y operación de los mismos, se deberán seguir las especificaciones contenidas en las Normas Técnicas Ecológicas que expide la dependencia antes citada.

La aceptación por parte del público de la construcción de una instalación de éste tipo a través de asociaciones es importante pues esto repercutirá de una u otra manera en el desarrollo y funcionamiento del Confinamiento.

Las características del sitio seleccionado, deberán ser analizadas para concluir si la inversión será redituable. Deben analizarse todos los aspectos de costos: los de la construcción del Confinamiento, así como los de servicios para su operación (como son el alumbrado, los caminos, etc).

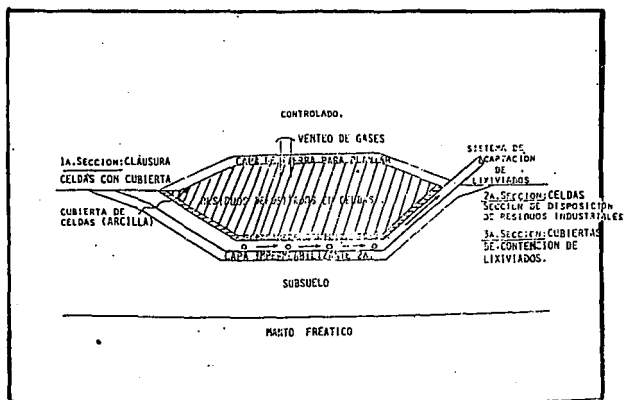


FIGURA 3.4

REPRESENTACION DE LAS SECCIONES PRINCIPALES DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO

El camino de acceso hacia el Confinamiento Controlado, éste dará servicio durante toda la vida de éste. Se considera que los caminos tendrán aproximadamente el 3% del área total del confinamiento, su ancho dependerá del tipo de vehículos que transiten, así como de la intensidad de tráfico esperado.

Como se ha visto anteriormente, el diseño de las Celdas, depende del tipo de desecho que será confinado. Sin embargo, se considera que las dimensiones generales de éstas, son 150 m por 100 m, pues al tener un tamaño como éste, se tiene un mejor rendimiento de la maquinaria a utilizar.

OBRAS COMPLEMENTARIAS

Para el funcionamiento integral del confinamiento controlado, es necesario tomar en cuenta algunas obras complementarias:

CAMINOS EXTERIORES E INTERIORES

Los caminos exteriores se refieren a los accesos de vehículos hacia el confinamiento, los cuales deben ser permanentes. En cuanto a los caminos interiores, son temporales y se utilizan para trasladar los desechos hacia las celdas de disposición, de manera que cuando éstas quedan totalmente ocupadas, en tales caminos el tránsito es mínimo.

BASCULA

Mediante una báscula de pesaje, se llevará el control de la cantidad de desechos que se recibirá en el confinamiento.

AREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL

Es el área destinada para recibir y almacenar temporalmente los desechos que llegan al Confinamiento, en el caso de que no exista una celda disponible que permita su disposición inmediata. Una vez construida la celda, los desechos se enviarán a ésta. Las dimensiones de ésta área de almacenamiento, serán tales que permitan almacenar como mínimo, siete veces la recepción diaria de los desechos.

LABORATORIO

Aquí se efectuarán los análisis físico-químicos a muestras de desechos que se reciban en el confinamiento, para determinar sus características de peligrosidad e incompatibilidad, esto con la finalidad de asignarles su celda de disposición. Asimismo, se evaluarán las características de los lixiviados, las aguas de lavado que puedan estar contaminadas, así como el desarrollo de pruebas experimentales y de campo.

ZONAS DE LIMPIEZA

Aquí se realizará el lavado de equipo, herramientas o contenedores que hayan estado en contacto con los desechos. Las aguas de lavado se recolectarán, analizarán y se les dará un tratamiento, a fin de evitar la contaminación de suelo y agua.

INSTALACIONES AUXILIARES

Además de las obras complementarias ya mencionadas, se deben contemplar los Servicios Auxiliares como la Electricidad, Obras Hidráulicas, Sanitarias y Equipo de Seguridad.

Alrededor del terreno en donde se construye el Confinamiento, se colocará una cerca que impida el paso de personas no autorizadas. Este también contará con Oficinas Administrativas.

En la figura 3.5, se muestra un arreglo de todas las instalaciones que conforman un confinamiento controlado (éste esquema, sólo pretende representar un arreglo general).

SISTEMAS DE MONITOREO EN UN CONFINAMIENTO CONTROLADO

En caso de fallas en un Confinamiento Controlado, puede generarse contaminación de los mantos acuíferos, tanto superficiales como subterráneas. Es por ello, que cuando se considera la construcción de un Confinamiento, es muy importante incluir un Sistema de Monitoreo. Este sistema se divide en: Monitoreo de Mantos Acuíferos Subterráneos y en Monitoreo de Aguas Superficiales. El primero, tiene como finalidad detectar anomalías en la calidad del agua, causadas por las operaciones dentro del confinamiento o por los desechos que se encuentren depositados en éste.

Básicamente, está integrado por pozos que se diseñarán (figura 3.6) y se localizarán (figura 3.7) de acuerdo con las características del sitio en donde se construirá el Confinamiento. Generalmente, los pozos se colocan a una profundidad de 3.5 m.

Es recomendable hacer una primera prueba, antes de confinar los desechos para conocer las condiciones naturales de dicho manto y tener una prueba "testigo". El monitoreo, debe efectuarse cada 4 ó 12 meses a fin de verificar en el Laboratorio, mediante las siguientes pruebas, la no contaminación de los mantos de agua (12):

- Conductividad Específica
- Carbono Orgánico Total
- pH
- Dureza
- Contenido de iones Fe y Cl
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Sólidos suspendidos disueltos
- Presencia de metales pesados

El Monitoreo de aguas superficiales se refiere al muestreo de lagunas, riachuelos, etc., que se pudieran encontrar cercanos al Confinamiento. La afectación de éstos, puede deberse a la captación nula ó inadecuada de los efluentes generados en las operaciones del confinamiento y que entonces se descargan sin control.

El análisis se recomienda efectuarlo con una frecuencia de 3 meses, para las cinco primeras pruebas enlistadas anteriormente y de 6 a 12 meses para las restantes.

La figura 3.8, representa un arreglo general básico de un Sistema de Monitoreo de mantos acuíferos Subterráneos.

PLAN DE EMERGENCIA

El plan de emergencia para un Confinamiento Controlado, debe contener básicamente una metodología de las acciones a seguir en el caso de accidentes que ocurran durante las actividades internas de las instalaciones.

Es conveniente la participación conjunta de los organismos gubernamentales correspondientes para el mejor desarrollo de las actividades de emergencia en caso de que los percances ocurridos escapen del control interno.

Los accidentes más serios que ocurren en cuanto a la manipulación de los DIP, son los incendios, explosiones y derrames; por lo tanto, al elaborar el plan de emergencia, es imprescindible incluir las acciones a tomar en cuenta para controlar y mitigar ésta clase de percances.

COSTOS DEL CONFINAMIENTO CONTROLADO

En el cuadro 3.15, se enlistan los aspectos que deben tomarse en cuenta para seleccionar un sitio de Confinamiento Controlado como alternativa para la Disposición Final de los Desechos Industriales Peligrosos (30).

Generalmente, los costos para sistemas relativamente simples usando un terreno natural con sus propios relieves y no requiriendo sistemas de monitoreo de lixiviados, son cerca de 3 a 10 \$ por tonelada seca de desechos a disponerse.

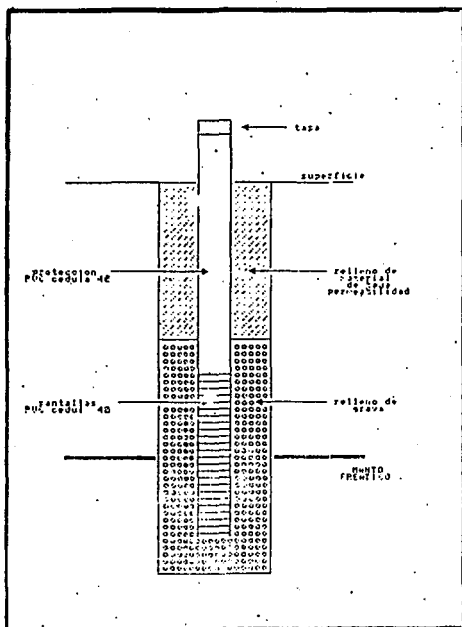


FIGURA 3.6

POZO TIPICO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA

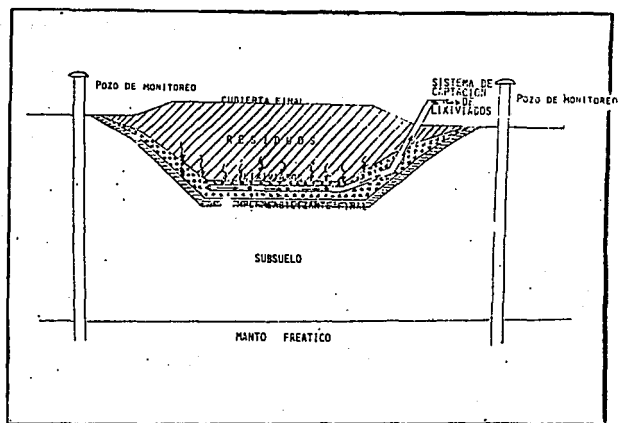


FIGURA 3.7

REPRESENTACION DEL SISTEMA DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA
Y DEL SISTEMA DE LIXIVIADOS

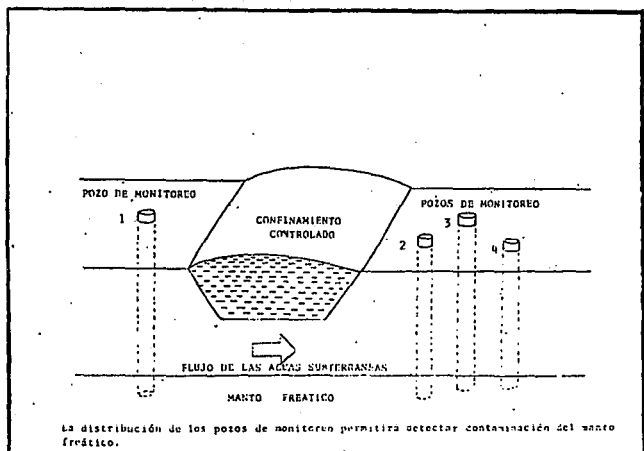


FIGURA 3.8

SISTEMA BASICO DE MONITOREO DEL MANTO FREÁTICO

explosiones y derrames; por lo tanto, al elaborar el plan de emergencia, es imprescindible incluir las acciones a tomar para controlar y mitigar esta clase de percances.

COSTOS DEL CONFINAMIENTO CONTROLADO

En el cuadro 3.15, se enlistan los aspectos que deben tomarse en cuenta para seleccionar un Confinamiento Controlado como alternativa para la disposición final de los DIP (90).

Generalmente, los costos para sistemas relativamente simples usando un terreno natural con sus propios relieves y no requiriendo sistemas de monitoreo de lixiviados, son cerca de 5 a 10 \$ por tonelada seca de desechos a disponerse.

Los sistemas más complicados, requieren de la construcción de un relieve o una membrana sintética impermeable, y pueden alcanzar los 10 a 50 \$ por tonelada seca de desechos a disponerse.

Los costos más importantes son consecuencia del movimiento o traslado de los desechos al Confinamiento Controlado y el revestimiento.

3.3.1.4. TRATAMIENTO AGROQUIMICO

Este proceso fue desarrollado inicialmente hace veinte años por la industria petrolera. Hace algunos años el proceso se aplicó a desechos domésticos y recientemente se aplica a ciertas clases de desechos industriales como los que genera la industria alimenticia, textil, de la madera, el papel, química, del jabón y de los detergentes. Sin embargo, este método de disposición final, no puede ser usado para desechos bioacumulativos, desechos altamente reactivos, tóxicos o radioactivos. Por consiguiente, el Tratamiento Agroquímico no es la principal tecnología para la disposición final de desechos peligrosos en los países de Latinoamérica.

En el caso de Estados Unidos, probablemente la mitad de los desechos petroleros aceitosos generados, es dispuesta por medio de esta tecnología.

Este método depende de la disponibilidad de un terreno bastante grande en las cercanías del punto de generación de los desechos.

Un sistema mal diseñado de este tipo, puede traer problemas de contaminación de aguas superficiales, subterráneas, de aire y del suelo. Si el sistema tiene un buen

CUADRO 3.15

FACTORES QUE REQUIEREN DE ATENCION EN LA SELECCION DE UN
CONFINAMIENTO CONTROLADO COMO SITIO DE DISPOSICION
FINAL DE DIP

TIPO DE FACTOR

INCLUYEN

I. Requerimientos
de Capital

1. - Inversión

a) Inversión directa

Tuberías y desagüe
Cimientos y estructura
Electricidad
Instrumentación y monitoreo
Excavación y preparación del sitio
Edificios
Servicios
Caminos
Equipo para trasladar los desechos
Revestimiento del suelo
Otro equipo necesario

b) Inversión indirecta

Ingeniería
Gastos de contratación y sondeos

c) Contingencias

2. - Otros
requerimientos de
capital

a) Derechos de patente

b) Permisos para iniciar y para
modificación

c) Capital de Inventario

d) Suelo o terreno

II. Requerimientos de
Operación

1. - Materias primas (consumibles, como la gasolina)

2. - Materias primas (no consumibles como las tuberías del drenaje)

3. - Labor de operación

4. - Mantenimiento

5. - Preparación del suelo

6. - Servicios públicos

7. - Gastos generales

funcionamiento, los desechos así dispuestos, son usados eficientemente como acondicionadores del suelo o fertilizantes.

En esta alternativa de disposición, las ventajas resultantes de elegirla, entre ellas, se encuentran las siguientes:

- Efectividad dentro de un intervalo de costos razonables
- Seguridad ambiental en un nivel aceptable
- Uso de procesos naturales que hacen reciclables los desechos
- Relativa simplicidad del proceso, no requiere el mantenimiento sofisticado o equipo propenso a presentar fallas
- Posible mejoramiento de la estructura del suelo y la fertilidad

El Tratamiento Agroquímico de desechos, es una operación relativamente simple, pero sus principales elementos (suelo y desechos), son muy complejos.

El Área superficial del suelo, es un medio donde los procesos biológicos, químicos y físicos se llevan a cabo continuamente para modificar y confinar compuestos dentro de un medio biogeoquímico natural.

La capa de suelos que se utiliza es de 15 a 20 cm de la superficie de la tierra hacia abajo, ya que es en esta zona donde se encuentra un mayor no. de microorganismos como Bacterias anaeróbicas, actinomicetos, macromicetos, y algas; las cuales degradarán los desechos a tratar (82). Los procesos que pueden sufrir dichos desechos, son alguno a más de los siguientes:

- Descomposición
- Lixiviado de los componentes que sean solubles en agua
- Volatilización
- Incorporación al suelo

El requerimiento esencial del proceso, es que exista una biodegradación máxima, siendo deseable la asimilación de los desechos biodegradados hacia el suelo y no directamente ya que pueden ocasionar toxicidad o rompimiento de su estructura.

La volatilización, erosión o generación de lixiviados, son los fenómenos que deben evitarse.

El mecanismo de descomposición, comprende una serie de etapas bioquímicas que transforman el carbono a bióxido de carbono remanente que es asimilado por la acción microbiana, si el suelo cuenta con las cantidades suficientes de nitrógeno y fosfatos, de otra manera, es necesario añadir éstos

componentes mediante la adición de fertilizantes.

El material no biodegradable como metales, sales, coque, arena, polvo, etc., queda remanente en el suelo.

Los principales factores que controlan la biodegradación de los desechos, son los siguientes:

- Composición del desecho.
- Contacto entre el desecho y los microorganismos de los suelos. A menor tamaño de la partícula de los desechos, se maximiza la superficie de contacto.
- La cantidad de oxígeno en el suelo, es esencial para que se lleve a cabo el proceso de biodegradación; si ésta es aerobia, es mucho más rápida y completa que la anaerobia, por ello, por ello se prefiere la primera.
- La rapidez del proceso de biodegradación, disminuye si la temperatura del suelo disminuye; sin embargo, éste no es un factor que se pueda controlar y, por lo tanto, no se considera determinante para el proceso, pero bajo condiciones de baja temperatura, ésta tecnología no se puede aplicar.
- El pH es un factor determinante para la actividad microbiana por lo que debe mantenerse entre 7 y 9. El pH, se controla añadiendo, por ejemplo, cal. El propósito de mantener el pH dentro del intervalo, es evitar la solubilidad de los metales pesados que se encuentran presentes, pues en pH bajos, ésta se incrementa.
- Los Nutrientes Inorgánicos, permiten aumentar la rapidez de biodegradación, son proporcionados mediante fertilizantes comunes, ya sean de nitrógeno o de fósforo. Para conocer la cantidad requerida de éstos, se necesita conocer la concentración de los desechos y la persistencia de los fertilizantes en el suelo. A continuación se mencionan algunas reglas generales para conocer la cantidad de fertilizante que se requiere para acelerar el proceso:
 - a) Para materia que sea rápidamente biodegradable como los desechos farmacéuticos, una parte de nitrógeno por 25 partes de fosfato, pero si así resultara, éste se añade en cantidades del 1 al 10% de la cantidad de nitrógeno necesario.
 - b) Para aquellos desechos que no se degradan rápidamente como los del petróleo, se requiere del 1 al 10% más que lo necesario para los desechos de biodegradación rápida.
 - c) Si los fertilizantes se encuentran en exceso, puede presentarse contaminación de las aguas subterráneas debida principalmente al amonio

- presente en aquellos.
- La Humedad es otro factor importante para la actividad microbiana. La humedad que se considera óptima varía del 50 al 60% de la capacidad del suelo para retenerla. Como regla de dedo, el agua que requiere una planta para crecer, se considera la apropiada para la actividad microbiana.

El suelo contiene un conjunto de pequeños "talleres" que constantemente reciclan la materia orgánica e inorgánica por descomposición (como se ha dicho anteriormente) de la misma en formas que requieren las especies vivas mayores. Este ciclo es natural, representa el mecanismo más importante del proceso de cultivo de la tierra y se lleva a cabo por variadas especies. En poblaciones grandes de microorganismos, se encuentran presentes especies como las que se enlistan en el cuadro 3.15 (25).

Aunque la zona superior del suelo es aeróbica bajo condiciones normales, empieza a ser rápidamente anaeróbica si usa agua saturada o sobrecargada de materia orgánica para riego. Un drenaje adecuado y apropiado, prevendrá las condiciones anaeróbicas.

3.3.1.4.1. DESECHOS QUE SE PUEDEN DISPONER MEDIANTE EL TRATAMIENTO AGROQUÍMICO

Los desechos susceptibles a destinarse mediante la tecnología del Tratamiento Agroquímico, son los que contienen constituyentes orgánicos que puedan sufrir la biodegradación y que no estén sujetos a un lixiviado significativo mientras se lleva a cabo el proceso de degradación. Los desechos de la industria petrolera (como los aceites), de la industria farmacéutica y orgánica, además de los desechos de tratamiento de bio-sólidos, son buenos candidatos en la aplicación de éste tratamiento. No deben tratarse por éste medio desechos que contengan altas concentraciones de componentes peligrosos, como metales pesados, reactivos, tóxicos o radioactivos, como anteriormente se ha dicho. En algunos casos, las propiedades peligrosas de un desecho, pueden ser modificadas o removidas por un pre-tratamiento.

La Bio-persistencia, es un buen indicador de factibilidad del Método Agroquímico. Por supuesto, a una alta bio-persistencia, se hace menos factible el uso de ésta tecnología.

Para grandes cantidades de desecho fluido, una serie sucesiva de cultivo de desecho en suelo (después de la primera aplicación del desecho), complementará el

CUADRO 3.16

CARACTERIZACION TIPICA DE LOS MICROORGANISMOS PRESENTES
EN LOS SUELOSMICROORGANISMOS EN EL SUELO
11 * 10 EXP -4

| PROFUNDIDAD | 3-8 | 30-25 | 35-40 | 57-75 | 135-145 |
|--------------------------|------|-------|-------|-------|---------|
| Bacterias Aeróbicas | 780 | 180 | 47 | 1 | 0.1 |
| Bacterias Anaeróbicas | 195 | 87.9 | 9.8 | 0.1 | 0.04 |
| Actinomicetos | 208 | 24.5 | 4.9 | 0.5 | - |
| Hongos | 11.9 | 5 | 1.4 | 0.6 | 0.3 |
| Algas | 2.5 | 0.5 | 0.05 | 0.01 | - |

contacto necesario. Para desechos sólidos o semisólidos, un instrumento mecánico debe ser usado para triturar, pulverizar o de otra manera, hacer máxima el área superficial del desecho antes de su incorporación en el suelo.

REQUERIMIENTOS

A continuación, se describen los elementos esenciales de un proyecto de Tratamiento Agroquímico ("Landfarming").

1. Evaluación preliminar del sitio

El sitio debe ser cultivable con equipo ordinario.

Esta evaluación, involucra dos tipos de información: técnica y socioeconómica. La primera, se refiere a las condiciones hidrológicas, topográficas, climáticas y de suelos, mientras la segunda se avoca al conocimiento del uso del suelo, de la región elegida para aplicar esta tecnología; localización de las fuentes generadoras de los desechos, la legislación local, la existencia de recursos y poblaciones cercanas al sitio, así como el conocimiento de la existencia de otras formas de tratamiento y disposición.

El conjunto de conocimientos acerca del sitio, tienen como objetivo minimizar la probabilidad de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, así como de evitar emisiones a la atmósfera.

El sitio seleccionado, debe ser suficientemente plano, afin de evitar o minimizar la erosión, y tener el declive exacto, para prevenir que se formen lagunas.

Debe conocerse la geología del subsuelo de manera que se seleccione aquel sitio que no presente fallas, cavernas u otras hendiduras que permitan que fluyan por éstas las aguas subterráneas. Los mantos acuíferos no deben encontrarse a menos de tres metros de profundidad, aun cuando el suelo contenga un alto contenido de arcilla. En caso de ser necesario, se empleará un recubrimiento impermeable.

2. Caracterización de suelos

Se requiere un estudio profundo de las características del suelo, a fin de efectuar pruebas a éste, a nivel laboratorio y anivel piloto, en el sitio seleccionado.

Las características que son de interés determinar, incluyen:

- tipo y cantidad de microorganismos

(cuadro 2.10)

- granulometría del suelo
- capacidad de retención de humedad
- contenido de materia orgánica
- vegetación natural de la zona
- pH
- usos futuros del suelo, etc.

Una vez elegido el sitio, se toman muestras del terreno a una profundidad de 2.5 a 3.0 metros. Los análisis que se deben aplicar a éstas, se llevan a cabo con el objetivo de conocer la capacidad del suelo para aceptar los desechos, y son las siguientes:

- tipo de suelo
- capacidad de intercambio catiónico del SUELO

3. Caracterización de los desechos

Es necesario conocer las características peligrosas de los desechos a tratar, y en caso de ser peligrosos, debe tenerse en cuenta métodos de pre-tratamiento, la selección de los métodos de pre-tratamiento, se debe hacer con un estudio detallado de las características físicas, químicas y biológicas de dichos desechos. En algunos casos, se les aplica pre-tratamiento para posteriormente aplicar el proceso o bien para aumentar la rapidez y eficiencia de degradación.

El programa de operación para determinar la cantidad de desechos que es posible tratar mediante el método, debe evaluarse mediante pruebas piloto.

Los análisis que se aplican para caracterizar a los desechos, son los siguientes:

- a) contenido de metales:
 - Arsénico, bario, cadmio, cromo
 - Cobre, mercurio, plomo, nitratos
 - Selenio, plata, sodio, cinc
- b) pH
- c) constituyentes orgánicos específicos (pesticidas)

4. Comportamiento de los desechos en el suelo

Debe tenerse información sobre el comportamiento de los desechos ya sea mediante bibliografía o por pruebas previas.

Los puntos que deben ser evaluados, son: la rapidez y capacidad de degradación, su movilidad y persistencia.

Otro punto importante que debe ser considerado, es que el estudio se torna más complejo cuando se tratan más de dos desechos.

5. Interacción Desecho-Suelo

El éxito de un proceso de Tratamiento Agroquímico, depende en gran medida de los resultados de los estudios preliminares y de su evaluación son: a nivel piloto. Esta información tiene como objetivo garantizar la degradación, transformación o inmovilización de los componentes activos de los desechos. Otra información importante, es conocer la cantidad total de los desechos que podrá ser tratada por una unidad de área, la capacidad de asimilación del suelo para varios desechos, así como los parámetros a ser monitoreados en el área requerida para el tratamiento de una cantidad determinada de desechos.

6. Plan de Operación

Para que el desarrollo del sistema sea adecuado, debe elaborarse un plan de operación. Los puntos importantes que deben considerarse, son: el manejo de las aguas pluviales, control de escurrimientos, la metodología para la aplicación de los desechos, el control de las emisiones a la atmósfera (incluyendo olores, partículas y elementos volátiles), el control de la erosión, el recubrimiento vegetal, los registros, inspecciones y relaciones de eventos, así como el mantenimiento de todos los elementos de la obra.

En resumen, un plan de operación, deberá tener un control adecuado de la aplicación de los desechos, previendo la mayor variedad de condiciones que sean posibles.

7. Aplicación del Desecho en el suelo

El desecho debe ser distribuido de manera uniforme. Los desechos fluidos pueden ser aplicados por un tractor con un tanque con un brazo de distribución o "manifold" (returidor multiple).

Los desechos sólidos o semisólidos, pueden ser aplicados por un tractor normal y un tractor con atomizador.

Algunos desechos líquidos, son mejor aplicados directamente en el subsuelo, para reducir problemas de olor (por ejemplo).

El desecho, debe ser mezclado efectivamente dentro de la zona superior del suelo, usando un disco o arado rotatorio que hará surcos sobre la tierra. Algunos operadores de terrenos destinados al Tratamiento Agroquímico, los dan previamente secos antes de mezclarlos con la tierra, afirmando que ésta operación da como resultado un mezclado de tierra-desecho más efectiva.

A continuación se describe en forma general, la manera en que opera una unidad de Tratamiento Agroquímico (Landfarming):

Los desechos se mezclan, como se ha descrito anteriormente, con las tierras de la zona de arado; se recomienda que éstos, se sequen un poco, pues la experiencia señala que el mezclado es más efectivo. Si se requieren fertilizantes, éste es el momento adecuado para aplicarlo. El pH debe ser verificado para que se encuentre un intervalo entre 7 y 9.

Se efectúa remoción periódica de los terrenos para facilitar la aereación y el contacto de éste con los desechos. Las adiciones subsiguientes de los desechos, dependen de las características de éstos; por ejemplo, para desechos del petróleo (aceitosos), las adiciones se realizan cada 4 a 8 semanas, excepto durante el verano.

Asimismo, se recomienda monitorear periódicamente para conocer la degradación del desecho y detectar cualquier contaminación de aguas subterráneas. La prueba debe efectuarse por lo menos una vez al año.

8. Plan de Emergencia

La elaboración de un plan de emergencia, es requisito indispensable para todo proceso, por ello debe contarse con uno que involucre medidas a tomar cuando se presenten eventos de derrame, aplicación incorrecta de cantidades de desechos mayores a las proyectadas, daños al sistema de control de aguas pluviales, detección de contaminación del manto freático, fuego o explosiones.

En la figura 3.9, se presentan las etapas que se requiere evaluar para la elaboración de un proyecto de "Landfarming".

9. Costos de una Unidad de Tratamiento Agroquímico

El costo típico de una Unidad de Tratamiento Agroquímico de DIP, es para el caso de desechos aceitosos de cerca de \$16.50/toneladas de desecho o \$2.75/bbl.

3.3.1.5. INYECCION EN POZOS PROFUNDOS

La tecnología de inyección de los desechos líquidos peligrosos o no peligrosos, ha sido desarrollada en base a la experiencia de la industria petrolera.

El método consiste en construir pozos profundos, aprovechando la tecnología que utiliza dicha industria. Cuando se decide optar por el uso de éste sistema, al planear, construir y operar, debe tenerse en mente la protección total de las aguas subterráneas prioritaria y subsiguientemente la

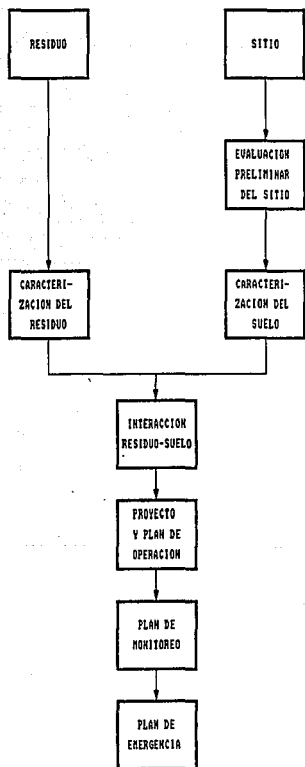


Fig. 3.9 DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRATAMIENTO AGROQUIMICO (LANDFARMING)

protección del petróleo, gas o minerales que son provechosos para el hombre.

Un sistema de disposición mediante pozos profundos, debe contar con un área de disposición, un pozo y un espacio para el pre-tratamiento de los desechos líquidos. La zona de disposición, debe estar colocada abajo de los acuíferos de agua potable y aislada de ellos por un estrato relativamente impermeable y resistente a la fractura tal como pizarra, piedra caliza o dolomita.

La zona debe contener totalmente los líquidos y no tener otra utilidad.

La profundidad de la zona de disposición varía de pocos cientos a miles de pies.

Los pozos de disposición son construídos usando tecnología probada por la industria " gas-aceite " (petrolera), incorporando adaptaciones especiales a problemas específicos de inyección de desechos.

La zona seleccionada, no debe tener ningún otro valor provechoso.

Un factor muy importante para determinar si es factible la utilización de éste método, es la compatibilidad de los desechos con los materiales de construcción.

La inyección se realiza bombeando desechos hacia las formaciones de piedra permeable (piedra arenisca y caliza), aislada de las aguas subterráneas, y del estrato productivo fuente de minerales, petróleo y gas natural.

La profundidad más usada de los pozos, se encuentra en el rango de los 1000 a 6000 pies, y las principales industrias usuarias son las de químicos y la de refinación del petróleo.

Lo atractivo de ésta tecnología, es su costo relativamente bajo en comparación con el de la Incineración. Sin embargo, la inyección en los pozos profundos es una tecnología controversial, y sus críticos dicen que falta el conocimiento preciso sobre el destino de los desechos. También se dice que los fenómenos naturales como temblores, terremotos, etc, pueden dañar los pozos.

3.3.1.5.1. TIPO DE DESECHOS QUE PUEDEN DISPONERSE MEDIANTE ESTA TECNOLOGIA

Los desechos de una amplia

variedad de industrias, pueden ser inyectados en pozos profundos. Estos varían desde los relativamente inocuos, hasta algunos altamente tóxicos, y de los prácticamente inertes, hasta los altamente reactivos. Se pueden disponer gases y sólidos (cuyo diámetro sea menor a una micra), disueltos en líquidos (soluciones o emulsiones).

Los desechos químicos encontrados frecuentemente en corrientes de desecho que han sido inyectados en pozos profundos, pueden por su naturaleza, ser divididos en dos grupos:

a) Orgánicos

Acidos: Ac. maléico, fórmico, adípico, cresílico, salicílico y acético.
 Alcoholes: Metanol, ter-butanol, fenol e isopropanol.
 Disolventes: Acetona, tolueno, xilenos, formaldehído, etilbenceno, benzaldehído y metil etil cetona.
 Otros Compuestos: Acetato de sodio, acetato de potasio, nftenato de sodio, cresilato de sodio.
 Estructuras de elevado Peso Molecular: Estireno (Polímeros) y resinas poliméricas.

b) Inorgánicos

Acidos: Ac. sulfurico, clorhídrico, fosfórico.
 Bases: Hidróxido de sodio.
 Sales: Cloruro de sodio, sulfato de sodio, sulfuro de sodio, carbonato de sodio, sulfito de sodio, sulfuro de arsénico, bisulfato de amonio, bromuro de sodio y carbonato de calcio.

Toda corriente de desecho, tiene características propias que pueden ser complicadas y hacer imposible el uso de un método de disposición de superficie. Una corriente conteniendo hidrocarburos clorados (ejemplo: nitrobenzeno) y subproductos, es un candidato para aplicar la disposición en pozos profundos ya que éstos compuestos son difíciles de destruir por métodos convencionales. Dicha corriente, podría contener también grandes cantidades de agua y sales inorgánicas. Aunque la incineración podría ser un método aceptable de disposición, es requerida una gran cantidad de energía para oxidar la corriente del desecho, y la operación de lavado resultante podría incrementar el volumen del desecho.

Algunos compuestos orgánicos, como el alcohol terbutílico, son no degradables biológicamente; mientras que otros como la acetona, no es tratable por una adsorción con carbón activado. La sales inorgánicas, son otro grupo difícil de descomponer.

Los usuarios más representativos que recurren al método de inyección de desechos en pozos profundos como un medio de disposición final de los mismos,

son los siguientes: la industria química, la petroquímica, la farmacéutica, las refinerías y las plantas de gas natural, la metalurgia, la alimenticia y la industria de la pulpa y el papel.

3.3.1.5.2. PRE-TRATAMIENTO ANTES DE LA INYECCION DE LOS DESECHOS

El propósito del pre-tratamiento, es prevenir el taponamiento de la zona de disposición y el daño al equipo.

Es muy conveniente remover por filtración y/o clarificación todos los sólidos, excepto cuando se trate de una zona cavernosa, ya que la acumulación de sólido puede crear un tapón.

En muchos casos, los constituyentes disueltos, reaccionarán con el fluido, causando precipitados que eventualmente causarán un taponamiento y reducirán la capacidad de retención de la zona de disposición. Tales reacciones pueden categorizarse como a continuación se enlistan: a) Precipitación de metales alcalinotérreos (Ca, Ba, Sr y Mg) como carbonatos relativamente insolubles, sulfatos, ortosulfatos, fluoruros e hidróxidos. b) Precipitación de metales como el Fe, Cd, Zn y Cr como carbonatos insolubles, hidróxidos, ortofosfatos y sulfuros. c) Precipitación de productos de reacciones de Oxido-reducción.

Los constituyentes objetables, deben ser removidos o neutralizados por tratamientos químicos y separación líquido-sólido. Los sólidos y todos que se acumulan del pre-tratamiento, son periódicamente recuperados y dispuestos en un sitio de relleno industrial.

3.3.1.5.3. SELECCION DEL SITIO

Aunque existe información geológica disponible para definir las áreas en las cuales es factible la construcción de pozos profundos de inyección y donde éstos pueden operarse de manera segura. Las áreas donde la inyección es posible, puede ocasionar efectos perjudiciales al medio ambiente; en áreas donde la inyección es imposible, el daño al medio ambiente, será marginal o permanente.

La factibilidad de un buen sitio dentro de un área aceptable, puede ser determinada usando los siguientes criterios:

- 1 Uniformidad
- 2 Gran extensión
- 3 Grosor sustancial

- 4 Alta porosidad y permeabilidad
- 5 Baja presión
- 6 Acuíferos salados
- 7 Separación de horizontes de agua potable
- 8 Relieve demasiado acentuado o demasiado liso
- 9 Pozos no taponados en áreas cercanas al sitio
- 10 Compatibilidad entre la mineralogía y los desechos inyectados

En general, la zona seleccionada debe estar constituida de materiales como cal, dolomita, piedra caliza, ya que son no porosas y generalmente improductivas.

Las formaciones altamente fracturadas, son los candidatos perfectos para la disposición de desechos por inyección de pozos.

La gran profundidad que deben tener los pozos, significa grandes inversiones de perforación, grandes presiones de inyección y más problemas potenciales, la zona de disposición elegida será poco profunda pero contando con el grosor necesario y la adecuada permeabilidad y porosidad para un desecho en particular.

Debe existir más de una zona, para que se cuente con un sitio alternativo en caso de emergencia.

3.3.1.5.4. PERFORACION Y TERMINACION DE POZOS PROFUNDOS PARA LA INYECCION DE LOS DESECHOS

El diseño de un sistema de inyección, debe estar basado en el tipo de zona de disposición, su permeabilidad y capacidad de almacenamiento, el volumen del desecho que será inyectado, además del tipo de desecho.

En la perforación y la terminación de pozos de disposición de desechos, las técnicas empleadas serán las mismas que las usadas para la perforación de pozos de petróleo y gas natural. Sin embargo, existen detalles específicos que necesitan de atención especial. La envoltura de la superficie, debe colocarse bajo la base del acuífero de agua potable y cimentarse a lo largo de toda la superficie. Todos los materiales de construcción que puedan estar en contacto con los desechos líquidos, deben ser seleccionados con base a su compatibilidad. Esto incluye las válvulas, bombas, tuberías, tanques de almacenamiento, filtros, válvulas en la cabeza del pozo, envolturas y cimentación, etc.

El espacio anular en el pozo entre el tubo de inyección y la envoltura de protección es

rellenado con biocidas e inhibidores de la corrosión para la protección de los metales involucrados. La perforación del pozo, utiliza lodos de perforación que contienen cantidades considerables de materiales arcillosos, geles y barita. Antes de alcanzar la zona de disposición, el fluido del pozo se desplaza mediante una solución que no contiene sólidos, por lo que dicha zona no se contaminará con los lodos de perforación. Esta solución es una salmuera conteniendo un polímero con propiedades lixotrópicas. La concentración de la salmuera, se ajusta para controlar la densidad del fluido y así, mantener la presión de la zona de disposición bajo control permanente.

Un sistema de inyección, no debe ser, diseñado e instalado con la expectativa de una vida de operación exitosa a menos que los efectos de todos los parámetros relacionados con el medio, el desecho y las dimensiones físicas del pozo, estén incluidas dentro del diseño (figura 3.10).

La zona de disposición, debe ser evaluada mediante la toma de muestras que serán analizadas en el laboratorio a fin de conocer la compatibilidad de ésta con los líquidos a disponer.

La terminación del pozo, se efectúa primeramente asegurando una limpieza total de cualquier desecho remanente de la perforación. Unos miles de barriles de agua provenientes de las actividades de limpieza del pozo, son recolectadas y reinyectadas en su oportunidad a presión y velocidad controlada.

La velocidad de inyección varía de 75 a 1000 gal/min, siendo la velocidad promedio de 250 a 300 gal/min.

La figura 3.10, muestra un pozo de inyección típico en piedra caliza o dolomita.

3.3.1.5.5. MONITOREO EN LOS POZOS DE INYECCION

El sistema de inyección está instrumentado para registrar continuamente las presiones y velocidades de inyección. Cualquier variación inusual en alguno de éstos, será el primer aviso para hacer una revisión completa del sistema para resolver todas las irregularidades.

Este dispositivo de control de P y T, se coloca en el espacio anular entre el tubo de inyección y la cubierta protectora.

Si el pozo tiene un mantenimiento adecuado, tendrá una larga vida de servicio.

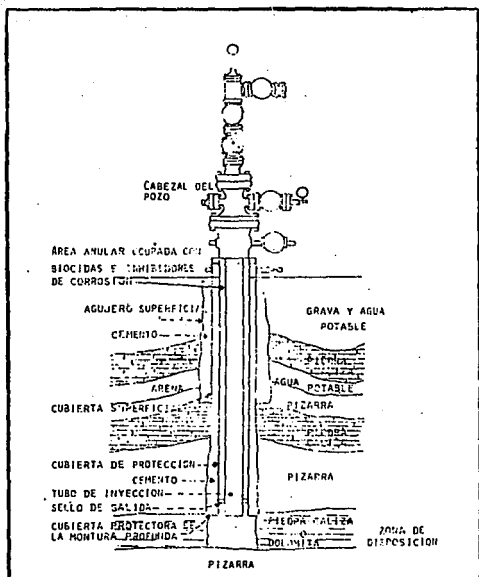


FIGURA 3.10

POZO DE INYECCION PROFUNDA EN PIEDRA CALIZA O DOLOMITA

3.3.1.5.6. COSTOS

Entre los factores que determinan la economía de un sistema de inyección de desechos en pozos profundos, los principales son:

- 1 La profundidad de la zona de disposición
- 2 La velocidad de inyección propuesta
- 3 El tratamiento antes de la inyección (si requiere)
- 4 Los costos de perforación
- 5 Los costos de potencia
- 6 Los costos de operación
- 7 Los costos de mantenimiento

Los costos varían con cada operación, pero en general, la instalación de sistemas de disposición por inyección de pozos, requiere de una inversión de cerca de tres cuartos a un millón de dólares.

A continuación, se reportan los costos de un pozo cuya profundidad es de una milla:

Velocidad de inyección: 6 millas gal/mes (140 \$/año)
 Costo mantenimiento: 60 000 \$/año
 Costo energía: 2 cive \$/año

3.3.1.5.7. IMPLICACIONES QUE REPRESENTA LA INYECCION DE DESECHOS

El objetivo de la disposición en pozos profundos de desechos químicos, es el aislamiento de éstos de la biósfera; mediante su inyección en basamentos de rocas de tipo sedimentario. A continuación se describen las implicaciones que esto representa:

- 1 No se ha llegado a un acuerdo acerca del origen de los basamentos profundos de salmueras, y por ello no se sabe como se desarrolla la función hidrológica.
- 2 No existen técnicas precisas para determinar la edad de las salmueras a profundidad y consecuentemente es difícil evaluar el tiempo en que los desechos inyectados permanecerán ahí.
- 3 Si el subsuelo permite el flujo de fluidos de manera cruzada, entonces los desechos químicos se filtran a través de las rocas de baja permeabilidad.
- 4 La distribución de permeabilidad y sus diferentes tipos, tiene un control sobre que tan lejos y que tan rápidamente pueden migrar los desechos inyectados.

3.3.1.5.8. RECOMENDACIONES

Esta forma de disposición de desechos, se toma en cuenta cuando han sido evaluadas todas las demás vías y ninguno de ellos resultó satisfactorio.

A continuación se proporcionan algunos ejemplos de los desechos que resultan ser excelentes candidatos a disponerse mediante éste método:

- Triclorobenceno y productos similares.
- Sales inorgánicas, ya que para éstas como para el caso anterior, los requerimientos de energía para su incineración son muy elevados.
- Alcohol terbutílico, ya que no es biodegradable.
- Etilbenceno. Después de su tratamiento, el efluente resultante contiene altos valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la DTO (Demanda Total de Oxígeno), o de STD (Sólidos Totales Disueltos).

En el cuadro 3.17, muestra algunas condiciones de operación para algunos desechos.

3.3.1.6. LANZAMIENTO AL MAR

El lanzamiento de los desechos peligrosos o de cualquier otro tipo de desechos en el mar, no es de ninguna manera favorable por dañar la vida marina y por existir la posibilidad de bioacumulación de sustancias tóxicas; por lo tanto, es recomendable que si alguien pretende hacerlo, se tome conciencia del daño que esto causará y se busque otra manera de disponer sus desechos.

En algunos países, existen legislaciones estrictas sobre el caso, en otros sitios, no está regulado éste fenómeno de ninguna manera. En ciertos países, no se prohíbe el lanzamiento al mar de desechos peligrosos y no peligrosos.

3.3.1.7. COMPOSTO

Técnicamente hablando, el método de composto es factible para practicar en desechos biodegradables (Ejemplos: los desechos provenientes de la industria alimenticia), pero es muy limitada la posibilidad de comercializar el composto producido de los desechos de la industria química orgánica por su imagen y por la posibilidad de bioacumulación de algunos químicos. Asimismo, la excesiva existencia de sustancias tóxicas dañará la actividad microbiológica a desarrollarse en el proceso de Compostificación. Por lo anterior, la tecnología de composto no

CUADRO 3.17

CONDICIONES DE OPERACION PARA ALGUNOS TIPOS DE DESECHO

| DESECHOS | FLUJO (Gal) | PRESION (Psi) | COMPONENTES |
|---|-------------|---------------|---|
| Ac. Clorhídrico | 17 500 | 260 a 940 | - Cloruros - Hierro - HCl - Manganeso - Cu y Ni - Zn y Pb - Cr |
| Residuos de la producción de pesticidas | 186 000 | 450 a 616 | - Hidrocarburos clorinados volátiles - Cloruros - NaOH - Clordano - Hidrocarburos clorinados no volátiles |

tendrá importancia como alternativa de disposición final de desechos Peligrosos Industriales.

En el Japón, algunas estadísticas muestran que los estándares temporales de metales pesados en el composto producido de desechos sólidos domésticos, son: Hg, menos de 2 ppm; Cd, menos de 5 ppm y Arsénico, menos de 50 ppm.

Si la basura que contiene desperdicio de latas metálicas se utiliza para la producción de composto, se sobrepasarán éstos estándares, razón por la cual la clasificación de la basura es un requisito indispensable en éste método.

3.3.2. COMPARACION DE COSTOS DE LOS METODOS DE DISPOSICION FINAL DE DESECHOS

Los costos de las alternativas ambientales adecuadas, son bastante altos en comparación con los de las prácticas inadecuadas (como los vertederos a cielo abierto). Estos costos, varían además dependiendo del tipo y volumen del desecho a disponer, y la alternativa seleccionada. En el cuadro 8.18, se muestra una comparación de los costos de las principales alternativas de disposición final usadas en los Estados Unidos en el año de 1980 para desechos peligrosos (93).

CUADRO 3.18

COSTOS (*) COMPARATIVOS DE LA PRINCIPALES ALTERNATIVAS DE ELIMINACION DE LOS DESECHOS PELIGROSOS EN LOS ESTADOS UNIDOS (1980)

| ALTERNATIVA | DLS. /TON METRICA |
|---|--------------------------|
| Relleno Industrial Químico asegurado | 80 - 55 |
| Incineración Terrestre | 75 - 200 (110 típico) |
| Tratamiento Agroquímico | 2 - 25 (15 típico) |
| Inyección en pozos profundos | 80 - 60 |
| Fijación Química | 10 - 80 |

(*) No incluyen los costos de transporte

CAPITULO IV

4. PROPUESTA Y DISCUSION

4.1. INCINERACION

El propósito de la Incineración, es producir óxidos estables que puedan ser liberados en el medio ambiente sin causar efectos nocivos.

Un proceso rentable, depende de la habilidad de alcanzar las siguientes condiciones básicas de operación:

- 1.- Lograr una temperatura relativamente consistente para conducir a una combustión adecuada y completa. La velocidad de combustión, depende del calor de combustión (figura 4.1) (84).
- 2.- Producir un mezclado completo de los gases de combustión.
- 3.- Tener una retención adecuada para permitir que ocurra la cinética típica de la combustión.
- 4.- Suministrar la cantidad adecuada de oxígeno para maximizar la reacción, sin un enfriamiento excesivo de los productos de combustión. Esto se logra, por el control de flujo del aire.

De manera general, los siguientes, son los factores que tienen una importancia significativa en el diseño de un Incinerador:

- a) Control de la alimentación de los desechos:
 - Almacenamiento
 - Análisis
 - Operación
- b) Control de la combustión:
 - Control de la alimentación de los desechos
 - Exceso de aire
- c) Quemador auxiliar:
 - Tamaño
 - Configuración
 - Escoria
 - Temperatura
- d) Control de emisiones a la atmósfera:
 - Purificación de gases
 - Remoción de partículas
 - Enfriamiento de gases
- e) Monitoreo de gases emitidos

El CONTROL DE LA ALIMENTACION DE LOS DESECHOS, empieza por un análisis químico inicial, y esto ayuda a la recepción de los mismos, al almacenamiento, al mezclado y a la alimentación al incinerador.

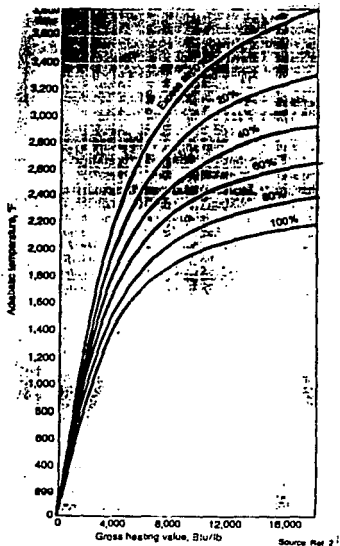


FIGURA 4.1

VALOR DEL CONTENIDO ENERGETICO DE LOS DESECHOS.
FACTOR QUE INFLUENCIA LA TEMPERATURA EN EL INCINERADOR

La composición de los desechos, debe cumplir con ciertos criterios límite:

- Contenido calorífico, KJ/Kg (BTU/lb)
- Viscosidad
- Contenido de Halógenos (N)
- Contenido de cenizas (N)
- Contenido de S
- Contenido de P
- Contenido de Na
- Contenido de Silicón
- Acidez

CONTROL DE LA COMBUSTION: Como cualquier proceso de combustión, las proporciones del combustible y del aire alimentado, deben ser controladas cuidadosamente para asegurar la combustión completa.

El combustible líquido, debe ser cuidadosamente atomizado y suministrado un exceso de aire adecuado para asegurar que el requerimiento de oxígeno, esté siempre presente.

El proporcionar el aire adecuado para la combustión completa; ésta, es una consideración importante en el diseño.

CONTROL DE LAS EMISIONES: La salida de gases del quemador auxiliar, debe ser enfriada y purificada antes de que sea descargada a la atmósfera. Esta tarea es difícil por la naturaleza de los gases. Dependiendo de la composición del desecho alimentado, el gas puede contener concentraciones variables de:

- Cloruro de hidrógeno (HCl)
- Bromuro de hidrógeno (HBr)
- Fluoruro de hidrógeno (HF)
- Oxidos de azufre (SOx)
- Oxidos de nitrógeno (NOx)
- Oxidos de fósforo (POx)
- Oxidos de Na
- Oxidos de Silicón
- Oxidos y Carbonatos metálicos variados; es decir, de Pb, Fe, Ti, Cu, Ni, Al, Mg, Zn, Cd, As, Mo, Ba, Mn
- Compuestos varios de Na, Ca, Ba y K
- Trazas de Hidrocarburos

QUEMADORES AUXILIARES: Los quemadores auxiliares deben diseñarse para satisfacer los requerimientos de tiempo de residencia.

La cámara del quemador auxiliar no sólo funciona como un lugar para proporcionar el tiempo de residencia dentro de la instalación, sino que otros eventos tienen lugar ahí mismo.

Los gases de combustión de los desechos peligrosos, contienen cenizas dispersas, sales fundidas, Oxidos metálicos, carbonatos y otros materiales formando escoria.

Las escorias, pueden formarse en el interior de los hornos y, a la temperatura de la cámara, muchos de esos materiales fluirán.

La configuración de la cámara del quemador auxiliar, debe ser diseñado para promover remociones continuas de las escorias en la corriente. El diseño objetivo, debe incluir la minimización del gradiente de la temperatura; es decir, crear perfiles de temperatura uniformes a lo largo de la cámara. El diseño debe fomentar el mezclado de gas para producir el equilibrio de la temperatura.

MONITOREO DE LOS GASES A LA SALIDA: De acuerdo a ciertas normas que se han hecho acerca del método de monitoreo de gases de combustión en los Incineradores (84), es necesario hacer un monitoreo de: CO, CO₂, exceso de oxígeno, partículas, HCl y NOx.

El Monóxido de Carbono, puede ser continuamente medido con confianza y exactitud, usando un Analizador Infrarrojo No Dispersivo. El Oxígeno, puede ser medido continua y certeramente, de manera directa en el quemador auxiliar de alta temperatura, usando un elemento sensitivo de Oxido Cerámico de Zirconio, el cual cuando es calentado, es un conductor electroiítico. Este fenómeno, es utilizado para medir flujos de oxígeno gaseoso en una muestra de aire de referencia. El diferencial de la presión parcial, genera un Voltaje adecuado para indicar y registrar la Concentración de Oxígeno.

El Total de Hidrocarburos, puede ser analizado satisfactoriamente, basándose en el Principio de Detección de Ionización de la Flama. Los instrumentos disponibles, tienen una sensibilidad satisfactoria y sus datos son verdaderos.

El método de Incineración para la eliminación de los DIP, es uno de los más factibles con respecto al beneficio que de él se obtiene: la Reducción del Volumen de los mismos, la eliminación de los constituyentes bacteriológicos y virológicos sensibles a altas temperaturas y la destrucción de los componentes tóxicos, proporcionando en la mayoría de los casos la posibilidad de recuperar calor a través de los desechos.

El cuadro 4.1, enlista las consideraciones básicas que deben tomarse en cuenta en la selección de un Sistema de Incineración (85).

4.1.1. CLASIFICACION DE LOS INCINERADORES

Los incineradores, pueden ser clasificados de diversas formas, en éste caso, tomaremos en cuenta su clasificación dependiendo de su tipo y de su uso. De acuerdo al tipo, se clasifican en:

- Convencionales

CUADRO 4.1

CONSIDERACIONES BASICAS PARA LA SELECCION DE UN SISTEMA DE INCINERACION EN LA ELIMINACION DE LOS DESECHOS PELIGROSOS

CONSIDERACIONES

| | |
|----------------------------|---|
| Tipo de desecho | Sólido, Líquido, gas |
| Análisis inorgánico | C, H ₂ , O ₂ , N ₂ , H ₂ O, S y cenizas |
| Metales | Ca, Na, Cu, Va, etc. |
| Halógenos | Bromuros, cloruros, fluoruros |
| Contenido energético | BTU/lb |
| Sólidos | Tamaño, forma, cantidad |
| Líquidos | Viscosidad como función de la temperatura, la gravedad específica e impurezas |
| Gases | Densidad e impurezas |
| Características especiales | Toxicidad, corrosividad y características poco comunes |
| Velocidades de disposición | Máxima, promedio y mínima (presente y futuro) |

- Sistemas con Recuperación de Calor
- Escorificadores
- Sistemas con suspensión de fuego
- De lechos fluidizantes

De acuerdo a su uso, se tendrán los siguientes:

- Municipales
- Industriales
- Patológicos (Hospitalarios)
- Domésticos
- Domésticos

INCINERADORES CONVENCIONALES: Son los más usados, no hay recuperación de calor. Son hornos refractarios y los desechos se destruyen por combustión con aire. Estos hornos, pueden ser fijos o rotatorios. La cantidad de aire a utilizar, es mayor que la teórica necesaria para la combustión; esto es con el propósito de no alcanzar temperaturas excesivamente altas.

Los diseños más comunes, son los de parillas móviles, donde la combustión se da mediante una agitación adecuada y un paso inferior y continuo de aire.

SISTEMAS CON RECUPERACION DE CALOR: La forma más simple de recuperar calor, se logra instalando una caldera de calor residual, a un incinerador convencional. Así se extrae calor de los gases de combustión, para obtener generalmente vapor de baja presión.

Si se hace circular una corriente de agua o vapor, se obtiene una recuperación de calor más efectiva, y se reduce el tamaño del equipo de control de contaminación del aire.

El vapor de alta presión, sirve para accionar turbinas (generación de energía eléctrica).

ESCORIFICADORES: Si en un incinerador convencional se aumenta la temperatura de combustión, por reducción de la corriente de aire, se obtiene un residuo líquido que frío proporciona un material útil para verederos. Con éste sistema, se reduce el volumen de gas simplificando el control de la contaminación del aire.

SISTEMAS POR SUSPENSION DE FUEGO: Los desperdicios pulverizados, están en suspensión en una corriente de aire que se introduce en la zona de combustión, donde se queman.

Los gases de combustión trasladan gran parte de los desechos o cenizas fuera de la zona de combustión, a la zona de control donde se recuperan para evitar la contaminación del aire.

Debe considerarse la eliminación de las cenizas, de tal forma que se evite la contaminación tanto del agua como del suelo. Debe asentarse, que es difícil mantener éste tipo de horno

limpio; además se necesita tener un operador encargado de la incineración de manera permanente.

El combustible auxiliar y los quemadores, deben ser los adecuados.

Las condiciones necesarias para una combustión óptima, son las siguientes:

- Debe conservarse una temperatura elevada para que se inicie la ignición del material
- Debe tenerse el tiempo suficiente para que la reacción entre el combustible y el aire de combustión se lleve a cabo.
- Un buen mezclado del aire y el combustible, se obtiene mediante un buen nivel de turbulencia.
- El caudal de aire debe ser suficiente para quemar todo el combustible.

DOMICILIARIOS: Constituyen una fuente de contaminación atmosférica, motivo por el cual se ha reducido su uso.

Algunos inconvenientes en éste caso, son las siguientes:

- La cámara de combustión, era de mayor capacidad que la cantidad de desechos a incinerar. El calor generado, no alcanzaba a calentar suficientemente la cámara de combustión, y por lo tanto la oxidación era incompleta. El volumen mínimo era de 1.5 m³.
- Si los desechos contenían papel o cartón, éstos se quemaban rápidamente pero la combustión que era de corta duración, producía grandes corrientes que arrastra el material parcialmente quemado.
- No usan equipos de control (Ciclones, lavadores, etc.).
- Por razones de práctica laboral, el funcionamiento no está dentro de los horarios más convenientes desde el punto de vista meteorológico.

COMERCIALES: Los desechos que manejan generalmente, son papel y cartón. Puede haber recuperación parcial de los desechos. Estos incineradores, son más usados para quemar documentos y billetes usados.

4.1.2. INCINERADORES COMERCIALES MAS USADOS

Los incineradores que más se usan en la industria, son los que a continuación se enlistan:

- Hornos de Hogar Múltiple
- Incineradores de Lecho Fluidizado
- Incineradores de Desechos Líquidos
- Sistemas de Inflamación de desechos gaseosos
- Incineradores de Flama Directa

- Combustores Catalíticos
- Hornos Rotatorios
- Unidades de Oxidación con aire Humedo
- Incineradores de Sal Fundida
- Incinerador de Cámara Múltiple
- Incinerador Montado en Embarcaciones

En el cuadro 4.2, se enlistan las condiciones de operación para los más usados (35).

4.1.3. DESCRIPCIÓN, PRINCIPIO DE OPERACIÓN, APLICABILIDAD Y CAUSAS DE REDUCCIÓN EN LA EFICIENCIA DE LOS INCINERADORES INDUSTRIALES DISPONIBLES COMERCIALMENTE

4.1.3.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE UN INCINERADOR

En la selección y comparación de los diferentes incineradores comerciales para la eliminación de diferentes desechos, la forma física de los mismos (sólido, líquido, gases y lodos), es más importante que sus propiedades químicas. Las características químicas más importantes, son los contenidos de Na y Cl en los desechos. Aquellos que contienen grandes cantidades de Halógenos, pueden sobrecargar el equipo de lavado en ciertos incineradores o requerir el uso de un combustible auxiliar altamente hidrogenado (así que se libera HCl y Cl₂). Los lodos conteniendo cantidades sustanciales de sodio, pueden causar la defluidización de los lechos fluidizados, por la formación de mezclas eutécticas de bajos puntos de fusión (tales como NaCl-Na₂CO₃ ó NaCl-Na₂SO₄). Si las partículas del lecho fluidizado son de sílica-sal, el Na₂SO₄ reaccionará con la sílica para formar vidrio viscoso de silicato de sodio, el cual causa la rápida defluidización del lecho.

El criterio usado para la selección de los incineradores, toma en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Forma física
 - Sólido
 - Líquido
 - Pasta húmeda
 - Lodos
 - Gas
- 2) Intervalo de Temperatura de destrucción
 - > 1900 grados Kelvin (2000 grados F)
 - 1080-1900 gdos. Kelvin (1400-2000 gdos. F)
 - 640-1080 gdos. Kelvin (700-1400 gdos. F)
 - < 640 gdos. Kelvin (700 gdos. F)
- 3) Gases de salida
 - Óxidos esencialmente de C y N₂, y vapor de

CUADRO 4.2

PARAMETROS DE OPERACION PARA LOS PROCESOS
DE OPERACION MAS USADOS INDUSTRIALMENTE

| METODO DE INCINERACION | RANGO DE TEMPERATURA | TIEMPO DE RESIDENCIA |
|------------------------|---|---|
| De Hogar Múltiple | 600-1000 gdos. F (Zona de secado) 1400-1800 gdos. F (Incineración) | 0.25-1.5 hrs. |
| Lecho Fluidizado | 1400-1800 gdos. F | Líqu. y gases: Segundos. Sólidos: largo tiempo |
| Incinerador (Líqu.) | 1200-3000 gdos. F | 0.1-2 segundos |
| Flama directa | 1000-1500 gdos. F | 0.2-0.5 seg. |
| Combustor catalítico | 600-1000 gdos. F (1500 gdos. F la máxima) | 1 segundo |
| Horno Rotatorio | 1500-3000 gdos. F | Líqu.-gas: seg. Sólidos: horas |
| Oxidación con aire | 300-550 gdos. F (1500 psig) | 10-30 min. |
| Sal fundida | 1500-1800 gdos. F | 0.75 segundos |
| Cámara múltiple | 1500-1800 gdos. F | Gases: seg. Sólidos: min. |
| Pirólisis | 900-1500 gdos. F | 12-15 min. |

agua

- X, S, P o especies volátiles metálicas

- 4) Cenizas (Fundibles, no fundibles o metálicas)
- 5) Contenido energético: > 25 MJ/Kg (10,000 BTU/lb),
12-25 MJ/Kg (5,000 a 10,000 BTU/lb) o < 12 MJ/Kg
12 MJ/Kg (5,000 BTU/lb)

4.1.3.2. APLICABILIDAD DE LOS INCINERADORES MAS IMPORTANTES Y USADOS A NIVEL INDUSTRIAL

Los incineradores de Inyección de Líquidos, de Lecho Fluidizado, Hogar Múltiple y Hornos Rotatorios, son muy usados para la eliminación de los DIP. Un Incinerador en particular, puede satisfacer mejor la incineración de un tipo específico de desecho basándose en las características físicas del desecho. Los sólidos, lodos y pastas húmedas de líquidos de alta viscosidad, pueden ser incinerados en Hornos Rotatorios, en Incineradores de Lechos Fluidizados o en Incineradores de Hogar Múltiple, pero no en Incineradores de Inyección de Líquido. Además, el incinerador de Hogar Múltiple y los de Lecho Fluidizado no son capaces de operar a elevadas temperaturas, así que si la temperatura requerida para la destrucción está por arriba de los 1800 grados K (2000 gdos. F), solamente serán adecuados tanto el Incinerador de Horno Rotatorio o el de Inyección de Líquidos.

En la figura 4.2, se da una matriz que sirve como herramienta para seleccionar el sistema de Incineración de acuerdo a las propiedades físicas de los desechos (85).

Los incineradores de Inyección de Líquido, los Hornos Rotatorios y de Lecho Fluidizado, han tenido gran aplicabilidad donde los incineradores de Hogar Múltiple han tenido una aplicación moderada.

Los Incineradores de Inyección de Líquido y de Lecho Fluidizado, ofrecen un mezclado excelente y por esto, los desechos sólidos y líquidos sean expuestos a un gas oxidante caliente por el tiempo que se requiera para su destrucción. Estos incineradores son particularmente usados para la destrucción de desechos sólidos y lodos de una elevada viscosidad.

4.1.3.3. COMBUSTORES DE DESECHOS LIQUIDOS

Los combustores de desechos líquidos son unidades versátiles que pueden ser usados para la eliminación de virtualmente, cualquier desecho líquido combustible con una viscosidad menor a 2.2×10^{-3} m²/s (10,000 SSU). Existe una gran variedad de combustores de desechos líquidos hechos por industria que se dedican a su fabricación.

Figura 4.2

Matriz para la elección del método de incineración de acuerdo con las propiedades físicas de los desechos

139

| Características de los desechos | | TIPO DE INSTALACION | | | |
|--|--|-----------------------|----------------|----------------|------------------|
| | | Inyección de Líquidos | Hogar Múltiple | Horno Rotativo | Lecho Fluidizado |
| Gas | | | | | |
| Líquido | Baja Viscosidad ** (Abajo de 500 ssu) | | | | |
| | Alta Viscosidad (Arriba de 500 ssu) | | | | |
| Pasta Hume | Baja Viscosidad (Abajo de 500 ssu) | | | | |
| | Alta Viscosidad (Arriba de 500 ssu) | | | | |
| Lodo | | | | | |
| Sólido | Poder Desmenuzabi | | | | |
| | Alquiltranado | | | | |
| Rango de Temperatura Para la Destrucción | 1,370 °K 1,030 - 1,370 °K 640 - 1,030 °K 640 °K | | | | |

* No aplicable

** 500 ssu = .00011 M2/S

Antes de que el líquido pueda ser quemado, debe ser transformado a una forma gaseosa. Este cambio (líquido a gas), ocurre dentro de la cámara y requiere de transferencia de calor de los gases calientes de combustión hacia el líquido inyectado. De ésta manera, se lleva a cabo una vaporización rápida; esto es necesario para incrementar el área superficial del líquido expuesto.

El área es incrementada por una atomización del líquido a pequeñas gotas, generalmente a 40 veces su tamaño o menores. Esta atomización puede ser alcanzada mecánicamente. Este estado de atomización, es generalmente alcanzado en el quemador del líquido directamente en el punto de mezclado del combustible y el aire. La atomización se lleva a cabo por la aplicación de presiones. Una buena atomización puede lograrse a presiones moderadas de 0.68 MPa a 1 MPa (100 a 150 psi).

Una de las desventajas de éste tipo de sistema, es el rango de flujo variable limitado a bajas presiones; y, especialmente para partículas pequeñas, una tendencia a taponarse con materia extraña. Los tamaños mayores, están libres de éste problema.

Los quemadores de líquido, requieren de una turbulencia considerablemente mayor y un tiempo de residencia más alto para una combustión completa, que en el caso de los quemadores de gas. Para una combustión completa, es necesario un buen mezclado del líquido atomizado y el aire, y un contar con partículas grandes.

Las corrientes de líquido, pueden transportar impurezas de toda clase. Además, pueden ser muy viscosas, lo cual hace muy difícil su manejo y atomización. Para esto, los líquidos deberán tener una viscosidad máxima de 1.6×10^{-4} m²/s (750 SSU). La viscosidad puede ser controlada por calentamiento con calentadores de Serpentina o Intercambiadores de Calor de 1 ó varios pasos. La cantidad (cualquiera) de los gases, debe evitarse antes de que la viscosidad deseada sea alcanzada, ya que ellos pueden ser la causa de una alimentación inestable de combustible. Cuando en el proceso aparezcan gaseos, éstos deberán ser aislados o atrapados.

Si el pre-calentamiento no es fácil, un líquido de baja viscosidad y miscible, puede agregarse para disminuir la viscosidad de la mezcla.

Debe asegurarse que las reacciones preliminares no deseadas tales como la Polimerización, Nitración, Oxidación, etc., no se lleven a cabo.

Otras etapas preparatorias, pueden ser la Filtración, Presurización, Neutralización, Almacenamiento, Mezclado, etc. En cualquiera de los pasos anteriores, debe tenerse

la seguridad de que no resultarán situaciones no deseadas o peligrosas.

Los materiales de construcción de la instalación, deben ser seleccionados de acuerdo a los líquidos por eliminar. Los líquidos que pueden solidificarse o volverse muy viscosos, deben ser eliminados a través de tuberías forradas y probadas.

Los Incineradores de Desechos Líquidos, pueden ser unidades de combustión verticales u horizontales. El rango de operación de éstas, va de 920 gdos. K (1200 gdos. F) a 1920 gdos. K (3000 gdos. F). En general, las unidades operan alrededor de 1140 gdos. K (1600 gdos. F) y con un rango de tiempo de residencia de medio a dos segundos.

La mayoría de las unidades, tiene una cámara con una capacidad que permite liberar 0.25 MN/m³ (25,000 BTU/hrpie³).

Los incineradores de desechos líquidos, son generalmente aplicables para la eliminación de la mayoría de las formas (incluyendo diluida) de materiales combustibles de desecho en estado líquido.

En el cuadro 4.3, se enlistan algunos de los desechos líquidos eliminados mediante los Incineradores para Líquidos de desecho.

4.1.3.4. INCINERADORES DE LECHO FLUIDIZADO

Los Incineradores de Lecho Fluidizado, son instrumentos que pueden ser usados para la eliminación de desechos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Algunas de las industrias que los usan son: la Industria del petróleo, del papel y del procesamiento de los desechos nucleares. Además, los Incineradores de Lecho Fluidizado, se han usado en la eliminación de lodos sanitarios.

El aire proporcionado por un soplador, entra en abundancia en el fondo del combustor y asciende a través de un plato distribuidor dentro de un recipiente conteniendo un lecho de partículas granulares e inertes. La arena, es típicamente usada como material de lecho. El aire que pasa a través de la arena, tiene una densa turbulencia de masa.

El material de desecho que debe ser incinerado, es inyectado dentro del lecho y entonces ocurre la combustión en el interior del lecho burbujeante.

La masa del lecho fluidizado es grande en relación al material inyectado. Las temperaturas son completamente uniformes y están generalmente en un rango de 1080 a 1140 gdos. K

CUADRO 4.3

DESECHOS LIQUIDOS SIGNIFICATIVOS PARA LA
APLICACION DE UN INCINERADOR DE INYECCION DESECHOS LIQUIDOS

Desechos aceitosos

Fenoles

Aceites vegetales

Lodos de digestores

Solventes

Polímeros

Tintas y resinas

Hexaclorociclopentadieno

Pesticidas de organofosfato

Desechos de dodecilmercaptano

Fabricación de percloroetileno

Residuos de la producción del alquibenceno

Pintura de poliéster

Pintura de PVC

Pintura de látex

(1400 a 1600 gdos. F). En esas temperaturas, el contenido calorífico del lecho fluidizado es aproximadamente 600 MJ/ms (16,000 BTU/pie³), proporcionando así una buena reserva de calor. El calor es transferido del lecho a los materiales de desecho inyectados que deben incinerarse.

La agitación continua del lecho por el aire que fluye, hace que las partículas grandes del material de desecho, permanezcan suspendidas, así la combustión será completa.

Los gases que se desprenden, son continuamente procesados y/o lavados, antes de ser descargados a la atmósfera.

En la especificación o diseño de un Incinerador de Lecho Fluidizado, los factores de primera importancia son: velocidad del gas, diámetro del lecho, temperatura del lecho, composición del desecho, tipo del desecho

Las velocidades de los gases, son típicamente bajas, van de 1.5 a 2.4 m/s (5 a 8 pies/seg). La velocidad máxima del gas, está determinada por la velocidad terminal de las partículas del lecho y es por lo tanto, una función del tamaño de las partículas. Las elevadas velocidades provocan agotamiento del lecho y un incremento en la carga del aire corriente abajo. Las velocidades relativamente bajas, reducen el diferencial de presión y así bajaran los requerimientos de poder, pero se necesitará un incremento en el tamaño del equipo.

Los lechos más grandes, alcanzan los 15 m (50 pies) de diámetro.

En valores nominales de velocidad del gas y temperatura, el flujo volumétrico máximo debería ser aproximadamente de 1200 ms/segundo (2.5 * 10 exp 6 acfm).

La profundidad de los lechos está en un rango de 0.4 m (16 pulgadas) a varios pies. La variación en la profundidad de los lechos, afecta el tiempo de residencia de las partículas de desecho y en el sistema de presión. Por lo tanto, si se quiere minimizar las variantes en el grosor del lecho y completar la combustión con el aire mínimo.

El tipo y composición del lecho es un parámetro de diseño importante en el almacenamiento, procesamiento y transporte (antes de la incineración), así como en la combustión.

Si el desecho es una mezcla heterogénea (como desperdicios municipales) y tiene un contenido calorífico relativamente bajo de < 10 MJ/Kg (< 8000 BTU/lb) las operaciones de procesamiento (trituración, clasificación, secado, etc.), serán más complejas y los requerimientos de combustible auxiliar en el combustor, serán más altos.

Muchas de las aplicaciones de la Incineración por Lechos Fluidizados, incluyen la eliminación de lodos y desechos como pastas húmedas. Por lo tanto, puede requerirse una etapa de remoción de agua en el procesamiento del agua previa a la incineración si los gases de combustión son usados para la generación de energía por medio de corriente eléctrica o de una turbina de gas. Si la generación de energía es una operación secundaria deseada del proceso de incineración, entonces los valores del contenido de humedad en los desechos deberá ser menor a 50 N. Los valores de humedad mayores a éste, o concentraciones pesadas de materia inerte, requerirán quemadores auxiliares para precalentar el desecho y asegurar el contenido de calor suficiente en el conducto de los gases. El presecado del desecho para transformarlo en lodo, puede lograrse por ventilación o por medio de sistemas mecánicos más sofisticados incluyendo el calentamiento.

En el cuadro 4.4, se enlistan algunas desechos más significativos eliminados en instalaciones de Incineración de Lechos Fluidizados.

El material de desecho, es alimentado neumáticamente, mecánicamente o por gravedad dentro del lecho fluidizado. Normalmente un material de desecho No Homogénea debe reducir su tamaño (triturado, pulverizado, etc.) en sistemas específicos y así, permitir una correcta inyección, distribución y combustión dentro del lecho fluidizado.

Un Incinerador de Lecho Fluidizado, cuenta con las siguientes ventajas: El diseño del combustor es simple y no requiere partes móviles en las regiones de combustión de temperaturas elevadas; los diseños son compactos debido a las razones de alto calentamiento volumétrico de 1 a 2 MM³/m³ (100,000 a 200,000 BTU/hrft³) resultando una baja inversión de capital; Comparativamente, las temperaturas bajas del gas y los requerimientos de exceso de aire, minimizan la formación de óxido nítrico y el costo del equipo.

Por otra parte, las desventajas de éste tipo de incineradores, se enlistan a continuación:

- Los diámetros de los lechos, están limitados por la tecnología de diseño actual; por lo tanto, el flujo volumétrico máximo por unidad, está limitado.
- La remoción del material residual inerte del lecho es un problema potencial de agua.

4.1.3.5. INCINERADORES DE HOGAR MULTIPLE

El Incinerador de Hogar Multiple (comunmente llamado Horno Herreshoff) es una unidad versátil, la cual ha sido utilizada en la eliminación de lodos, aguas negras, breas, sólidos, gases y desechos líquidos combustibles. Este tipo

CUADRO 4.4**DESECHOS COMUNNENTE ELIMINADOS POR UN
INCINERADOR DE LECHO FLUIDIZADO**

Desechos de la fabricación de etileno

Desechos de la producción de tolueno a partir de dinitrotolueno

Desechos del tetraetil ortosilicato

Desechos orgánicos de la producción de productos farmacéuticos

Desechos de la fabricación del peróxido orgánico

Desechos de la fabricación del bromuro de etileno

Desechos de la producción del Uretano

de unidades, fue inicialmente diseñada para incinerar aguas negras y lodos (1934).

Existen numerosas instalaciones industriales en operación que se dedican en principio a la incineración de lodos químicos y brea, así como también a la regeneración de carbón activado.

Los lodos y/o desechos sólidos combustibles granulados, se alimentan al techo del horno por un alimentador de tornillo o banda. Una corriente rotatoria central de aire enfriado con brazos y dientes de arado pasan el desecho a través de la cima del hogar a los agujeros de caída. El desecho cae al siguiente hogar y entonces, a la siguiente hasta que las cenizas son descargadas en el fondo. El desecho es agitado a su paso a través de los hogares para así asegurar el área máxima a la que se expondrán los gases calientes. Las grasas de desecho y brea, son generalmente alimentadas dentro del horno por orificios a los lados.

Los desechos líquidos y gaseosos pueden ser inyectados dentro de la unidad mediante boquillas auxiliares del quemador. Esta utilización de desechos líquidos y gaseosos, representa una ventaja económica ya que los requerimientos de combustible auxiliar o secundario (gas natural, aceite combustible) serán reducidos.

El sistema tiene tres zonas de operación:

- En la parte superior del horno donde son alimentados los desechos, éstos se secan hasta alcanzar un 40% de contenido de humedad
- La zona de incineración/deodorización, la cual tiene una temperatura de 1030 a 2260 gdos. K (1400 a 1800 gdos. F)
- La zona de enfriamiento, donde las cenizas calientes ceden el calor al aire de combustión en la entrada. Los gases de escape en la salida, están entre 530 y 860 gdos. K (500 a 1100 gdos. F).

Las cenizas resultado de la incineración, son estériles e inertes. El volumen descargado del fondo del horno es cerca del 10 % de la alimentación inicial, basado en la masa de lodo con 75 % de humedad y 70 % del contenido de volátiles en los sólidos.

Las cenizas, generalmente tienen menos de 1 % de contenido de materia combustible, la cual es normalmente carbón mezclado. La descarga puede ser removida hidráulica, mecánica o neumáticamente, y dispuesta en un relleno industrial o como relleno de caminos.

Los sistemas comunes, incluyen dispositivos de limpieza de gases en la salida de aire. Un gran no. de incineradores de hogar múltiple son operados sin dificultad

EN áreas con estrictos códigos de contaminación del aire.

La mayoría de los Incineradores de Hogar Multiple, están diseñados inicialmente para la eliminación de lodos.

Las otras formas de desechos, las cuales se alimentan simultáneamente al sistema, son generalmente considerados una fuente de calor para usarse durante el proceso de incineración de lodos. En un balance de calor a través del incinerador de Hogar Multiple, debe considerarse el calor absorbido por: calor latente en humedad libre y humedad de combustión, el calor sensible en los gases de combustión, el aire de exceso, cenizas, radiación y el flujo de refrigerante. Estas cantidades están balanceadas comparando el calor desprendido de los combustibles en lodos, sólidos y el combustible.

LOS volátiles e inertes, los cuales afectan el contenido calorífico del lodo, pueden ser controlados en cierto grado mediante procesos de tratamiento como la remoción mecánica y la digestión de lodos. Casi todos los combustibles contienen volátiles, muchos en forma de grasas.

El % de volátiles puede variar en un amplio rango, por lo que el equipo debe diseñarse para ser manejado éste en un amplio rango.

Las velocidades de combustión varían de 0.009 Kg/m²s a 0.016 Kg/m²s (7 a 12 lb/(ft²hr)).

Los tamaños estándar de un Incinerador de Hogar Multiple van de 7.9 m² (85 pies²) en el hogar, hasta mayores de 278 m² (3000 pies²) de hogar.

Los requerimientos de combustible auxiliar, dependen del contenido de agua en el desecho que será incinerado.

El incinerador de hogar multiple es generalmente operado en un rango de temperaturas que van de 590 a 810 gdos. K (600 a 1000 gdos. F) en la cima del hogar; en los hogares de combustión, la temperatura va de 1090 a 1260 gdos. K (1400 a 1800 gdos. F), mientras que en los hogares de enfriamiento se mantienen entre 480 a 590 gdos. K (400 a 600 gdos. F).

4.1.3.6. INCINERADORES DE HORNO ROTATORIO

Los Incineradores de Horno Rotatorio, son unidades versátiles que pueden ser usadas para la eliminación de los desechos combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Este tipo de instalaciones, se ha utilizado tanto con fines industriales como para eliminación de desechos municipales.

El incinerador de horno rotatorio se compone de una coraza cilíndrica forrada con ladrillo refractario u otro material, montada en un eje terrestre en una leve pendiente de la horizontal. Es una unidad altamente eficiente cuando se aplica a sólidos, líquidos, lodos y breas por su habilidad de lograr un excelente mezclado del desecho no combustionado y el oxígeno por su continua rotación.

Su uso como combuster de desechos gaseosos concentrados, se considera como aplicación secundaria. Esto es, por el hecho de que aunque las condiciones adecuadas deben estar presentes para una buena combustión del gas (es decir, largo tiempo de residencia a elevadas temperaturas), esto no se necesita para el cilindro que será rotado. Además, este tipo de incineradores, son usados para la combustión de desechos gaseosos, solamente en conjunción con la incineración de desechos sólidos o líquidos.

Los hornos rotatorios usados en aplicaciones municipales, son generalmente diseñados para manejar grandes volúmenes de desechos sólidos combustibles (desperdicios) acompañado de cualquier líquido arrastrado.

Este tipo de instalación actualmente es usada como una unidad secundaria de combustión después de que el material ha sido encendido en el viaje por un hogar antes de entrar al horno.

Los incineradores de Horno Rotatorio cuando se aplican a instalaciones industriales, se diseñan para aceptar tanto desechos sólidos como alimentaciones líquidas.

Los datos específicos de los parámetros del diseño de un Horno Rotatorio, son insuficientes. Esto se debe a que la tecnología es relativamente de reciente aplicación. La información sobre estas instalaciones, es considerada propiedad de los fabricantes.

Las fuentes de información, indican que los Incineradores de Horno Rotatorio generalmente tienen una razón longitud/diámetro (L/D) entre 2 y 10. Las razones L/D pequeñas, traen como consecuencia un menor traspaso de partículas. Las velocidades rotacionales del horno, son generalmente mucho más lentas que en los hornos usados como calcinadores o secadores y van de los 5 a los 25 milímetros por segundo (1 a 5 pies por minuto) medidos en la periferia del horno. Tanto la razón L/D como la velocidad rotacional, dependen del tipo de desecho a incinerar. En general, las razones L/D grandes con velocidades rotacionales pequeñas, son usadas cuando el material de desecho requiere largos tiempos de residencia en el horno de combustión.

El tiempo de residencia y la temperatura de combustión requeridos para una adecuada incineración, dependen totalmente de las características de combustión de los materiales

de desecho.

Las temperaturas de combustión, generalmente están en un rango que va de 1140 a 1020 gdos. K (1600 a 8000 gdos. F). Los tiempos de residencia requeridos varían desde varios segundos hasta horas.

El Incinerador de Horno Rotatorio, es aplicable a la eliminación de cualquier forma de material combustible y es una tecnología que ha sido probada. En éstos, pueden ser incinerados desechos sólidos (incluyendo explosivos), líquidos (incluyendo agentes químicos militares, gases tóxicos y brea).

En el cuadro 4.5, se enlistan algunos de los materiales de desecho típicos en la aplicación de los Incineradores de Horno Rotatorio.

4.2. CARACTERIZACION DE LOS INCINERADORES MAS USADOS EN LA DESTRUCCION DE LOS DESECHOS PELIGROSOS

4.2.1. ANTECEDENTES

La destrucción eficiente de los desechos peligrosos por medio de la incineración, depende de la exposición de los componentes peligrosos a oxígeno en temperaturas suficientemente altas para que durante el tiempo suficiente, se promueva tanto la combustión como la descomposición.

Estas, también son condiciones que conllevan a una combustión completa del combustible.

En resumen, la destrucción de los desechos como en toda combustión, depende de tres condiciones principales: la temperatura, el tiempo de residencia y el grado de turbulencia (o mezclado de los reactivos).

Los niveles de temperatura y los tiempos de residencia requeridos para la destrucción de cualquier especie dada, pueden ser determinados en el laboratorio. Además, la capacidad de cualquier incinerador para proporcionar y una adecuada Temp. y Tiempo de Residencia puede establecerse, mediante mediciones y cálculos.

Cuando sea necesario, el combustible auxiliar será quemado para asegurar los niveles de temperatura deseados; los porcentajes del desecho a incinerar, el combustible y el aire, serán ajustados para aproximarse a los requerimientos de tiempo de residencia.

La evaluación del tiempo de residencia y el grado

CUADRO 4.5

DESECHOS TÍPICOS EN LA INCINERACION POR MEDIO
DE HORNOS ROTATORIOS

Desechos de la fabricación de epíclorhidrina

Desechos de la producción de fenol y anilina

Desechos de la elaboración del acrílonitrilo

Brea fenólica de la fabricación del 2,4 D.

Desechos de la producción de clorotolueno

Desechos de PCB's en capacitores

Breas de nitroclorobenceno

Breas de mercaptobenzotiazole

de turbulencia o control de mezclado, es más difícil porque el "sobrediseño" o factor de seguridad aproximado no es realmente aplicable. En éste caso, son necesarias aproximaciones y cálculos más sofisticados para asegurar la eficiencia de destrucción deseada para un desecho dado o un componente en un desecho dado en un incinerador, y permitir una clasificación de diseños probados para sistemas de gran capacidad. Los modelos matemáticos de mecanismos de intercambio de masa, calor y de flujos de reactivos, han sido probados en algunos casos con resultados muy limitados. Por otra parte, se han propuesto métodos estadísticos, aplicación de análisis de regresión y la recolección voluminosa de datos.

El éxito de la incineración de los DIP, es la destrucción completa de las especies peligrosas, la cual está relacionada con la combustión completa del combustible y de los componentes combustibles en el desecho.

La información sobre la eficiencia de la destrucción de especies peligrosas en un incinerador, no está generalmente disponible. Además, en ausencia de datos aplicables, la eficiencia total de combustión y otros resultados accesibles experimentalmente, junto con las eficiencias de destrucción, pueden ser usados con propósitos de un modelo predictivo.

Las expresiones de los cuadros 4.6 y 4.7, muestran algunas definiciones que pueden ser aplicadas (35).

La eficiencia de combustión promedio, está definida en términos del CO₂ y CO, que son cantidades cuantificables. Los análisis del H₂ y S no están incluidas, ya que las expresiones pertenecen al caso de incineración del Herbicida Naranja (HO).

Debe notarse que las eficiencias de destrucción de HO así como también de los contaminantes: hidrocarburo clorado (CHC) y del 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-p-dioxin (TCDD), fueron solamente cuantificadas marginalmente (Cuadro 4.7).

En el caso de incineradores de desechos sólidos, éstos son transportados en la corriente; así los sólidos en los efluentes líquidos y en el residuo, deben ser evaluados y medidos. En la mayoría de los casos, la eficiencia de destrucción puede definirse por la siguiente expresión (36):

$$\text{Eficiencia de Destrucción} = \frac{\text{(Material alimentado)} - \text{(Material emitido)}}{\text{(Material alimentado)}}$$

Las excepciones, son casos donde las especies peligrosas son producidas en el transcurso del proceso de incineración.

Las eficiencias de destrucción del cuadro 3.6, pueden aplicarse a operaciones cíclicas y transitorias, proporcionando medidas de materiales alimentados y emitidos en periodos apropiados de tiempo.

CUADRO 4.6

DEFINICION DE LOS TERMINOS DE EFICIENCIA DE INCINERACION

TERMINO DE EFICIENCIA

METODO DE CALCULO

| | |
|--|--|
| Eficiencia promedio de Combustión | $DE = \frac{100 * (NCO2) - (NCO)}{CE} \quad (NCO2)$ |
| Eficiencia total de hidrocarburo (THC) | $DE = \frac{100 * (THC \text{ alim.}) - (TH \text{ encont.})}{THC} \quad (THC \text{ alim.})$ |
| Eficiencia de destrucción del Herbicida Naranja (HO) | $DE = \frac{100 * (HO \text{ alim.}) - (HO \text{ encont.})}{HO} \quad (HO \text{ alim.})$ |
| Eficiencia de destrucción | $DE = \frac{100 * (TCDD \text{ alim.}) - (TCDD \text{ encont.})}{TCDD} \quad (TCDD \text{ alim.})$ |
| Eficiencia de destrucción | $DE = \frac{100 * (CHC \text{ alim.}) - (CHC \text{ encont.})}{CHC} \quad (CHC \text{ alim.})$ |

CUADRO 4.7

RESUMEN DE LAS EFICIENCIAS DE COMBUSTION CALCULADAS
EN EL CASO DEL HERBICIDA NARANJA (HO)

| | 1a. QUEMA | 2a. QUEMA | 3a. QUEMA | COMBINACION DE LAS 3 QUEMAS |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|
| DE CE | 99.992 | 99.989 | 99.988 | 99.990 |
| DE TCH | 99.982 | 99.992 | (a) | 99.985 |
| DE HO | >99.999 | >99.999 | >99.999 | >99.999 |
| DE TCDD | >99.990 | >99.880 | >99.950 | >99.950 |
| DE CHC | >99.999 | >99.999 | >99.999 | >99.999 |

(a) El analizador de HC fue inoperativo durante la tercer quema.

La introducción por lotes de un desecho a un incinerador, como el vaciado de cilindros grandes dentro de un horn rotatorio, puede ser la causa de una sobrecarga temporal de incinerador y de los sistemas de lavado de los efluentes. La eficiencia de destrucción resultante, será mucho menor que si el material fuer introducido en una proporción uniforme. La reducción de la contaminación podría lograrse por la modificación del proceso de operación y podría no requerir la modificación del propio incinerador.

4.2.2. RECOMENDACIONES SOBRE LOS INCINERADORES DE DESECHOS PELIGROSOS

Las instalaciones de incineración de los desechos peligrosos comerciales grandes, es de creciente importancia, ya que el incremento desordenado de los volúmenes de desecho químico en la actualidad, deben ser destruidas de manera confiable.

Se dispone de algunos métodos analíticos y correlaciones experimentales que sobre transferencia de masa y calor y mecanismos de combustión.

El análisis y diseño de incineradores ha sido más profundo en Incineradores de Líquidos y de Lecho Fluidizado; el trabajo de investigación no ha sido dirigido específicamente al caso de destrucción de los desechos peligrosos, pero en un amplio rango aplicado a éste. El continuo desarrollo de métodos analíticos y el incremento en la cantidad de datos con respecto a quemadores de Lecho Fluidizado y de Inyección de Líquidos debe seguir.

No existe mucha evidencia de datos para los Hornos Rotatorios o de Hogar Múltiple. Aun, cierta información básica sobre el comportamiento del líquido cargado y la transferencia de calor entre la carga y las paredes del horno, como de los gases de combustión, es insuficiente. Los incineradores de Hogar Múltiple son un dispositivo menos tratable para análisis.

Dentro del concepto de Incineradores, se debe hablar también de la "Similitud de Incineradores". El concepto de similitud de un incinerador, puede entenderse como: " Dos incineradores geoméricamente similares, de diferente capacidad son considerados similares si, cuando se quema el mismo tipo de desecho, ellos producen el mismo nivel de destrucción y su gases de combustión y residuos, tienen la misma composición". La similitud es un concepto cuantificable.

En el caso de los incineradores de desechos peligrosos la similitud debe ser revisada desde el punto de vista del objetivo del incinerador.

Ya que los incineradores manejan gran variedad de desechos no es posible usar los niveles de emisión directamente. Sin embargo, el grado de descomposición u oxidación del desecho, depende casi siempre de las "TRES T DE LA INCINERACION": **TIEMPO, TEMPERATURA Y TURBULENCIA.**

Si dos dispositivos similares geográficamente tienen tiempos de residencia idénticos en niveles específicos de temperatura y se producen iguales niveles de mezclado a esa temperatura, será alcanzado el mismo nivel de destrucción de desechos (a través de una oxidación y descomposición térmica).

Para que un buen desarrollo de un Programa de Incineración de Desechos Peligrosos se lleve a cabo, se recomienda realizar las siguientes operaciones:

- Hacer experimentos continuos de los componentes producidos durante la descomposición térmica de los desechos.

- Hacer experimentos continuos de los componentes producidos, pero en presencia de oxígeno.

- Solicitar a los principales fabricantes de incineradores, información sobre hornos y lechos fluidizados para determinar el alcance y aplicabilidad de los programas establecidos por las organizaciones y el gobierno.

- Desarrollar planes y recomendaciones para la instrumentación de las instalaciones en incineradores comerciales y para la recolección de datos.

El desarrollo de una metodología de incineración de desechos, es por su naturaleza un esfuerzo continuo de conocer como la composición de los desechos, cambiará con el tiempo.

Un proceso de Incineración, es un proceso muy confiable para el manejo de desechos peligrosos, ya que se alcanza la conversión segura y completa de los mismos; principalmente se logra la reducción del volumen de los materiales de desecho emisiones gaseosas no tóxicas, cantidades pequeñas de cenizas inertes y otros residuos. En muchos casos el problema son las emisiones tóxicas que se descargan en la atmósfera y que deben ser controladas para que no se transforme esto en un problema de contaminación del aire.

El proceso de incineración, puede significar una solución óptima y permanente de desechos peligrosos, con una carga ecológica mínima a largo plazo.

La tecnología disponible, hoy en día es capaz de transformar desechos peligrosos para que sean eliminados sin crear riesgos irracionales a la salud pública y al medio ambiente. A la fecha, los procesos de incineración, tiene limitada aplicación a causa de los elevados costos del equipo y mantenimiento y por significar un riesgo ambiental en el caso de las emisiones descargadas a la atmósfera. En general, los encargados de éste tipo de instalación, no perciben o no toman en cuenta éste problema, y en la mayoría de los casos, no se contempla la inversión de equipo contra contaminación en la atmósfera.

De acuerdo con el cuadro 4.8 (B5), la selección adecuada del método de incineración apropiado para un caso específico de desechos, es la que se basa en el estado físico y

CUADRO 4.8

MATRIZ AUXILIAR PARA LA SELECCION DEL PROCESO
DE INCINERACION BASADA EN EL TIPO DE DESECHO A ELIMINAR

| TIPO DE DESECHO | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SOLIDOS | | | | | | | |
| *Homogéneos granulares | X | X | X | | | | |
| *Masa irregular | X | | | | | X | |
| *De bajo punto de fusión (brea). | X | | X | 1 | | | |
| *Comp. org. con constituyentes de cenizas fundibles | X | X | | | | | X |
| GASES | | | | | | | |
| *Vapores orgánicos cargados | | | | X | X | | |
| LIQUIDOS | | | | | | | |
| *Desechos orgánicos resistentes (Sol. aq.) frecuentemente tóxicos | 2 | | | X | | | X |
| *Liq. org. | 3 | | X | X | | | X |
| SOLIDOS/ LIQUIDOS | | | | | | | |
| *Desechos que contienen comp. halogenados (2000 gdos. p mínimo) | X | | X | 4 | | | X |

CUADRO 4.8

MATRIZ AUXILIAR PARA LA SELECCION DEL PROCESO
DE INCINERACION BASADA EN EL TIPO DE DESECHO A ELIMINAR
(CONTINUACION)

| TIPO DE DESECHO | A | B | C | D | E | F | G |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| *Lodos org. acuosos | 5 | X | X | | | | X |

NOTAS:

- A Horno Rotatorio *
- B Hogar Multiple *
- C Lecho Fluidizado *
- D Incinerador de Inyección de Líq.
- E Combustor Catalítico
- F Incinerador de Cámara Multiple
- G Oxidación con aire humedo
- H Incinerador de sal fundida

- 1 Si el material puede ser bombeado y fundido
- 2 Si se equipa con boquillas auxiliares para la inyección de líquidos
- 3 Si se equipa con boquillas auxiliares para la inyección de líquidos
- 4 Si es líquido
- 5 Desechos que no llegan a ser viscosos por secado

- * Disponible para la operación de Pirólisis

las características químicas del desecho, tomando en cuenta éstas como parámetros esenciales para que se logre la destrucción máxima de la materia peligrosa, usando la vía que traiga como consecuencia costos mínimos y eficiencias totales, alcanzando así los objetivos del proceso de la incineración.

4.3. DISCUSION SOBRE LA APLICACION PRACTICA DE LA INCINERACION COMO VIA OPTIMA DE ELIMINACION DE DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS

4.3.1. EMPRESAS QUE RECURREN A LA UTILIZACION DEL METODO DE INCINERACION COMO VIA DE ELIMINACION DE DESECHOS

En el cuadro 4.9, se enlistan los nombres de las empresas más importantes que utilizan la incineración como método de destrucción y eliminación de desechos en la industria, así como la especialidad de cada una y la aplicación que dan a dicho proceso (37).

A pesar de haber propuesto éste método como el ideal para la destrucción de los desechos industriales en el caso de que se trate del tipo peligroso, podemos llegar a la conclusión, de que aunque se alcanzan por medio de éste eficiencias muy altas, solamente en ciertos casos, podremos llegar a seleccionar éste proceso obteniendo los resultados deseados y eliminando el riesgo existente.

Uno de los problemas más significativos que debe tomarse en cuenta durante la selección del método de eliminación de los DIP en el caso de optar por el método de Incineración, es el de las variadas descargas que pueden ser vertidas directamente a la atmósfera ocasionando un problema de contaminación del aire.

La incineración constituye como se indica en la tabla A, el procedimiento recomendado para la disposición y el tratamiento de variadas clases de los desechos peligrosos. Algunas instalaciones de incineración diseñadas para tratar solamente desechos provenientes de las refinerías, o de plantas petroquímicas, son muy caras y están restringidas a condiciones excesivamente estrictas de combustión y requerimientos de control de la contaminación del aire. Otras instalaciones deben ser diseñadas para llevar a cabo la destrucción segura de los componentes altamente tóxicos, tales como los PCB's o hidrocarburos policlorados; éstas son muy costosas y no se encuentran siempre disponibles en zonas cercanas al proyecto.

La incineración de lodos aceitosos y componentes orgánicos de industrias como de la refinación del petróleo, instalaciones petroquímicas, productoras de sustancias químicas y

EMPRESAS QUE RECURREN A LA INCINERACION COMO VIA
PARA LA ELIMINACION DE DESECHOS PELIGROSOS

| NOMBRE DE LA EMPRESA | ESPECIALIDAD | APLICACION |
|--|--|--|
| WISE INDUSTRIES DE MEXICO (MEXICO) | INCINERACION/ DESECHOS TOXICOS | Incineración de basura en general. Aceites contaminados, desechos bio-médicos, caucho, plásticos |
| CHEMICAL WASTE MANAGEMENT, INC. (TIJUANA, BAJA CAL;MEXICO) | TRATAMIENTO DE DESECHOS TOXICOS/ INCINERACION | Industria maquiladora e ind. química, farmacéutica y de pintura |
| QUIMICA OMEGA (MEXICO) | RECICLAJE/ DESECHOS TOXICOS | Tratamiento de desechos ind. peligrosos dentro de los cuales se encuentran Thinners usados para pintar, tintas para impresión, residuos de pintura, resinas y solventes en general. |
| CEMEX (MEXICO) | ENERGIA/DESECHOS TOXICOS | Hornos cementeros para destruir desechos y así recuperar la energía de los materiales orgánicos. Los residuos de todos los materiales remanentes de los combustibles alternos se incorporan al producto final (Cemento). |
| CONSUMAT SYSTEMS, INC. (USA) | MANEJO Y DISPOSICION DE DESECHOS HOSPITALARIOS | Producción de energía eléctrica por incineración de desechos sólidos |

CUADRO 4.9

EMPRESAS QUE RECURREN A LA INCINERACION COMO VIA
PARA LA ELIMINACION DE DESECHOS PELIGROSOS
(CONTINUACION)

| NOMBRE DE LA EMPRESA | ESPECIALIDAD | APLICACION |
|---|--|---|
| S.A.R.P. LA VIE PROPE (FRANCIA) | MANEJO Y DISPOSICION DE DESECHOS INDUSTRIALES | Manejo y tratamiento y eliminación de desechos industriales principalmente de la ind. química y petroquímica |
| SHENANDOAH MANUFACTURING CO. (MEXICO) | INCINERACION DE DESECHOS HOSPITALARIOS | Incineración de desechos hospitalarios |
| ENERCAN INC. (ONTARIO, CANADA) | PRODUCCION DE ENERGIA/INCINERACION DE DESECHOS SOLIDOS | Generación de energía eléctrica utilizando basura |
| APPLIED TECHNOLOGIES GROUP (USA) | INCINERACION DE DESECHOS SOLIDOS | Incineración de todo tipo de desechos sólidos de la producción de calor para generadores de vapor |
| LOTTE ENGINEERING MACHINERY (SEUL, KOREA) | INCINERACION DE DESECHOS SOLIDOS | Incineración de desechos sólidos municipales e ind. y desechos peligrosos, obtención de calor para la generación de vapor o agua caliente |
| VINGO HIGH TECH. (MEXICO) | INCINERACION Y RECICLAJE DE AGUAS JABONOSAS | Reciclamiento de aguas jabonosas (Vingo) en hoteles, hospitales, baños públicos, lavanderías, etc. |
| SOP VA (VIEN) | INCINERACION DE BASURA DOMESTICA | Planta de incineración de basura doméstica con re- |

CUADRO 4.9

EMPRESAS QUE RECURREN A LA INCINERACION COMO VIA
PARA LA ELIMINACION DE DESECHOS PELIGROSOS
(CONTINUACION)NOMBRE DE
LA EMPRESA

ESPECIALIDAD

APLICACION

recuperación de e-
nergía, equipada
para disminuir e-
misiones de NOx,
furanos y dioxanos

TABLA A

RESUMEN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO Y METODOS DE ELIMINACION
Y DESTRUCCION DE DESECHOS PELIGROSOS RECOMENDADOS EN EL ESTADO
DE VICTORIA, AUSTRALIA (38) PARA DIVERSOS DESECHOS

| DESECHOS | A | B | C | D | E |
|--|---|---|---|---|-----------------|
| Efluentes, aguas de desechos | | | X | | |
| Acidos/álcalis | | | X | | |
| Metales pesados | | | X | X | <i>desechos</i> |
| Inorgánicos tóxicos | | | X | X | <i>desechos</i> |
| Desechos reactivos | | | X | | |
| Inorgánicos no tóxicos | X | | | | X |
| Disolventes, aceites | X | X | | | |
| Resinas, pinturas, lodos orgánicos | X | X | | | |
| Químicos orgánicos | X | X | X | | |
| Pesticidas | | X | X | | |
| PCB's, hidrocarburos clorados | | X | | | |
| Putridos, biodegradables | | X | X | | X |

NOTAS:

- A Recuperación
- B Incineración
- C Tratamiento físico, químico o biológico
- D Inmovilización, fijación química,
encapsulación
- E Tratamiento Agroquímico

el sector productor de energía (desechos de PCB's de los transformadores eléctricos), el tratamiento físico y químico de soluciones tóxicas y alcalinas de industrias como la de la galvanoplastia o plantas productoras de baterías y el procesamiento de todos tóxicos de los procesos de producción y de sistemas de control de la contaminación del aire y del agua de las industrias de la curtidería y la industria textil, son algunas de las que presentan problemas significativos y que deben ser tomados en cuenta para llevar el manejo de los desechos lo mejor posible.

El proceso de incineración, se considera como un proceso de reciclado energético, es decir que los desechos incinerados son aprovechados en forma de energía.

Todos los desechos combustibles incluyendo los plásticos, por lo tanto, tienen energía latente o un potencial calorífico que puede ser liberado en forma de calor. Así pues, a continuación se enlistan los contenidos caloríficos de los plásticos, que son apreciablemente mayores a los de otros desperdicios presentes en las basuras urbanas o en los desechos industriales.

La aportación de los desechos plásticos a la producción de calor mediante un proceso de incineración en basuras o desechos industriales es positiva. De acuerdo a algunas estimaciones, éste tratamiento es susceptible de recuperar un 30% de la energía contenida en los plásticos. Por otra parte, presentan la ventaja de que después de ser quemados, no dejan prácticamente desechos (cenizas, etc.).

Entonces, los poderes caloríficos reportados para los plásticos más utilizados, así como para otro tipo de desechos, son los siguientes:

| | |
|--------------|--------------|
| Papel | 16.700 KJ/Kg |
| PVC | 18.800 KJ/Kg |
| Cuero | 18.800 KJ/Kg |
| Grasas | 37.700 KJ/Kg |
| Gasóil | 44.000 KJ/Kg |
| Polietileno | 46.000 KJ/Kg |
| Poliestireno | 46.000 KJ/Kg |

Entre los muchos factores que se han determinado a lo largo del presente trabajo para seleccionar de la mejor manera el método de eliminación y tratamiento de los desechos industriales peligrosos, debe tenerse presente en el caso particular de México, que dentro de la legislación ambiental mexicana, es necesario realizar estudios de Impacto Ambiental y de Análisis de Riesgo para respaldar cualquier proyecto sobre Incineración o cualquier otro proceso de Tratamiento, Disposición Final o Eliminación de los DIP, así como de cualquier obra civil. Este tipo de estudios, contendrá la información sobre los impactos adversos o positivos de todos éstos proyectos sobre el medio ambiente, sobre los aspectos socioeconómicos del entorno del proyecto, la información sobre los suelos, la situación geográfica, geológica e hidrológica

(aguas superficiales y subterráneas) de la zona del proyecto, las áreas naturales protegidas del sitio seleccionado para construir el punto de disposición final o para instalar la planta de tratamiento o eliminación de los desechos. Además en el estudio del Análisis de Riesgo, se verificará cada punto de una instalación de eliminación o tratamiento de los desechos o un sitio destinado para la disposición final de los mismos, para ver bajo las condiciones de operación cuales son los riesgos significativos, y así minimizar o hacer nulos los peligros que se provocarían en éste tipo de actividades.

El tipo de estudio que deberá efectuarse en cada caso, de acuerdo al lugar geográfico donde se localiza el proyecto, al tipo de desechos a tratar, a disponer o a eliminar, la cantidad y propiedades de los mismos, será propuesto por las autoridades correspondientes a la protección del medio ambiente o a la salud humana. Dependiendo del grado de complejidad y riesgo, el estudio de impacto ambiental tendrá categorías: Estudio de Impacto Ambiental General, Intermedio y Específico. En el caso de los Estudios de Análisis de Riesgo, también se tendrán categorías de acuerdo con la complejidad y sobre todo el peligro que representa cada proyecto.

El ideal, es que éste tipo de estudios se realice antes de que la planta de tratamiento o eliminación de DIP, o el sitio destinado a la disposición final de los mismos sea construída y entre en operación; de ésta manera, se podrán evitar los impactos adversos que todas éstas tengan como consecuencia.

Para todos éstos tipos de instalaciones, debe tomarse en cuenta una etapa de abandono, después de que acaba la vida útil de la instalación o sitio de disposición final. Cuando la obra sea abandonada, no deberá significar un riesgo o peligro potencial para la salud humana o para el medio ambiente.

Después de haber presentado a las autoridades correspondientes todos éstos estudios, y de que éstos sean aprobados, la obra deberá en ponerse en marcha. Si el proyecto es rechazado por significar un punto negativo, se tratará de corregir los errores y pasará de nuevo a revisión.

Para que todos éstos trabajos tengan validez, deberán ser desarrollados por empresas Consultoras que estén registradas en los listados autorizados por las autoridades (ejemplo, SEDESOL o la Procuraduría Ecológica con sede en el D. F., localizada en la Col. de Tecamachalco).

RESUMEN

RESUMEN

El desarrollo reciente del país ha traído como consecuencia un elevado nivel de producción y por consiguiente, el consumo de bienes y servicios de una población cada vez más numerosa y concentrada principalmente en las ciudades.

Al par de los avances en el ámbito económico y social, la industrialización, el crecimiento demográfico y el urbanismo, traen consigo el desequilibrio de todo tipo: económicos, sociales, políticos, ambientales y otros.

En los últimos años han aumentado las complicaciones ambientales por el mal manejo de los efluentes provenientes de la industria, debido a la acelerada generación de los Desechos Industriales Peligrosos (DIP), a la falta de control de los mismos y a otros muchos aspectos.

Como se ha visto en el presente trabajo, la preocupación por crear leyes y normas que rijan y sancionen la emisión, el manejo y el método de eliminación de los desechos, es reciente. En el caso de México, la legislación o reglamentación ambiental no había sido ni eficiente ni suficiente. En el sector privado, no existía el incentivo económico y humano para tratarlos. Los problemas económicos y políticos, habían tenido siempre prioridad de atención sobre las cuestiones ambientales.

Actualmente, el gobierno de la República Mexicana a través de organismos como SEDESOL, crea bases sólidas y de actualización continua para el control de los DIP. La Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Medio Ambiente creada y puesta en vigor el 28 de enero de 1988, es una de las principales herramientas mediante las cuales se prevé un mejor control (a mediano y largo plazo) de la generación y manejo de los DIP. Asimismo, las NTE (Normas Técnicas Ecológicas) que periódicamente emite SEDESOL a través del Diario Oficial de la Federación, constituyen el medio de información al público sobre las técnicas, métodos de manejo, tratamiento y eliminación además de las sanciones correspondientes que en materia de desechos deben seguirse. Por otra parte, deben mencionarse los grupos de SEDESOL que regularmente realizan visitas e inspecciones y que en caso de así necesitarlo, imponen sanciones y multas para el control de las emisiones de DIP.

En un sistema de economía mixta, la empresa privada buscará obtener el máximo beneficio de un proceso productivo y la distribución de sus productos; sin embargo, los costos sociales y ambientales que involucra no están incluidos comúnmente en las funciones de costo de la empresa. Así, el ciclo económico termina en el momento del consumo, sin considerar que en todas las etapas existen desechos que deben ser tomados como parte inevitable del mismo, no sólo por los costos sociales y ambientales que representan, sino porque en muchos casos, el desecho tiene un

valor económico intrínseco que debe ser considerado.

Existen diversas alternativas para controlar los DIP. Un sistema adecuado y eficiente, es aquel que incluye métodos de retención de los mismos en la fuente generadora, vías de transporte, técnicas de tratamiento y eliminación en los costos mínimos y en una eficiencia máxima. Otras alternativas se basan en la investigación y desarrollo de nuevos procesos de producción en los cuales se busca minimizar la generación de los DIP, o en los que se incluyen métodos de reciclaje de los mismos para que de ésta manera, puedan ser tratados y re-usados.

Al transformar las características físicoquímicas de un DIP, se reducirán en ciertos casos sus propiedades peligrosas o se obtendrán materiales inertes; para ello, existe una gran variedad de tecnologías de tratamiento.

En México, se recomienda utilizar tecnologías que no requieran elementos de importación como equipo, refacciones, asesoría técnica, recursos humanos, etc. y cuyos principios técnicos se encuentren desarrollados en el país. Los aspectos económicos, de infraestructura, así como la capacitación del personal, deben influir en la selección del método de tratamiento que sea más conveniente a la empresa y al país y que reduzca al mínimo el problema.

A pesar de lo anterior, no debe olvidarse que aun cuando se practique algún método de tratamiento y reciclaje, la generación en éstos de alguna cantidad de DIP, es inevitable.

El remanente de éstos o los nuevos generados, deberán ser dispuestos en algún sitio que ofrezca seguridad en cuanto a la preservación del medio ambiente, o deberán ser eliminados por medio de un método que haga desaparecer el riesgo que representan.

La elección del método de eliminación más conveniente, está condicionada principalmente a las características de los desechos. Los aspectos económicos en éste caso, quedarán en segundo plano (costos de inversión, operación y mantenimiento).

La disposición final o la eliminación de los DIP mediante la Inyección de Pozos Profundos, se utiliza solamente para desechos líquidos (emulsiones o soluciones). Este método es poco conveniente por sus altos costos de inversión, operación y mantenimiento. Además, los estudios geohidrológicos para la determinación del sitio adecuado son muy costosos, y aun más, el comportamiento de los desechos una vez que han sido inyectados no será siempre el mismo y es difícil de determinar. Así se concluye, que en el caso de México, no es lo más adecuado.

En cuanto al método Agroquímico ("Landfarming"), se utiliza para desechos orgánicos biodegradables semisólidos y requiere de extensiones de tierra con características especiales que permitan la fácil degradación de los desechos. La desventaja aquí, es que

se requiere de un análisis y control estricto de las diversas etapas de la biodegradación con la finalidad de prevenir la erosión de los suelos.

En el método de Confinamiento Controlado, se disponen desechos semisólidos (Lodos) estabilizados y desechos sólidos orgánicos e inorgánicos. Esta tecnología, requiere de contar con una inversión no muy elevada para realizar la obra civil, por lo tanto, será más económico para grandes cantidades de desechos y por ello se recomienda llevar uno entre varias empresas siempre y cuando se conozca estrictamente la compatibilidad de los desechos que van a ser dispuestos en el sitio. Es un método muy seguro, ya que se tiene control también de los lixiviados.

La Incineración de los DIP, es una de las tecnologías más factibles, ya que se beneficia reduciendo el volumen de los desechos, se elimina el riesgo de los componentes bacteriológicos y virológicos, los compuestos orgánicos se destruyen y se proporciona la oportunidad de recobrar calor a través de los desechos.

La destrucción eficiente de los DIP por medio de la Incineración, depende de la exposición de los componentes peligrosos a oxígeno en temperaturas suficientemente altas para que en un periodo de tiempo adecuado, se promueva tanto la combustión como la descomposición. Por lo tanto, mediante una unidad de Incineración, se alcanza la conversión segura y completa de los DIP orgánicos; principalmente se pueden reducir grandes cantidades de materiales de desecho a emisiones gaseosas, pequeñas cantidades de cenizas inertes y otros residuos. Además, el proceso de Incineración puede proporcionar una solución óptima y permanente a los desechos peligrosos con una carga ecológica mínima a largo plazo. La eficiencia en la mayoría de los casos es máxima. Las desventajas del proceso de incineración, esencialmente son dos: los costos más elevados de inversión, operación y mantenimiento, son muy altos y si no se tiene un buen control de las emisiones gaseosas, puede originarse un grave problema de contaminación del aire.

El país debe seguir con su desarrollo, su crecimiento industrial y económico tomando en cuenta la protección de los recursos y del medio ambiente, porque cada día es más común darnos cuenta que la mejor medida económica es también la mejor solución ecológica, pues la reparación del daño ambiental tiene un costo para la sociedad más elevado que el de su prevención. Al promover la conciencia ambiental, nos daremos cuenta de que la acción ecológica no compete sólo al poder público, sino a toda la sociedad.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La Legislación Ambiental Mexicana en materia de los Desechos Industriales Peligrosos, es uno de los principales mecanismos mediante los cuales se prevé el control de los mismos. Las Leyes y Normas mexicanas, están bien establecidas, son concisas y claras.

Por otra parte, la legislación ambiental internacional, está empezando a tener la fuerza y calidad necesarios para resolver en gran medida el problema que significan los DIP. Sin embargo, el desarrollo de las normas correspondientes al tema, no deberá detenerse aquí, pues cada día surgen nuevos problemas y situaciones difíciles que tendrán que ser resueltos de inmediato o a corto plazo. La Legislación en general, que abarca todo lo referente a los problemas ambientales, deberá ser a éste respecto, mucho más estricta y clara.

- La SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), conforme al Título Sexto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Medio Ambiente, llevó a cabo durante su existencia como tal, variadas inspecciones para verificar la observación de la Ley, los Reglamentos, y las NTE (Normas Técnicas Ecológicas) existentes. Ahora, la SEDEGOL (Secretaría de Desarrollo Social) junto a la Procuraduría Ecológica y muchos organismos, continua con éstas y otras muchas actividades para que se sigan respetando las normas y se eviten así los riesgos y los impactos adversos al medio ambiente y la salud humana.

- Mediante el Tratado de Libre Comercio en Materia Ambiental, tratará de controlar los Desperdicios Tóxicos, Peligrosos y Radioactivos para que no exista un comercio ilícito y desordenado de ellos a través de las fronteras que lo firmaron.

Se tratará de desarrollar nuevos sitios destinados a la disposición final de los DIP. Estos sitios deberán contar con estrictas condiciones de operación para que sean viables de considerar como lugares seguros.

- El "Manejo" adecuado de los desechos industriales peligrosos, es aquel sistema que comprende actividades de almacenamiento, recolección, transportación, tratamiento y eliminación de los mismos o disposición final.

Un programa efectivo del manejo de los DIP en México, incluye también:

- 1) El conocimiento de los reglamentos y normas locales, federales y estatales en materia de desechos peligrosos.
- 2) Un control efectivo y adecuado manejo paso a paso desde la fuente generadora hasta el punto final en donde se eliminarán o

se dispondrán finalmente de manera segura y eficaz.

b) El uso exclusivo de empresas profesionales y confiables, autorizadas por SEDESOL, para el manejo y disposición final (o eliminación) de los desechos peligrosos que la empresa genera en específico.

- El poder tratar los DIP en la misma fuente generadora, se traduce en la minimización inmediata de los costos para el transporte y contratación de una empresa dedicada al tratamiento, eliminación o disposición final de los mismos. Además el buscar un tratamiento para los desechos peligrosos en su "cuna", reducirá los riesgos que se producen durante las actividades de almacenamiento, recolección y transporte.

- Para seleccionar un Método de Tratamiento, Eliminación o Disposición Final de los DIP en México, deben considerarse los siguientes aspectos: No deberá existir una dependencia extranjera por elementos de importación como la asesoría técnica, recursos humanos y económicos, de equipo o refacciones. Los principios técnicos deben estar desarrollados en el país; la infraestructura y capacitación del personal, además, constituyen una parte integral en la selección adecuada. El tomar en cuenta las características fisicoquímicas de los desechos y la compatibilidad de los mismos y de sus componentes entre sí, ayudarán a la selección de un método de tratamiento, eliminación o disposición final seguro y eficaz.

- Determinar la(s) tecnología(s) de Disposición Final o Eliminación de los desechos peligrosos, deben llevarse a cabo considerando en primer lugar las características fisicoquímicas de los desechos en cuestión; además, deberán tomarse en cuenta los costos de inversión, operación y mantenimiento. Por otra parte, deben tomarse en cuenta la etapa de abandono al terminar la vida útil de la instalación o sitio de disposición final.

En el caso de elegir la mejor opción de Eliminación o Disposición Final, se requiere de estudios: Técnico-Económico, un estudio de Impacto Ambiental y si se requiere de un Análisis de Riesgo para asegurarse de que la elección no traerá como consecuencia aspectos adversos en el orden socio-económico, ambiental y riesgos al operar en el sitio o instalación para un desecho en específico.

- La etapa de "abandono", es un punto importante a considerar como se ha mencionado anteriormente. Sobretudo en el caso de sitios de disposición final de los desechos peligrosos. Es decir, por ejemplo, en el caso de Celdas de un Confinamiento Controlado, llegará el momento en que cada una de ellas llegue a su capacidad máxima. Entonces, éstas quedarán cerradas de tal manera que no vayan a generar un problema de contaminación de

agua y suelo (principalmente) con el tiempo. Se requiere, cuando se ha llegado a la etapa de abandono de la instalación o sitio, de contar con estrictos sistemas de monitoreo permanente.

- Un Incinerador de DIP, debe contar con rigurosos y estrictos requerimientos de regulación en lo que se refiere a emisiones a la atmósfera para evitar problemas de contaminación del aire.
- Existen riesgos causados por la utilización de un Método de Incineración de los desechos industriales peligrosos; éstos, en resumen son:

1) Contaminación Atmosférica. Por:

- Polvos y partículas
- Gases nocivos
 - CO y CO2
 - SOx (SO2, SO3, SO4)
 - HCl
 - Derivados de los plásticos
- Olores

2) Riesgos por la instalación misma.

- Por corrosión
- Consolidación de los desechos en el horno o cámara de combustión

- A pesar de que la propuesta del presente trabajo era recomendar como vía óptima y segura la selección del método de Incineración para la Eliminación de los DIP, puede concluirse que no será mejor opción en muchos casos, ya que pueden traerse como consecuencia situaciones adversas. En muchos casos utilizando éste, podría minimizarse a casi nada de volumen de los desechos, pero durante la descarga de los gases generados durante la combustión, en ciertos casos pueden liberarse variados gases y humos peligrosos y en cantidades significativas. Así pues, por algunos beneficios inmediatos, se producen complicaciones ambientales peligrosas y quizá irreversibles que no eran el objetivo del método.

En otros casos, sucede que el desarrollo de la instalación, la operación y mantenimiento, es tan costoso que no es costeable y se decidirá seleccionar otra vía de eliminación de los desechos en cuestión más barata y que alcance los objetivos.

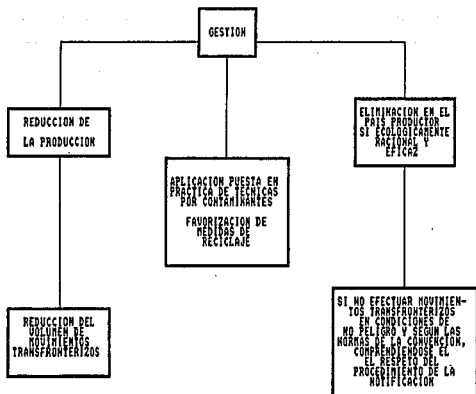
Asimismo, los desechos ideales para aplicar la incineración, son: aquellos con altos poderes caloríficos, combustibles (en general, los de naturaleza orgánica).

- No podremos seleccionar en primera instancia un proceso de incineración para resolver la generalidad de los problemas con

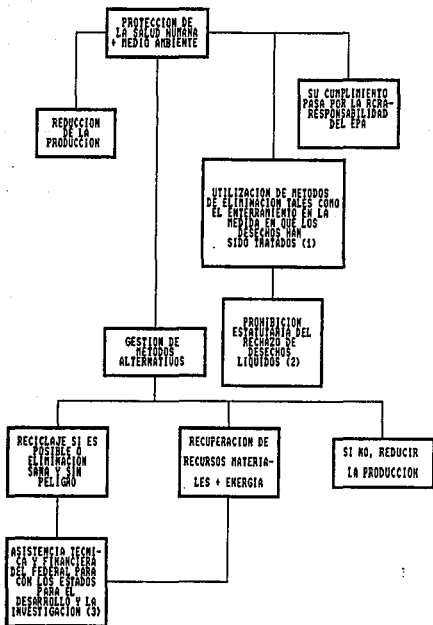
DIP. Deberá desarrollarse un estudio socio-económico, deben conocerse los efectos adversos y los impactos tanto positivos como los negativos a nivel ambiente y salud humana y finalmente, deben conocerse el riesgo que representará la instalación para evitar los peligros potenciales e inmediatos.

ANEXO

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS DE GESTION DE DIF



BASES DE LA FILOSOFIA AMERICANA EN MATERIA DE DTP



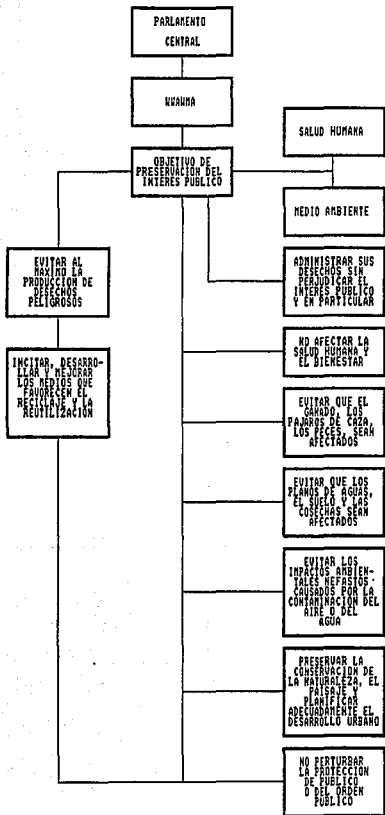
(1) Esta decision de la administracion no resulta unicamente de una eleccion relativa a la salud y al medio ambiente, sino que mas que todo de una problematica resultante del equipo a corto termino de los sitios de enterramiento viables que se pueden identificar sobre el conjunto del territorio americano.

(2) Esta prohibicion se encuentra en la disposicion 6924(c)(1)(1)RCRA

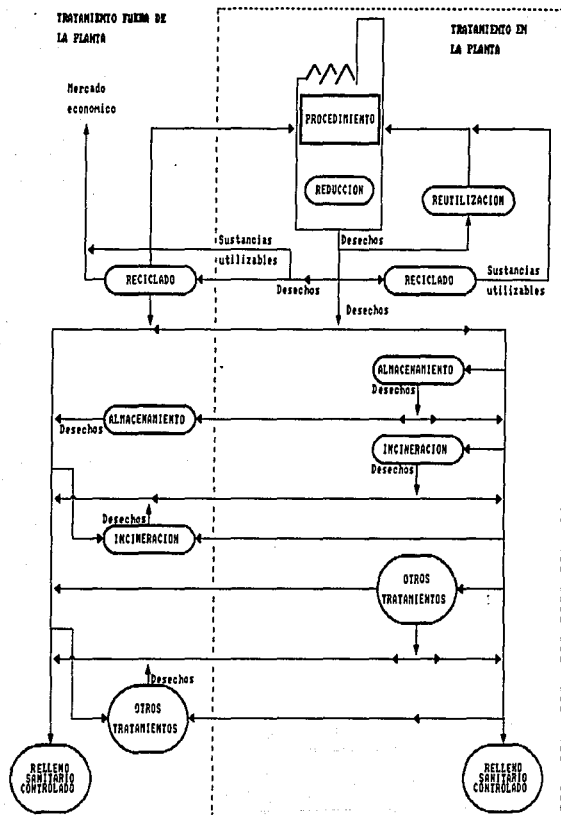
(3) Capitulo IV.RCRA

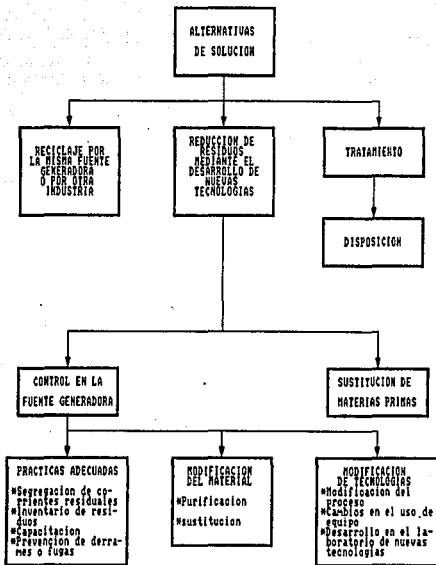
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
ESTADO DE MEXICO
CONSORTIUM SH-DYNAMICS ENVISTECH INC.
AGOSTO DE 1991

IDEOLOGIA ALIENANA EN MATERIA DE GESTION DE DIP



ESQUEMA PARA EL TRATAMIENTO DE
LOS DESECHOS PRIORITARIOS





ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL MANEJO DE RESIDUOS INDUSTRIALES

**SEGREGACION O SEPARACION
EN EL LUGAR DE GENERACION**

Esto impide al DIP contaminar a los desperdicios no peligrosos (DNP), lográndolo mediante procesos de manejo que prevengan a los DNP de no entrar en contacto con los DIP. Este es el método más fácil y barato de reducir el volumen de desperdicios a disponerse. Además de reducir costos de disposición, se reducen los costos de manejo y transporte de desperdicios.

ETAPAS

EN

**SUSTITUCION DE
MATERIA PRIMA**

LA

Este método puede ofrecer una de las mayores oportunidades en cuanto a reducción de desechos. Se logra reemplazando una materia prima que genera grandes cantidades de DIP, con una que genere poco o ningún DIP, de esta manera los productos pueden reducir sustancialmente el volumen de sus desperdicios.

REDUCCION

DE

**RECICLAJE
(RECUPERACION O REUSO)**

LOS

El reciclaje es el proceso mediante el cual se separa una sustancia de un desperdicio, transformándolo y devolviéndolo al uso productivo. Los generadores pueden reciclar gran variedad de productos químicos, ya sea por ellos mismos o mediante servicio externo.



**CAMBIOS EN LOS PROCESOS
DE PRODUCCION**

Consiste en eliminar el proceso que produce el DIP, o bien la modificación de dicho proceso, para que de esta manera se produzcan menos desperdicios. En algunas ocasiones, la modificación de uno de estos procesos reduce en una ventaja económica pudiendo ser en el costo global o también en los costos de disposición de residuos, que de esta manera son eliminados.

DEFINICION DE DESECHOS PELIGROSOS

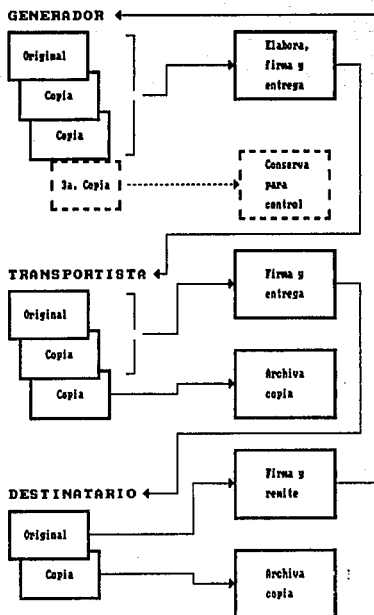
| E.U. | CANADA | QUEBEC | ONTARIO | ALEMANIA | NACIONES UNIDAS | MEXICO |
|------|--|---|---|--|---|--|
| | <p>Producción, materia o organismo que en una cantidad peligrosa, que ya no es utilizable para los fines de una materia reciclable o que está destinada a ser usada o eliminada, que sea o se almacenará en espera del tratamiento o de la eliminación*</p> <p>* Definición según el reglamento sobre el transporte de mercancías peligrosas y su Modificación, DORS/99 294.1, junio 1989, Gaceta de Canadá, Parte II.</p> | <p>(1) Categoriya de desechos mencionados en el anexo I del reglamento.</p> <p>(2) Los residuos sólidos, los residuos suspendidos a 30°C, los residuos gaseosos confinados en un contenedor transportable que sea, tal como se ilustra en el capitulo decisonal del anexo II, inflamables corrosivos, o tóxicos".</p> <p>* Ver capitulo decisonal en anexo a la página.</p> | <p>Significa un desecho que se según el caso, I-Desechos peligrosos industriales.</p> <p>II-Desechos químicos altamente peligrosos.</p> <p>III-Desechos que poseen peligrosos.</p> <p>IV-Desechos tóxicos agudos.</p> <p>V-Desechos inflamables.</p> <p>VI-Desechos corrosivos</p> <p>VII-Desechos reactivos.</p> <p>VIII-Desechos radiactivos.</p> <p>IX-Desechos patológicos.</p> <p>X-Desechos inflamables tóxicos.</p> <p>XI-B.P.C.</p> | <p>Desechos generados por fuentes industriales, comerciales, o públicas, que en razón de su naturaleza, cantidad o cantidad constituyen un peligro particular a la salud y a la calidad del aire y del agua y que son particularmente inflamables o explosivos, o que contienen o pueda llevar a un desarrollo de organismos patológicos (enfermedades transmisibles)*</p> <p>* Definición del art. 200 del capítulo I de la Waste Avoidance and Waste Management Act. del 27 de agosto de 1986.</p> | <p>Los desechos que se dicen "desechos", que hacen el objeto de movimiento transfronterizo, sería considerados como "desechos" peligrosos para los fines de la presente Convención.</p> <p>a) Los desechos que pertenecen a una de las categorías que figura en el anexo I, al menos que no posean alguna de las características indicadas en el anexo III, y</p> <p>b) Los desechos que no se les aplica las disposiciones del párrafo a), pero que son definidos como peligrosos por la legislación interna para relativa a la exportación-importación o de tránsito.</p> | <p>Residuo:</p> <p>Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento que se mueva o sea el proceso que lo genera.</p> <p>(Art. 3, Inc. XXVI de la Ley)</p> <p>Residuos Peligrosos:</p> <p>Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivos, tóxicos, inflamables, reactivos, irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.</p> <p>(Art. 3, Inc. XXVII de la Ley)</p> |

**Definición de desechos peligrosos
(CONTINUACION)**


| ESTADOS UNIDOS | CANADA | QUEBEC | ONTARIO | ALEMANIA | NACIONES UNIDAS |
|----------------|--------|--------|---------|----------|--|
| | | | | | <p>2. Los desechos que pertenecen a una de las categorías que figuran en el anexo "2" y son el objeto de movimientos transfronterizos, serán considerados como "otros desechos", para los fines de la presente Convención.</p> |
| | | | | | <p>3. Los desechos que, en razón de su radioactividad, están sometidos a otros sistemas de control internacional, aplicables específicamente a las materias radiactivas, comprendidos por instrumentos internacionales, son excluidos del campo de aplicación de la presente convención.</p> |
| | | | | | <p>4. Los desechos provenientes de la explotación normal de sus naves y del cual el rechazo hace el objeto de un instrumento internacional, son excluidos del campo de aplicación de la Convención.*</p> |
| | | | | | <p>* Artículo 1, párrafo 1 al 4.</p> |

LISTA DE LOS DIEZ DESECHOS PELIGROS PRORITARIOS

| Codigo | Categoría | Ejemplo |
|--------|--|---|
| 131 | Soluciones, lodos, y residuos neutros que contienen metales pesados | Lodos de desechos de la finición de metales que contienen cobre, níquel, cromo, zinc, el cadmio, agua y lodos de baños de sales neutras. Sólidos secos resultado de estos procesos. |
| 211 | Disolventes con olores y sus residuos | Disolventes y residuos de benceno, de tolueno y xileno. |
| 146 | Desechos inorgánicos diversos | Desechos de depuradores de gases quemados cenizas volátiles y húmedas, desechos abrasivos y polvos metálicos, restos de sistemas de almacenamiento que han contenido mezclas de desechos inorgánicos |
| 122 | Soluciones, lodos y residuos alcalinos que contienen otros metales y no-metales pero no cianuros | Soluciones alcalinas que provienen del ataque al ácido y los tratamientos superficiales del aluminio desechos de detergentes alcalinos, residuos de cel, depuradores de aniones. |
| 112 | Soluciones, lodos y residuos ácidos que contienen metales pesados | Soluciones de ácido sulfúrico, ácido clorídrico y de ácido nítrico que contienen cobre, níquel, cromo, zinc, cadmio, estaño, plomo y otros metales pesados, desechos de ácido crómico. |
| 145 | Desechos de pinturas, colorantes y revestimientos | Lodos y desechos de cabinas de varnizado a fuzil, desechos de revestimientos de papel, lodos de tinta, lodos de pinturas. |
| 221 | Combustibles ligeros | Gasolina, queroseno, diesel, aguas de lavado, restos de sistemas, residuos de limpieza de derrames. |
| 222 | Combustibles pesados | Asfaltos, restos de cisternas, aguas de lavado y residuos de limpiezas de derrames. |
| 121 | Soluciones, lodos y residuos alcalinos que contienen metales pesados | Desechos de acabado de metales, baños electroquímicos de galvanoplastificado, soluciones usadas que contiene cobre, zinc, estaño, cadmio, residuos usados de la destrucción del cianuro, sólidos secos de la destrucción del cianuro y el acabado de metales. |
| 143 | Residuos de la fabricación del hierro | Polvos y lodos de la depuración de emisiones, residuos de desempolvadores electrostáticos, sólidos secos de estos procesos. |



**FORMAS DE LLENADO PARA LOS
MANIFIESTOS Y REPORTE SEMESTRAL Y MENSUAL CON RESPECTO
A EMPRESAS GENERADORAS DE TRANSPORTE Y TRATAMIENTO Y POR
DERRAME O ACCIDENTE DE DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS (SEDUE)
(CONTINUACION)**

|  SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA DIRECCION GENERAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL MANIFIESTO DE ENTREGA TRANSPORTE Y RECEPCION DE RESIDUOS PELIGROSOS | | | | | | |
|--|--|----------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|------------|
| 1. IDENTIFICACION | | No DE REGISTRO SEDUE | | No DE MANIFESTO | 3. PAGINA | |
| 2. RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA DOMICILIO Y C.P. _____ MUNICIPIO _____ ESTADO _____ | | | | | | |
| 4. TELEFONO _____ LICENCIA DE SEDUE No _____ | | | | | | |
| GENERADOR | 5. DESCRIPCION (Nombre del Residuo y Características Cien) | | | | CONTENEDOR | CANTIDAD |
| | | | | | No | TOTAL DE |
| | | | | | CANTIDAD | RESIDUO |
| | | | | | EN LITROS | VALOR PESO |
| 6. INSTRUCCIONES ESPECIALES E INFORMACION ADICIONAL PARA EL MANEJO SEGURO | | | | | | |
| 7. CERTIFICACION DEL GENERADOR: Declaro que el contenido de este Manifiesto total y correctamente clasificado de acuerdo al nombre del Residuo, Características Cien, tiene etiquetado, marcado y rotulado, y que se han previsto las condiciones de seguridad para el transporte por carretera de acuerdo a la legislación Nacional vigente. NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE _____ | | | | | | |
| TRANSPORTISTA | 8. NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTADORA | | No DE REG. S.C.T. | | | |
| | DOMICILIO _____ | | TEL _____ | | | |
| | 9. RAZON DE MATERIALES DESCRITOS EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE | | CARGO _____ | | FIRMA _____ | |
| | NOMBRE _____ | | FECHA DE EMBAJQUE _____ | | DA _____ MES _____ AÑO _____ | |
| 10. RUTA DETAL DE LA EMPRESA GENERADORA HASTA SU ENTREGA | | | | | | |
| 11. TIPO DE VEHICULO _____ No DE PLACA _____ | | | | | | |
| DESTINATARIO | 12. NOMBRE DE LA EMPRESA | | No DE REG. SEDUE | | | |
| | DOMICILIO _____ | | TEL _____ | | | |
| | 13. RECIPIENTE DE RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO: DESCRIPCIONES _____ NOMBRE _____ CARGO _____ FIRMA _____ FECHA _____ | | | | | |

DESCRIPCIÓN SUMARIA DE LOS METODOS DE CLASIFICACION. QUEBEC Y ONTARIO, ALEMANIA, BASILEA Y ESTADOS UNIDOS

ESTADOS UNIDOS Los Estados Unidos poseen una serie de listas compuestas de diversas categorías en las que son clasificados los desechos peligrosos. Mientras tanto, el desecho debe tener una o varias características previstas en la sección 261 subparte C o uno de los criterios enumerados en la disposición 261.11. (subparte B-criterios que permiten la identificación de las características de los desechos peligrosos o si no por medio de las listas).

CANADA

La Ley sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas previene una clasificación que se apoya sobre diversas características de peligro; ella se inspira en la clasificación utilizada por la Organización Marítima Internacional. Una sustancia (o desechos) será sujeta a la reglamentación canadiense si ella se clasifica bajo una o varias de las características de peligro.

QUEBEC Y ONTARIO

Se confeccionó una lista de desechos peligrosos, inspirándose en el trabajo efectuado con anterioridad de los Estados Unidos. Se añade ahí un proceso de las características de otros desechos por determinar, según los métodos científicos, si es que pueden ser clasificados como "peligrosos".

ALEMANIA

La ordenanza número 1 de la "Ta Sonderbfall" contiene una lista detallada de los desechos peligrosos. Esta lista está dividida en tres categorías. Para que un desecho sea considerado como peligroso, debe estar incluido en la lista de la ordenanza. Las características no son utilizadas con el fin de clasificar los desechos peligrosos, sino que más que todo en vista de elegir un modo de eliminación apropiado.

BASILEA

Tiene un sistema mixto semejante al descrito para los Estados Unidos, Quebec y Ontario, no obstante que las listas están categorizadas de otra manera.

PRINCIPALES MODOS DE CLASIFICACION ADOPTADOS POR ESTADOS UNIDOS, CANADA, QUEBEC, ONTARIO, ALEMANIA Y BASILEA (SUIZA)

| PAIS | LISTAS CARACTERISTICAS | MIXTAS | CANTIDAD DE DESECHOS LISTADOS |
|-----------------|------------------------|--------|-------------------------------|
| ESTADOS UNIDOS | | X | ±680 |
| CANADA | X | | ±150 |
| QUEBEC | | X | ±120 |
| ONTARIO | | X | ±834 |
| ALEMANIA | X | | ±330 |
| BASILEA (Suiza) | | X | 47 |

**CUADRO SINTESIS DE LAS DIFERENTES
CARACTERISTICAS RETENIDAS CON EL FIN DE UNA CLASIFICACION**

| | ESTADOS UNIDOS | CANADA | QUEBEC | ONTARIO | ALEMANIA | BASILEA | MEXICO |
|---------------------|----------------|--------|--------|---------|----------|---------|--------|
| COMBURENTE | | X | | | N/A | X | |
| CORROSIVIDAD | X | X | X | X | | X | X |
| EXPLOSIVO | | X | | | | X | X |
| GASEOSO | | X | | | | X | |
| INFECCIOSO | | X | | | | X | |
| INFLAMABILIDAD | X | X | X | | | X | X |
| LIXIA VISIBLE | | | X | X | | | |
| PEROXIDOS ORGANICOS | | X | | | | X | |
| RADIOACTIVO | | | X | X | | | |
| REACTIVIDAD | X | | X | X | | | X |
| TOXICIDAD | X | X | X | | | X | X |
| OTROS | | X | | X | | X | |

SINTESIS DE PRINCIPIOS DE ALMACENAJE FUERA DEL LUGAR.

ESTADOS UNIDOS

QUEBEC

ONTARIO

MEXICO

Referencia legislativa
40 CFR PARTE 264

(normas aplicables a los propietarios y operadores de instalaciones de almacenaje)

Normas:

- *Prevención-preparación.
- *Plan de acción y procedimiento de urgencia.
- *Liberación de desechos sólidos por las unidades de gestión.
- *Depósito.
- *Almacenamiento de superficie
- *Amontonamiento.

Normas aplicables a los centros de transferencia.

- *certificado de conformidad y permiso de explotación.
- *gula de almacenamiento.
- *Normas de localización.
- *Normas de explotación

Los mismos principios del cuadro 1.

No hay indicaciones especiales si el almacenamiento es en la planta o fuera de ella.

SÍNTESIS DE PRINCIPIOS DE ALMACENAJE EN EL DOMICILIO DE LOS PRODUCTORES

| ESTADOS UNIDOS | QUEBEC | ONTARIO |
|---|---|--|
| <p>Principio = necesidad de tener un permiso, excepto en los casos siguientes:</p> | <p>*Almacenaje máximo 1 año.</p> | <p>Directivas fijadas por la guta ministerial. * No tiene fuerza de ley.</p> |
| <p>*Almacenaje de menos de 90 días, de lo contrario considerado operador de una instalación de almacenaje.</p> | <p>*Algunos productores tienen derechos adquiridos</p> | <p>Normas sobre el almacenaje de productos químicos: -líquidos, -gaseosos, -sólidos.</p> |
| <p>*Producción que se sitúa entre 100 y 1000kg/mes, almacenaje permitido hasta 180 días.</p> | <p>*Guta ministerial aplicable, teniendo fuerza de ley.</p> | |
| <p>*Producción entre 100 y 1000kg/mes y que los desechos deben ser transportados más de 200 millas, entonces almacenaje permitido hasta 270 días.</p> | | |

**CUADRO SINTESIS DE LOS PRINCIPALES PERMISOS Y
CERTIFICADOS REQUERIDOS POR LAS LEYES Y EL
REGLAMENTO.**

| | E.U. | CAN. | QUE. | ONT. | ALEM. | BAS. |
|--|------|------|------|------|-------|------|
| Certificado de aprobación (autorización) | X | | X | X | X | N/A |
| Certificado de conformidad | | X | | | | |
| Permiso de explotación | X | | X | | X | |
| Permiso de Transporte | X | | X | | | |

**UTILIZACIÓN DE UNA DECLARACIÓN DE TRANSPORTE POR
LOS PAÍSES**

E.U. CAN. QUE. ONT. ALEM. BAS.

DECLARACION X X X X X X

METODOS DE CONTROL 3. DECLARACION ANUAL

ESTADOS UNIDOS
(PARTE 40 CFR)

CANADA QUEBEC

ONTARIO

ALEMANIA PNUB MEXICO

* El Productor que capte desechos peligrosos fuera del lugar a una instalación de tratamiento, de almacenaje o de disposición, debe hacer un informe, tal como lo prescribe el artículo 262.41 una vez a los dos años.

* El exportador debe hacer un informe anual de sus actividades en cuanto a tipos, cantidad, frecuencia y destinación de los desechos. 262.56.

* El operador o propietario de una instalación de tratamiento, almacenaje o de disposición, debe hacer un informe una vez a cada dos años.
(264.76, 264.77).

* El operador/propietario con una licencia provisional. Las mismas obligaciones de la disposición 264.75, Sección aplicable 265.75.

NIL

Producción de un informe anual. Art. 13.

Se aplica al que explota un lugar en el cual hay desechos

peligrosos que son producidos.

Informe de los desechos producidos y la estimación de los que se producirán en el año venidero.

Informe producido por cada tipo de desechos producidos, transportados o almacenados. Art. 15 (1)(4)(B)

(10) del reglamento.

Se aplica a la operación de una fábrica de disposición.

Art. 7.6 al final, del decreto mencionado.

Sumisión de un informe anual por el operador de una instalación de almacenaje con el mínimo de detalles sobre los tipos de desechos recibidos y la cantidad.

Art. 5.A.4.2. del segundo decreto general administrativo que se encuentra en la ordenanza 5 de la reglamentación.

NIL

Informe anual de llenar.

El generador debe indicar los movimientos de los residuos peligrosos cada 6 meses (Art. 8 del Reglamento)

Disposición final, informes mensuales.

(Indicar cantidad, naturaleza, disposición, fecha y lugar)
(Art. 34 del Reglamento)

Para tratamiento no hay indicación.
(ver art. 30 del Reglamento, se refiere al tratamiento previo a la disposición final)

**CUADRO SINTESIS DE LAS PRINCIPALES
EXCLUSIONES PREVISTAS EN LAS LEYES Y LOS REGLAMENTOS**

| | ESTADOS UNIDOS | CANADA | QUEBEC | ONTARIO | ALEMANIA | BASILEA | MEXICO |
|--|----------------|--------|--------|---------|----------|---------|--------|
| DESECHOS DOMESTICOS | X | X | X | X | N/A | | X |
| AGUAS USADAS | X | X | X | X | X | | X |
| DESECHOS NUCLEARES | X | | | | X | | X |
| DESECHOS REUTILIZADOS O RECICLADOS | X | | | X | X | | |
| RESIDUOS MINEROS | X | | X | X | X | | |
| DESECHOS PELIGROSOS SALVO TOXICO Y RADIOACTIVOS DE LOS CUALES LA PRODUCCION ES INFERIOR A 5kg/MES | | | X | X | | | |
| DESECHOS AGRICOLAS | X | | X | X | | | |
| EXCLUSIONES RELATIVAS A LA CANTIDAD PRODUCIDA (1) | X | X | X | X | | | |
| DESECHOS REGLAMENTARIOS POR UNA LEY O UN REGLAMENTO | X | X | | | X | | |
| OTROS | X | X | X | X | | | |

(1) La mayor parte de las legislaciones contienen exclusiones relativas a la cantidad generada. Cuando la producción sobrepasa la cantidad permitida, el desecho entonces producido se encuentra sujeto a las disposiciones reglamentarias.

PRINCIPALES
MÉTODOS ADOPTADOS

| | ESTADOS UNIDOS | QUEBEC | ONTARIO | ALEMANIA |
|---|----------------|--|--------------|----------|
| Reciclaje y reutilización | X | Limitado | Muy limitado | X |
| Sitio de enterramiento | X | Necesidad de un certificado de autorización para todos los tipos de tratamiento. | | |
| Incineración | X | | X | X |
| Tratamiento químico, físico, biológico o térmico. | X | | | X |

HEATING VALUE OF WASTE COMPONENT

194



Discard value/kg

| Waste Components | Heating Value | Waste Components | Heating Value |
|----------------------|---------------|------------------|---------------|
| Paper mixed | 4,200 | Rubber | 6,000 |
| Corrugated box | 3,900 | Mixed Plastics | 5,000 |
| Plastic coated paper | 4,000 | Polyethylene | 11,000 |
| Mixed carton | 6,500 | Polyurethane | 9,200 |
| Vegetable food waste | 4,600 | P.V.C | 9,450 |
| Mixed garbage (I) | 4,700 | Roads | 4,200 |
| Mixed garbage (II) | 4,000 | Oil paint | 7,450 |
| | 3,560 | Textiles | 4,400 |
| Softwood | 4,450 | Household dirt | 2,100 |
| Lawn grass | 4,650 | Street sweeping | 1,900 |
| Rip-leaves | 1,900 | Asbes | 2,800 |
| Grass dirt-leaves | 1,900 | Sewage sludge | 4,000 |
| Logs | 7,100 | Metals | 4,100 |
| Leather | 4,200 | | 4,600 |

TABLA COMPARATIVA DE DIFERENTES TIPOS DE INCINERADORES

| Type Description | The stoker | The Rotary Kiln | The Fluidized Bed |
|----------------------------|---|---|--|
| Structure | <ul style="list-style-type: none"> • Large body • Possible to carry Non-pre-treated waste into furnace • Procedure • Drying - burning - After burning • Waste pretreatment unnecessary | <ul style="list-style-type: none"> • Complicated body • Separation between heat recovery and moving parts of machine • Procedure drying - After burning - burnings • Waste pretreatment : Unnecessary | <ul style="list-style-type: none"> • Simple structure • No mechanic part working • Concurrence of processes • Waste pretreatment : necessary |
| Combustion ratio | 150—200Kg/m ² H | 350Kg/m | 450Kg/m ² H |
| Excess air | 1.8—2.5 | 1.6 | 1.2—1.8 |
| Detention time of gas flow | 1 Sec | 3 Sec | 1—3 Sec |
| Turbulence (Reynold's No) | 25,000—30,000 | 35,000—40,000 | 50,000—80,000 |
| Combustion Efficiency | 95% | 95—98% | 98% |
| Objective wastes | <ul style="list-style-type: none"> • Municipal waste • Commercial waste | <ul style="list-style-type: none"> • Industries waste and sludges • Sewage sludges • Hazardous waste | <ul style="list-style-type: none"> • Municipal waste • Commercial waste • Sewage sludge |

NOTA: Todas las figuras y cuadros
pertenecientes al anexo,
tienen como fuente:

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
ESTADO DE MEXICO
CONSORTIUM SH-DYNAMIS ENVIROTECH INC.
AGOSTO, 1991**

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 Ma. Cristina Rock. **SEGURIDAD INDUSTRIAL**. Documento de Trabajo del Subcomité de Dirección y Prevención de Calástrofes. Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos. A. C. UNAM. Cd. Universitaria. México, 1983.
- 2 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. **CURSO SOBRE MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS INDUSTRIALES**. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. México, 1984.
- 3 Ortiz Monasterio. **MANEJO DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS EN MEXICO**. Universo Veintiuno. México, 1987.
- 4 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). **LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE**. Diario Oficial de la Federación del 28 de Enero. México, 1988.
- 5 EPA. **SOLID WASTE DISPOSAL ACT**. U. S. A. , 1984.
- 6 Barnaby W. **HAZARDOUS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY**. Chemical Engineering. Great Britain. July, 1981.
- 7 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). **NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CRP-001: "CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DEL CARACTER PELIGROSO DE LOS RESIDUOS"**. Diario Oficial de la Federación del 6 de Junio. México, 1988.
- 8 Environmental Protection Agency (EPA). **HAZARDOUS WASTE AND CONSOLIDATED PERMIT REGULATIONS**. Federal Register Book. USA. Mayo, 1980.
- 9 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. **NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CRP-010. "REQUISITOS QUE DEBEN OBSERVARSE EN EL DISEÑO Y OPERACION DE CELDAS DE CONFINAMIENTO CONTROLADO"**. diario Oficial de la Federación del 14 de Diciembre. México, 1988.
- 10 H. Bravo, R. Torres J. **NECESIDADES PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE RESIDUOS INDUSTRIALES**. Sección de Contaminación Ambiental. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. México, 1983.
- 11 EPA. **HAZARDOUS WASTE GENERATION AND COMMERCIAL HAZARDOUS WASTE MANAGEMENT CAPACITY; AN ASSESMENT**. United States. Environmental Protection Agency; Office of Water & Waste Management. Washington D.C. Diciembre, 1980.
- 12 Metry A. Amir y Colab. **HANDBOOK OF HAZARDOUS WASTE**

- MANAGEMENT, Ed. Pergamon Press. E. U., 1984.
- 13 Universidad Iberoamericana (UIA). CURSO SOBRE LEGISLACION AMBIENTAL EN MEXICO. México, 1988.
 - 14 Ortiz Monasterio, F. MANEJO, DISPOSICION Y TRATAMIENTO DE DESECHOS INDUSTRIALES PELIGROSOS EN MEXICO. universo Veintiuno, 1987.
 - 15 Naciones Unidas (ONU). PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. INFORME ANUAL DE 1975. Ed. Centro de Información Económica y Social. OPI, 1977.
 - 16 Naciones Unidas (ONU). PROGRAMA NACIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE: EL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE. Pergamon press, Oxford reino Unido, 1988.
 - 17 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS. Diario Oficial de la Federación del 25 de Noviembre. México, 1988.
 - 18 Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). REFORMAS JURIDICAS PARA EL SISTEMA NACIONAL DE SALUD. talleres Gráficos de la Nación. México, 1988.
 - 19 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 100 ACCIONES NECESARIAS. Comisión Nacional de Ecología. Publicación. México, 1987.
 - 20 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE. Diario Oficial de la Federación del 28 de Enero. México, 1988.
 - 21 World Health Organization. LEGISLACION AND ADMINISTRATION. Regional office for Europe. Copenhagen. 3a. Edición. 1984.
 - 22 Kunitoshi Sakurai, Ph (D). TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS PELIGROSOS (VIII). CURSO LATINOAMERICANO DE LIMPIEZA URBANA. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/OMS). Buenos Aires Argentina. 26 de Septiembre de 1983.
 - 23 International Congress of Environmental Professionals. PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONGRESS OF HAZARDOUS MATERIALS MANAGEMENT. Pudvan Publishing Co. Illinois (1987).
 - 24 SEDUE. CURSO SOBRE EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS INDUSTRIALES. Subsecretaría de Ecología. México, 1984.

- 25 Fojasek RB: **SOLID-WASTE DISPOSAL: SOLIDIFICATION.** Chemical Engineering. E. U. August 18, 1975. p. 141 a 145.
- 26 E. U./EPA. **MUNICIPAL SLUDGE LANDFILLING: CHAPTER 3. SLUDGE CHARACTERISTICS AND LANDFILLING METHODS.** Washington D.C. EPA- October 1978. EPA 625 11-78-DIO SW 705.
- 27 Jay A. Mackie and Kathleen Niesen, CH 2M Hill. **THE ALTERNATIVES.** Chemical Engineering. August 6, 1984. p. 34 a 62.
- 28 **SEDUE REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE EN MATERIA DE DESECHOS PELIGROSOS.** Diario Oficial de la Federación. 25 de Noviembre de 1988.
- 29 Sutter Hans. **HAZARDOUS WASTE MANAGEMENT IN ECOLOGICAL SENSITIVE INDUSTRIES.** Publicación Enero 1987.
- 30 **DUVEL, W. A. SOLID-WASTE DISPOSAL: LANDFILLING.** Chemical Engineering. E. U. Julio 2, 1979. p 77 a 86.
- 31 **SEDUE. NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CRP-003 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA INCOMPATIBILIDAD ENTRE DOS O MAS DE LOS DESECHOS CONSIDERADOS COMO PELIGROSOS PARA LA NTE-CRP-001/88.** Diario Oficial de la Federación. 14 de Diciembre de 1988.
- 32 Heist A. James. **FREEZE CRYSTALLIZATION.** Chemical Engineering. Mayo, 1979. E. U.
- 33 **SEDUE. CURSO SOBRE EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE DESECHOS INDUSTRIALES DEL TIPO PELIGROSO.** Subsecretaría de Ecología. México, 1984.
- 34 R. C. Gregory, Rollins Environmental Services Inc. Wilmington, Del. **DESIGN OF HAZARDOUS WASTE INCINERATORS CEP.** April, 1981. p. 43 a 47.
- 35 David A. Hitchcock, ESP Div., Envirotech Corp. **SOLID-WASTE DISPOSAL: INCINERATION.** Chemical Engineering. Mayo, 21 de 1979. p. 183-194.
- 36 L. Manson and S. Unger. TRW. **HAZARDOUS MATERIAL INCINERATOR DESIGN CRITERIA INDUSTRIAL, ENVIRONMENTAL RESEARCH LABORATORY.** Office of Research and Development U.S., Environmental Protection Agency. Cincinnati Ohio. October 1979.
- 37 Secretaría de Ecología. **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD. DESECHOS PELIGROSOS EN EL CORREDOR INDUSTRIAL LERMA.** Subsecretaría de Estudios y Proyectos. Toluca, Edo. de México. 1990.

38 Acervo de la Secretaría de Ecología. Dirección Proyectos.
Toluca, Edo. de México. 1990.