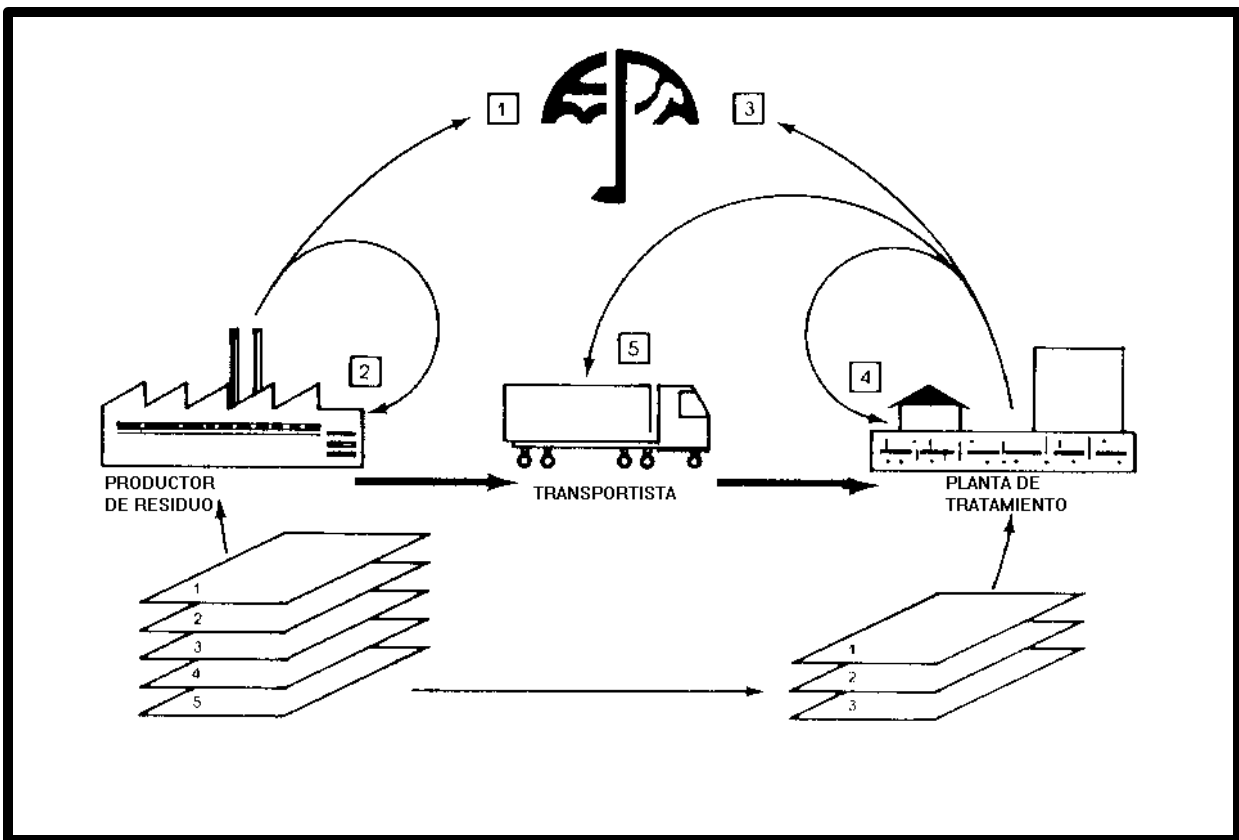


MANEJO SEGURO DE RESIDUOS PELIGROSOS



DR. FERNANDO MÁRQUEZ ROMEGIALLI

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Casilla 53-C, Correo 3, Concepción-Chile

Fonos : 56-41-204534 , 56-41-204755 ; Fax : 56-41-247491

Email : fmarquez@diq.udec.cl

MANEJO SEGURO DE RESIDUOS PELIGROSOS		
CONTENIDO		
CAPITULO I DEFINICION Y CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS		
1.1	Introducción	1
1.2	Definición General de Residuos Peligrosos	7
1.3	Clasificación Residuos Peligrosos	14
1.4	Análisis de Toxicidad de Residuos Peligrosos	23
1.5	Gestión y control de residuos peligrosos	26
CAPITULO II MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS		
2.1	Introducción	33
2.2	Estrategias de Minimización de Residuos	34
2.3	Incentivos y Desincentivos en Países en Desarrollo	51
2.4	Auditoría de Minimización de Residuos	52
2.5	Evaluación de Costos y Beneficios en la Minimización de Residuos	64
CAPITULO III TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS		
3.1	Introducción	69
3.2	Tratamiento de Residuos Orgánicos	70
3.3	Tratamiento de Residuos Líquidos Inorgánicos	71
3.4	Tecnologías de Tratamiento de Residuos Peligrosos	72
	3.4.1 Clasificación de Sistemas de Tratamientos	73
	3.4.2 Tratamientos Físicos	74
	3.4.3 Tratamientos químicos	75
	3.4.4 .Tratamiento biológico	79
	3.4.5 Neutralización	80
	3.4.6 Tratamiento de residuos aceitosos	84
	3.4.7 Extracción por solventes	91
	3.4.8 Tratamiento por oxidación química	96
CAPITULO IV EFECTOS EN LA SALUD Y EL AMBIENTE DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS		
4.1	Rutas Potenciales de los Residuos al ambiente	108
4.2	Factores que Afectan la Contaminación Ambiental	109
4.3	Efectos en la Salud y en el Ambiente	112
4.4	La Contaminación del Aire y los Problemas de Salud Asociados	115
4.5	Grados del Concepto de Peligro	120
4.6	Efectos Ambientales de los Residuos	121
4.7	Reactividad Química de Sustancias Peligrosas	122

MANEJO SEGURO DE RESIDUOS PELIGROSOS		
CONTENIDO		
CAPITULO V PLANIFICACIÓN PARA EL MANEJO SEGURO DE SUSTANCIAS Y RESIDUOS PELIGROSOS		
5.1	Localización y Edificios	127
5.2	Manejo del Almacenamiento de Sustancias Peligrosas	130
5.3	Planificación del Almacenamientos de Sustancias Peligrosas	131
5.4	Procedimientos de Emergencia Generales	136
5.5	Planificación del Manejo de Residuos	144
5.6	Respuesta de Emergencias con Residuos	152
CAPITULO VI INFRAESTRUCTURA DE SISTEMAS DE MANEJO		
6.1	Introducción	173
6.2	Almacenamiento de Residuos	173
6.3	Recolección y Transporte	174
6.4	Planes de Manejo y Programas	178
6.5	Centrales de Tratamiento de Residuos	180
6.6	Análisis de Seguridad	190
CAPITULO VII : PROCESOS DE RECUPERACION Y MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS DOMESTICOS		
7.1	Introducción	191
7.2	Los residuos peligrosos domésticos	191
7.3	Instalaciones para diferentes tipos de residuos	194
7.4	Ejemplos de materiales recuperados	197
7.4.1	Reciclaje de chatarra electrónica	197
7.4.2	Reciclaje de aceite residual	198
7.4.3	Neumáticos usados	200
7.4.4	Baterías ácidas de plomo	202
7.4.5	Pilas Domésticas	203
7.4.6	Anticongelantes	204
7.5	Presentación de caso: planta de tratamiento Hidronor	205
7.6	Procesos de Incineración de Residuos Sólidos	206
Bibliografía		213
Apéndice I : Glosario de Términos		215
Apéndice II Clasificación según Convenio de Basilea		220
Apéndice III : Definiciones en Diferentes Países		227
Apéndice IV : Códigos de Clasificación de Residuos Peligrosos		236

CAPITULO I

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

1.1 Introducción

Los Residuos Peligrosos se generan a partir de un amplio rango de actividades industriales, de la agricultura, y aún de las actividades domésticas (Figura 1.1 y Tabla 1.1). Los procesos industriales generan una gama de residuos de naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa, con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, que presentan riesgos potenciales a la salud humana y al ambiente. Estos residuos son los denominados peligrosos¹. Existen otras fuentes de residuos peligrosos, como son los hospitales, el comercio y la minería.

Figura 1.1. Residuos Peligrosos



Los riesgos al medio ambiente y a la salud causados por los residuos peligrosos ha generado preocupación a nivel mundial, la que se ha expresado en una legislación para controlarlos. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo, si bien esta preocupación existe, la mayoría no tiene una legislación adecuada para su control.

La contaminación de cuerpos peligrosos de agua (principalmente las aguas subterráneas) causada por la disposición inadecuada de residuos peligrosos hizo que los países industrializados dieran una alta prioridad a su manejo en la década de los 80. El manejo de los residuos peligrosos incluye los procesos de minimización, reciclaje, recolección, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición. Actualmente, los países industrializados tienden a promover la minimización y reciclaje de los residuos peligrosos como la opción desde el punto de vista ambiental.

Tabla 1.1 Ejemplos de Residuos Peligrosos

Sector	Fuente	Residuo Peligroso
Comercio & Agricultura	Servicio Autos Aeropuertos Secado al Vacío Transformadores Hospitales Zonas Rurales	Aceites Residuales Aceites, Fluidos, etc. Solventes Halogenados Bifenilos Policlorados(PCB) Residuos Patógenos e Infecciosos Pesticidas, Residuos Agrícolas
Mediana y Pequeña Industria	Tratamiento de Metales(Electro- Plateado, Galvanizado, Cromado, Anodizado, etc. Industria Fotográfica Textiles Impresión Curtiembres	Ácidos, Metales Pesados Solventes, ácidos, plata Cadmio, ácidos minerales Solventes, tintas, etc. Solventes, Cromo, Sulfuros
Industria de Gran Escala	Refinerías Petroquímica Química y Farmacéutica Celulosa y Papel	Catalizadores Residuos de Aceites Solventes, Residuos Tóxicos Mercurio, Organoclorados

Los programas de manejo y control tienen como base fundamental, una legislación que define a los residuos peligrosos los clasifica y provee criterios para la identificación de los mismos. La facilidad para la identificación de los residuos peligrosos tiene una gran importancia en la legislación que se aplica bajo el principio de "el contaminador paga", es decir, que el generador es responsable del manejo adecuado de sus residuos. Consecuentemente, los procesos industriales deben saber identificar los residuos peligrosos y cumplir con los requerimientos que la legislación deben saber estipular.

En la mayoría de las definiciones se excluyen los Residuos Domésticos y los Efluentes Líquidos. Sin embargo una importante fuente de residuos peligrosos se obtiene del pretratamiento de efluentes líquidos para cumplir con los controles de contaminación de aguas, teniendo como ejemplos las borras con metales pesados del electrotratamiento de metales, borras del tratamiento de efluentes de curtiembres, etc.

El grado de peligro de los residuos peligrosos varía ampliamente. Una distinción útil es entre aquellos residuos que poseen un riesgo potencialmente alto para la salud humana, y aquellos donde el riesgo es menor, pero las cantidades son mucho mayores. Un ejemplo de la primera categoría incluyen solventes inflamables de bajo punto de inflamación, pesticidas altamente tóxicos o materiales persistentes clorados como los PCBs, mientras que en la última categoría se incluyen grandes volúmenes de actividades mineras (relaves) y borras de caliza u otros minerales.

Los Problemas con Los Residuos Peligrosos

Solamente en los últimos 20-25 años se ha reconocido como un problema prioritario el manejo de los residuos peligrosos. Las acciones para controlar los residuos peligrosos ha menudo se han precipitado por efecto de un algún desastre ambiental.

o Japón fue una de los primeros países en introducir el control de residuos peligrosos, después del accidente de Bahía Minamata en los años 60 , cuando muchas personas murieron por intoxicación al consumir pescados y mariscos contaminados con Mercurio que había sido descargado al mar por una planta química.

o En Inglaterra después de años en que un alto comité había investigado los problemas de

residuos peligrosos, cuando en Febrero de 1972 se produjo indignación pública al descubrirse tambores con Sales de Cianuro en un sitio desocupado donde jugaban niños. Diez días después se estableció la legislación pertinente.

o En los Estados Unidos se ha desarrollado un rígido sistema de control sobre residuos peligrosos desde 1976, provocado especialmente por la indignación ciudadana por el descubrimiento de la contaminación causada por el vaciamiento descontrolado de residuos peligrosos (Love Canal, Three Mile Island, etc.)



A pesar de que la definición de residuos peligrosos excluye los residuos domésticos, puede ser difícil hacer una separación total de residuos industriales y domésticos. Los países en desarrollo necesitan algún tipo de estrategia para identificar y cuantificar los riesgos planteados por los residuos peligrosos en orden de lograr una lista de prioridades para tomar acción con los recursos limitados con que se cuentan. Algunos factores que afectan el grado de riesgo son :

- o Reactividad (fuego, explosión, lixiviación);
- o Efecto biológico (toxicidad, largo o corto plazo, ecotoxicidad);
- o Persistencia (efecto en el ambiente, potencial destoxificación, factores múltiples) ;
- o Riesgos indirectos a la salud (patógenos, vectores); y
- o Cantidades Reales y Condiciones Locales (temperatura, suelo, agua, humedad, luz, sistemas receptores, formas de usos, etc.).

Aspectos de un Sistema de Control para Residuos Peligrosos.

Cada país necesita un Sistema de Control Nacional para los residuos peligrosos. Ese sistema debe contener cuatro componentes vitales para ser exitoso.

1. Legislación y regulaciones;
2. Implementación y procedimientos de control apropiados;
3. Adoptar servicios adecuados para el reciclo, tratamiento y disposición de residuos peligrosos.
4. La introducción de la capacitación adecuada para los empleados del gobierno que fiscalizan, así como también para los operadores de plantas y para el publico en general a través de programas educativos.



No importa cuan perfecto pueda aparecer un Programa Nacional de Control en el papel, si no es fiscalizado no tiene ningún valor. En forma similar , un programa de control no puede ser implementado si no existen los laboratorios, servicios y la capacitación adecuados. Por lo tanto la legislación y la provisión de los servicios adecuados deben proceder en paralelo, debiéndose tener en cuenta los siguientes aspectos:

- o Buenas información sobre cantidades actuales de residuos y sobre procesos industriales para identificar las prioridades .
- o Desarrollar una estrategia nacional para el manejo de residuos peligrosos, que incluya las necesidades de instalaciones (Incineradores, Vertederos, plantas de recicló, etc.)
- o Un sistema de control que incluya todos los aspectos del manejo de residuos peligrosos, desde la generación , almacenamiento, transporte y tratamiento y disposición.
- o Todos los actores envueltos, generadores, transportistas, recicladores, gobierno , público, etc., tienen sus roles y responsabilidades.



Esfuerzos Internacionales en el Manejo de Residuos Peligrosos.

Existen diversas organizaciones internacionales que han mostrado interés en manejo de los residuos peligrosos.

- o En 1985 la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ,PNUMA(UNEP) publican guías sobre políticas y códigos de prácticas, que sientan las bases y principios de la formulación e implementación de las políticas de manejo de residuos peligrosos (Suess y Huisman, 1983).
- o A fines de 1985 un grupo de expertos que trabajan en el manejo ambientalmente seguro de residuos peligrosos bajo el auspicio del PNUMA , adoptan las “ Guías del Cairo “ , sobre políticas y legislación (UNEP , 1985).
- o Un Seminario organizado por ASEAN , UNEP (PNUMA) y CDG desarrolla guías para establecer políticas y estrategias para el manejo de residuos peligrosos en Asia y el Pacífico (UNEP, 1986)
- o En 1985 se publica un Archivo de Manejo de Residuos, por el “Registro Internacional de Químicos Potencialmente Tóxicos “ (RIQPT), que contiene información sobre tratamiento y opciones de disposición de residuos conteniendo productos químicos específicos.



o La Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) y la Comisión de las Comunidades Europeas (CEC) han preparado una Convención Internacional sobre los movimientos transfronteros de residuos peligrosos. La mayor parte del trabajo se ha focalizado en la lista de residuos peligrosos (OECD , 1988).

o La Comisión Económica para Europa (ECE) y el Consejo para la Asistencia Mutua (CMEA) se han preocupado especialmente en tecnologías de baja producción de residuos o sin-residuos (Tecnologías Limpias o Producción Limpia) , (ECE, 1979-1987).

o La División de Salud Ambiental de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS), ha establecido el Programa Regional de Manejo de Residuos Peligrosos. Este programa cuenta con el auspicio y apoyo técnico del Gobierno Alemán, a través de su Agencia de Cooperación Técnica, GTZ. El objetivo del Programa es fortalecer las actividades tendientes a minimizar los residuos peligrosos en la Región, sin frenar el desarrollo industrial. Asimismo, busca acelerar el proceso de reglamentación y legislación de los residuos peligrosos.

Como resultado de la Primera Reunión del Núcleo Técnico, realizada durante la semana del 5 de Noviembre de 1990, se delineó el plan de trabajo del Programa Regional de Manejo de Residuos Peligrosos, (Benavides y Rincones, 1990) y se acordó la elaboración de documentos técnicos. Entre éstos, se consideró de primordial importancia la preparación de una Guía para la Definición y Clasificación de Residuos Peligrosos.

La Guía ha sido desarrollada tomando como base definiciones y clasificaciones existentes en los países industrializados, las que han sido adaptadas a las necesidades de la Región. Cabe destacar que el sistema de clasificación propuesto se basa en las recomendaciones del Ing. Dietrich Hueber, (Consultor GTZ) y en las sugerencias del Dr. Karl-Heinz Striegel (Consultor GTZ).

Cuantificación de Residuos Peligrosos.

El obtener una información confiable sobre las cantidades de Residuos Peligrosos producidos por cualquier país es muy difícil. El efectuar una comparación internacional también es casi imposible debido a las diferencias en la clasificación y definición de residuos peligrosos de país en país.



Progresos en el Control de Residuos Peligrosos.

Se ha echo un considerable esfuerzo en los últimos diez años en el control de residuos peligrosos en los países en desarrollo. El progreso varía de país en país pero en algunos países desarrollados:

Existe una legislación efectiva;

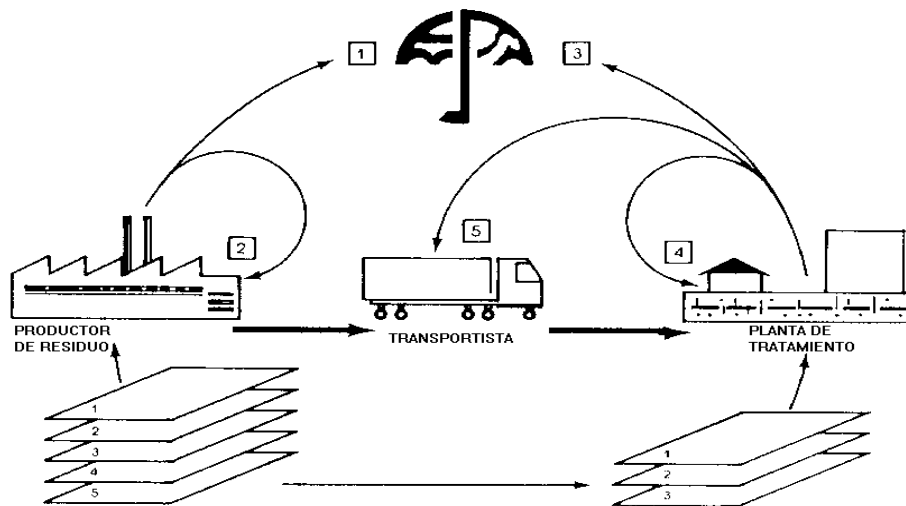
Se han introducido sistemas de control efectivos en el transporte de residuos;

Se han entregado licencias a un número creciente de operadores para el tratamiento y disposición de residuos peligrosos.

En algunos casos , se han implementado servicios adecuados para el tratamiento de residuos peligrosos, para incineración y para vertederos controlados;

En unos pocos casos, buenos sistemas de recolección y de transferencia se han implementado.

La disposición de Residuos Peligrosos es un problema dinámico, y actualmente se está trabajando fuertemente en los países en desarrollo tanto en procedimientos estándares como en licencias.



Problemas en Países en Desarrollo

Los principales problemas que deben enfrentar los países en desarrollo con respecto a enfrentar los problemas de los residuos peligrosos son:

a. Control Pobre sobre la Contaminación y la Disposición de Residuos

En muchos países predominan los vertederos abiertos, y ante la ausencia de control, los residuos peligrosos encuentran fácilmente su camino a estos lugares. Existen personas que viven y trabajan entre estos residuos, y muchos de estos vertederos están causando problemas de contaminación. El manejo de estos depósitos es de alta prioridad en los países en desarrollo.

Los controles sobre la contaminación del agua y del aire son a menudo muy deficientes, y cuando estos controles se implementan, los lodos y polvos obtenidos en los tratamientos a menudo generan residuos peligrosos.

Esfuerzos aislados para controlar algunos residuos peligrosos específicos son a menudo inefectivos sin una práctica eficiente del manejo de residuos. Debe existir una buena coordinación entre los controles de la contaminación del aire y del agua y de los residuos peligrosos.

b. Los Generadores de Residuos pueden ignorar el peligro de sus residuos

La ignorancia del potencial daño de los residuos peligrosos es normal en todos los países, pero es un problema particular en el caso de generadores pequeños en los países en desarrollo. Aunque las cantidades que ellos producen pueden ser pequeñas, los potenciales problemas pueden no ser insignificantes. Como ejemplo podemos citar la eliminación de contenedores con residuos de pesticidas que pueden envenenar seres humanos o contaminar fuentes sensibles de aguas potable y de regadío.

c. Acumulaciones de Residuos en espera de tratamiento o eliminación

En algunos países , las industrias nuevas pueden acumular sus residuos en sus propias plantas en espera de instalaciones de tratamiento o disposición. Después de 5 , 10 ó 15 años comienzan a aparecer los problemas de contaminación, y de repente el problema se transforma en urgente. Estos tipos de residuos se pueden reprocesar o se deben mantener controlados por las posibles fugas de sustancias tóxicas como a sucedido en numerosas ocasiones.



d. Fuentes de Recursos Limitadas

Algunos países en desarrollo no tienen los recursos financieros ni humanos especializados para manejar adecuadamente los residuos peligrosos. Ciertas restricciones al acceso a financiamientos externos hace difícil financiar estas actividades. Una carencia de personal especializado puede impedir la planificación, el manejo, y la operación y mantención de estas instalaciones, y la fiscalización de las regulaciones y leyes.

e. Razones Socio-Políticas

Sin una educación pública en el tema y con un desconocimiento de los peligros de la disposición impropia de los residuos va ha existir una insuficiente demanda pública por acciones . En los países en desarrollo en general la focalización se acentúa en otros problemas también reales y más urgentes y no se ve la disposición de residuos peligrosos como una meta política inmediata y necesaria.

En estos países se debe priorizar el control de los residuos peligrosos, y se deben focalizar los recursos disponibles en los problemas más significantes, aunque se debe tener en cuenta también las soluciones a largo plazo, que pueden significar el establecimiento de instalaciones centralizadas de tratamiento o disposición. Aún en el largo plazo se deben desarrollar soluciones que sean compatibles con los recursos limitados disponibles.

1.2. Definiciones Generales sobre Residuos

En los últimos años se ha puesto especial atención a la definición de “residuos”, “desechos” o “desperdicios” peligrosos. Cada país tiene un método diferente de definir este concepto, así como una diferente lista de compuestos.

Algunas organizaciones Internacionales europeas (OECD, CEC) está tratando de establecer listas cruzadas de residuos peligrosos, como un primer paso para armonizar las definiciones. La mayor preocupación actualmente es implementar un control estricto sobre los movimientos transfronteros de los residuos peligrosos.

También es importante entender los posibles efectos sobre la salud y el medio ambiente de los residuos. Para esto se debe entender claramente las propiedades químicas y físicas de los residuos así como el camino potencial a través del ecosistema hacia el hombre.

Existen tres enfoques para la clasificación de los residuos peligrosos: (Yakowitz, 1988):

- A través de una descripción cualitativa por medio de listas que indican el tipo, origen y componentes del residuo.
- La definición del residuo a través de ciertas características que involucran el uso de pruebas normalizadas, por ejemplo pruebas de lixiviación donde el contenido de ciertas sustancias en el lixiviado determinan si el residuo es peligroso o no.
- La definición del residuo con relación a límites de concentración de sustancias peligrosas dentro del mismo residuo.

Cada una de estas tres alternativas tiene sus ventajas y desventajas. Mientras que la primera es más fácil de administrar, las otras dos presentan una descripción más clara y precisa de los residuos. Frecuentemente, los países utilizan una combinación de estos sistemas, dándole más énfasis a uno sobre el otro. Por ejemplo, en los Estados Unidos, la legislación provee un listado extenso de sustancias que confieren peligrosidad a un residuo y métodos analíticos para su detección. Asimismo, incluye una lista más corta de residuos según el proceso productivo que lo origina (Environmental Protection Agency, EPA, 1980). En Alemania, el listado principal de residuos está relacionado con su procedencia y la legislación señala los límites de concentración de ciertas sustancias químicas (Gemeinsames Ministerialblatt, GMB, 1990).

Algunos países de América Latina y el Caribe han legislado el control de los residuos peligrosos, específicamente, Argentina (Argentina, 1992), Brasil (CETESB, 1985), Colombia (Colombia, 1986), México (1992), y Venezuela (Venezuela, 1988). En estas leyes se pueden encontrar definiciones y sistemas de clasificación de residuos peligrosos, que han sido adaptados de la legislación de otros países o de convenios internacionales.

En esta Guía se ha adoptado un sistema de clasificación cualitativo, basado en las propiedades de los residuos, tales como composición, estado físico y característica de peligrosidad. De esta forma se reduce los análisis de laboratorio para determinar si el residuo es peligroso. Esto es de gran importancia para la Región, ya que la sofisticada infraestructura de laboratorio requerida para el análisis de los residuos es costosa y escasa en estos países. Si bien es imposible prescindir

de los análisis para la determinación de algunas de las características de peligrosidad, se ha tratado de limitar los requerimientos analíticos al mínimo indispensable.

Cabe destacar que el Convenio de Basilea (PNUMA, 1989) establece un sistema de clasificación de residuos peligrosos para el transporte transfronterizo de los mismos (ver Anexo 1), el cual ha sido adoptado para usos internos por algunos países, como por ejemplo Argentina (Argentina, 1992).

Desde el punto de vista económico se puede definir residuo como aquellos materiales generados en las actividades de producción, transformación y consumo que no han alcanzado en el contexto en el que son producidos ningún valor comercial. La carencia de dicho valor puede ser debida tanto a la imposibilidad de ser reutilizado, por no existir la tecnología adecuada de recuperación, como por no ser posible la comercialización de los productos recuperados y/o en ellos contenidos.

Según la Comunidad Europea se entiende por residuo a cualquier sustancia u objeto perteneciente a una de las categorías que se describe en la tabla a continuación (1,2,3,4).

Tabla 1.2 Definición GENERAL DE RESIDUOS

1. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
– Domiciliarios.
– Voluminosos
– Comerciales.
– Sanitarios.
– De construcciones y demolición.
– Asimilables a urbanos
2. RESIDUOS INDUSTRIALES
– Inertes.
– Asimilables a urbanos.
– Residuos tóxicos y peligrosos.
3. RESIDUOS HOSPITALARIOS
4. RESIDUOS DE ACTIVIDADES MINERAS
5. RESIDUOS FORESTALES
6. RESIDUOS AGRÍCOLAS
7. RESIDUOS GANADEROS
8. RESIDUOS RADIATIVOS

Los residuos industriales son materiales resultantes de un proceso de fabricación, de transformación, utilización, consumo o limpieza cuyo productor o poseedor los destine al abandono(1).

Dependiendo de sus características se pueden subdividir en:

a) Residuos inertes:

Escorias, escombros, fangos digeridos o desecados, arcillas, arenas, etc. y en general, todos aquellos que no necesitan de un tratamiento previo a su disposición en un vertedero controlado. Por regla general, este tipo de residuos no implica riesgos para el medio ambiente, excepto los derivados de las cantidades en las que se generan. Pueden ser utilizados como material de relleno en movimiento de tierras.

b) Residuos asimilables a urbanos:

Generados fuera del ambiente urbano en actividades auxiliares de la industria como oficinas, limpieza, sanitarios, comedores, embalajes, etc. Sus características, semejantes a las de los urbanos, les permiten ser tratados conjuntamente.

c) Residuos tóxicos y peligrosos:

Los materiales sólidos, pastosos, líquidos y gaseosos contenidos en recipientes, que siendo resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor los destine al abandono y contengan en su composición algunas de las sustancias y materias que figuran en la siguiente tabla, extraída de la Ley Básica de Gestión de Residuos Tóxicos y Peligrosos de España . Estas sustancias se considerarán peligrosas si existen en concentraciones tales que representen un riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente. Esta ley también se aplica a los recipientes y a los envases vacíos que hayan contenido los residuos tóxicos y peligrosos.

La Agencia de Protección al Medio Ambiente Americana (EPA) define un residuo peligroso como cualquier desecho, o combinación de desechos, que a causa de su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas puedan:

- i) causar o contribuir significativamente a un incremento en la mortalidad, o a un incremento en enfermedades serias irreversibles o,
- ii) presentar un potencial peligro para la salud humana o el ambiente cuando son impropriamente tratados, almacenados, transportados, o desechados.

El término residuo peligroso incluye el de residuo extremadamente peligroso, el cual es cualquier residuo tal que si ocurre una exposición humana, probablemente resulte en muerte, daño personal incapacitante o seria enfermedad causada por el residuo peligroso o una mezcla de residuos peligrosos (7).

Tabla 1.3 SUSTANCIAS O MATERIAS TÓXICAS Y PELIGROSAS

- | | |
|-----|---|
| 1. | Arsénico y compuestos del arsénico |
| 2. | Mercurio y compuestos del mercurio |
| 3. | Cadmio y compuestos del cadmio |
| 4. | Talio y compuestos de talio |
| 5. | Berilio y compuestos del berilio |
| 6. | Compuestos de cromo hexavalente |
| 7. | Plomo y compuestos del plomo |
| 8. | Antimonio y compuestos del antimonio |
| 9. | Fenoles y los compuestos fenólicos |
| 10. | Cianuros orgánicos e inorgánicos |
| 11. | Isocianatos |
| 12. | Compuestos organohalogenados con exclusión de los polímeros inertes y otras sustancias mencionadas en la lista |
| 13. | Disolventes clorados |
| 14. | Disolventes orgánicos |
| 15. | Biocidas y las sustancias fitosanitarias |
| 16. | Productos a base de alquitrán procedentes de operaciones de refinado y los residuos alquitranados procedentes de operaciones de destilación |
| 17. | Compuestos farmacéuticos |
| 18. | Peróxidos, cloratos, percloratos y nitruros |
| 19. | Éteres |
| 20. | Sustancias químicas de laboratorio no identificables o nuevas cuyos efectos sobre el medio ambiente no sean conocidos |
| 21. | Aminato (polvo y fibras) |
| 22. | Selenio y compuestos de selenio |
| 23. | Teluro y compuestos de teluro |
| 24. | Residuos procedentes de la industria de dióxido de titanio. |
| 25. | Compuestos aromáticos policíclicos (con efectos cancerígenos) |
| 26. | Carbonilos metálicos |
| 27. | Compuestos solubles de cobre |
| 28. | Sustancias ácidas y/o básicas utilizadas en los tratamientos de superficie de los metales |
| 29. | Aceites usados, minerales o sintéticos, incluyendo las mezclas agua-aceite y las emulsiones. |

Definición de Residuo y Residuo Peligroso

Típicamente, el concepto de “residuo” se refiere a algo que no tiene valor o que no puede ser utilizado. Esta definición se complica cuando se trata de definir lo que son propiamente residuos y subproductos; en otras palabras, si un residuo puede ser reciclado o usado de alguna manera, adquiere de inmediato un cierto valor y no se considera un residuo. Lo anterior requiere por lo tanto una definición de que es reciclable. Existe evidencia de que la relajación en los controles de residuos reciclables puede aumentar el riesgo de daño ambiental como resultado del mal manejo de los residuos reciclables. Como ejemplos de este mal manejo se pueden citar el uso de residuos de aceites contaminados para el control de polvos; el almacenamiento a largo plazo y sin control de materiales que se consideran reciclables; la utilización de residuos metalíferos para construcción de edificios y carreteras; o la utilización de residuos como combustibles sustitutos, cuya combustión se efectúa en condiciones no adecuadas.

Por lo tanto definiremos un residuo como un material movable que no tiene un uso directo y que es descartado continuamente.

Todos los residuos deben recibir un tratamiento y disposición de modo de proteger el ambiente y aumentar la calidad de vida. Los residuos peligrosos son una categoría especial de residuos las cuales debido a su toxicidad, persistencia, movilidad, inflamabilidad, etc., requieren de una regulación y controles más exigentes comparados con los residuos comunes como los municipales.

Es necesario establecer definiciones precisas de los términos relacionados con los residuos peligrosos. A continuación se presentan aquellas de mayor importancia y que están basadas en las definiciones utilizadas en la legislación de varios países. Se incluyen comentarios cortos que explican las definiciones propuestas. Los métodos estándares enumerados en esta sección son tan sólo sugerencias. El usuario debe consultar con la institución responsable de establecer normas en su país para determinar cuál es el método apropiado que se debe establecer en la legislación.

En el Anexo 2 se presenta las definiciones de peligrosidad utilizadas por las Naciones Unidas en las Recomendaciones para el Transporte de Bienes Peligrosos (Organización de las Naciones Unidas, 1991).

Residuo:

Todo material que no tiene un valor de uso directo y que es descartado por su propietario.

La dificultad principal de esta definición es que existe el potencial de reciclaje, ya que el residuo es al mismo tiempo una materia prima. Este problema se encuentra en todos los países y ha sido resuelto en diferentes formas (Yakowitz, 1985). Por ejemplo, en el caso de la Comunidad Económica Europea (según el Artículo 1c de la Directiva 78/319/EEC), los materiales descartados son considerados como residuos aun si están destinados al reciclaje. Esto implica que habrá mayor seguridad en la protección ambiental. Sin embargo, el costo para los

generadores y recicladores se incrementa por los gastos administrativos de la manipulación y transporte de la carga. Este incremento del costo podría disminuir el reciclado, lo que no es deseable en términos de gestión ambiental. Sin embargo, se recomienda que el residuo sea considerado como tal, hasta su transformación o disposición, ya que de esta manera se consigue una mayor protección del ambiente, particularmente cuando la infraestructura de control es limitada.

La siguiente definición de Residuo Peligroso fue preparada bajo el auspicio del PNUMA (UNEP) por un grupo de trabajo de expertos en el Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos Peligrosos en Diciembre de 1985.

“ Residuos Peligrosos son aquellos Residuos diferentes a los Radioactivos que por razones de su reactividad química, toxicidad, explosividad, corrosividad u otras características provocan un peligro o pueden causar peligro para la salud o el ambiente, ya sea por si solos o cuando se ponen en contacto con otros residuos, y se definen legalmente como peligrosos en el estado en el cual son generados o en el cual son eliminados o de la forma como son transportados”.

Se ha puesto énfasis en las características de peligrosidad tal como se utilizan en los Estados Unidos y en otros países, y se han incluido las características de explosividad y patogenicidad. Por otro lado, los residuos radiactivos, aunque en términos reales presentan un peligro al ambiente, son por sus características de alto riesgo generalmente controlados por agencias u organismos diferentes de la autoridad ambiental y no se incluyen en la definición de residuos peligrosos.

A continuación se dan definiciones para las características de peligrosidad (EPA 1980):

Corrosividad: (Environmental Protection Agency, 1980)

Un residuo es corrosivo si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a. ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.52;*
- b. ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor que 6.35 mm al año a una temperatura de 55 C, de acuerdo con el método NACE (National Association Corrosion Engineers), Standard TM-01-693, o equivalente.*

Reactividad: (Environmental Protection Agency, 1980)

Un residuo es reactivo si muestra una de las siguientes propiedades:

- a. *ser normalmente inestable y reaccionar de forma violenta e inmediata sin detonar;*
- b. *reaccionar violentamente con agua;*
- c. *generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud o al ambiente cuando es mezclado con agua;*
- d. *poseer, entre sus componentes, cianuros o sulfuros que, por reacción, libere gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo a la salud humana o al ambiente;*
- e. *ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados*

Explosividad: (Environmental Protection Agency, 1980)

Un residuo es explosivo si presenta una de la siguientes propiedades:

- a. *formar mezclas potencialmente explosivas con el agua;*
- b. *ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 C y 1 atm;*
- c. *ser una sustancia fabricada con el objetivo de producir una explosión o efecto pirotécnico.*

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), considera a los residuos explosivos como un sub-grupo de los residuos reactivos. En esta Guía cada característica ha sido definida independientemente.

Toxicidad

Un residuo es tóxico si tiene el potencial de causar la muerte, lesiones graves, efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos que contienen los siguientes constituyentes enumerados en el Cuadro 1 (PNUMA, 1989).

Se ha optado por una definición de toxicidad totalmente cualitativa para evitar análisis sofisticados de laboratorio para la clasificación de los residuos. Sin embargo, una definición más exacta requiere la utilización de límites cuantitativos de contenido de sustancias tóxicas el uso de definiciones que establecen la LC50 (concentración letal media que mata al

50% de los organismos de laboratorio), tales como las que se usan en los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, 1980) o en el Estado de S ao Paulo, Brasil (CETESB, 1985).

Inflamabilidad: (Environmental Protection Agency, 1980)

Un residuo es inflamable si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a. ser líquido y tener un punto de inflamación inferior a 60 C, conforme el método del ASTM-D93-79 o el método ASTM-D-3278-78 (de la American Society for Testing and Materials⁴), con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen;
- b. no ser líquido y ser capaz de, bajo condiciones de temperatura y presión de 25 C y 1 atm, producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y, cuando se inflama, quemar vigorosa y persistentemente, dificultando la extinción del fuego;
- c. ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

Patogenicidad (CETESB, 1985)

Un residuo es patógeno si contiene microorganismos o toxinas capaces de producir enfermedades. No se incluyen en esta definición a los residuos sólidos o líquidos domiciliarios o aquellos generados en el tratamiento de efluentes domésticos.

Inclusiones y Exclusiones de la Definición

De acuerdo a la definición, los residuos peligrosos pueden incluir sólidos, líquidos, gases, borras, gases contenidos o contenedores contaminados, y se pueden originar de un amplio rango de fuentes comerciales, agrícolas, e industriales. En general los residuos peligrosos no pueden ser manejados en forma segura por medio de los sistemas de tratamientos de aguas servidas o por medio de los vertederos de residuos domésticos.

o Los Residuos Radioactivos que son considerados peligrosos, pero se excluyen debido a que la mayoría de los países controlan y manejan estos materiales en una forma separada.

o Los Residuos Domésticos que pueden causar una significativa contaminación ambiental y que pueden incluir incluso pequeñas cantidades de materiales peligrosos (mercurio de pilas secas o termómetros, solventes de residuos de pinturas, etc.). De la misma manera estos residuos son manejados y controlados por organizaciones separadas, aunque interrelacionadas con las de residuos peligrosos. Algunos países con buenos sistemas de control están preocupándose de separar y/o eliminar los componentes peligrosos de los residuos domésticos.

El Grupo de Trabajo del PNUMA también ha considerado la definición de cantidad de residuos peligroso.

o Para pequeñas cantidades, todos los países han escogido excluir los residuos domésticos de los “ residuos peligrosos “. Al mismo tiempo, algunos países también excluyen a los generadores menores de residuos peligrosos. El punto de corte es muy importante para las normas de regulación. En los Estados Unidos por ejemplo, recientemente el valor máximo de control se ha reducido de 1000 kg./mes a 100 kg./mes, aumentando de esta manera el número de generadores de residuos peligrosos por un factor de diez.

o Para grandes cantidades, los reguladores desearían controlar los residuos que contienen bajas concentraciones de contaminantes, puesto que el volumen hace que aún sean peligrosos para el medio ambiente. Sin embargo, debido a los problemas prácticos que presenta el control de este tipo de residuos, algunos países excluyen los grandes volúmenes de residuos producidos por actividades mineras o agrícolas del control bajo la legislación de residuos peligrosos.

1.3. Clasificación de Residuos Peligrosos

La clasificación de un residuo peligroso se puede realizar de distintas maneras, considerando los siguientes factores (4):

- Tipos particulares de residuos peligrosos,
- Procesos industriales a partir de los cuales los residuos se definen como peligrosos,
- Sustancias, ya sea específicas o por clases, cuya presencia es indicativa de un potencial peligro a la salud humana y/o al medio ambiente.
- La capacidad de ignición o la inflamabilidad del residuo,
- La corrosividad del residuo,
- La reactividad del residuo.



Teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo se detalla a continuación la clasificación según tipos de residuo, debido a que este sistema se utilizará para definir el tipo de operación o proceso necesario para un tratamiento adecuado. Además se relaciona el tipo de residuo con el proceso industrial que los genera. Esta relación es útil en la realización del catastro industrial de residuos tóxicos que definirá tanto el esquema como la capacidad de la planta tratamiento de residuos tóxicos que se estudia en este trabajo.

En la tabla a continuación se muestra la clasificación y los tipos de residuos peligrosos de cada clasificación (1):

Tabla 1.4
CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

RESIDUOS INORGÁNICOS	– ácidos y álcalis. – residuos de cianuro – borras y soluciones de metales pesados. – residuos de asbesto. – otros tipos de residuos sólidos
RESIDUOS ACEITOSOS	– aceites lubricantes y fluidos hidráulicos. – sedimentos del fondo de estanques de almacenamiento de aceites.
RESIDUOS ORGÁNICOS	– solventes halogenados – residuos de solventes no-halogenados (tolueno, etanol, etc.) – residuos de bifenilos policlorados (BPCs). – residuos de resinas y pinturas. – residuos de biocidas – otros tipos de residuos químicos orgánicos.
RESIDUOS ORGÁNICOS PUTREFACTOS	– aceites comestibles – residuos de mataderos, curtiembres, y otras industrias alimenticias.
RESIDUOS DE ALTO VOLUMEN - BAJA PELIGROSIDAD	– cenizas de la quema de combustibles fósiles, relaves de faenas mineras, barros de perforaciones de la extracción del petróleo, etc.
RESIDUOS VARIOS	– residuos infecciosos – residuos de laboratorios – residuos explosivos

Para desarrollar un sistema organizado para la cuantificación y manejo de residuos peligrosos, se debe formular un sistema de identificación y clasificación de los residuos (ver Tabla 1.4). En muchos países , este sistema es una parte integral de una definición legal de residuos peligrosos.

La mayoría de los países han usado una definición basada en una lista inclusiva de los siguientes factores:

- o tipos particulares de residuos peligrosos;
- o procesos industriales a partir de los cuales los residuos se definen como peligrosos.
- o sustancias, ya sea específicas o por clases, cuya presencia es indicativa de una potencial peligro a la salud humana y/o al medio ambiente.

En algunos casos, un listado de uno o más de estos criterios es usado como definición. En otros casos, se hace referencia a un nivel particular de concentración para cada sustancia peligrosa.

Otro criterio puede incluir la toxicidad de un extracto del residuo, obtenido usualmente por medio de un test específico del lixiviado. La toxicidad se define generalmente por referencia a las concentraciones de sustancias específicas en el extracto :

- o la posibilidad de ignición o la inflamabilidad del residuo;
- o la corrosividad del residuo;
- o la reactividad del residuo.

Cada uno de estos criterios tiene sus ventajas y desventajas. El uso de una lista inclusiva entrega una forma simple de control, y no requiere de análisis y entrega una cierta flexibilidad para el control de los residuos a las autoridades para efectuar juicios cualitativos con respecto a la opción de disposición de cada residuo en particular.

Tiene la desventaja sin embargo de colocar un gran número de decisiones en las autoridades que controlan , sobre cuales son los procesos industriales que deben ser controlados.

Suplementando o reemplazando estos listados por procedimientos de análisis y/o límites de concentraciones tiene la ventaja de presentar una descripción clara y exacta de los residuos, no dejando ninguna duda en cuanto a si el residuo debería ser clasificado como peligroso o no. Esta definición precisa, sin embargo requiere de protocolos de análisis detallados y un sistema de vigilancia que en la práctica puede traer muchos problemas en lo relacionado a recursos humanos, servicios de laboratorios ,etc., tanto para los generadores de residuos como para las autoridades que controlan.

Dependiendo de tipo de actividad industrial se generan diferentes tipos de residuos peligroso

Tabla 1.5
TIPO DE RESIDUO GENERADO POR DIFERENTES INDUSTRIAS

Industria	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Grupo de Residuo											
1. Residuos Inorgánicos											
Ácidos y álcalis.	•		•	•		•	•	•	•		
Residuos de cianuro				•							
Borras y soluciones de metales pesados.				•	•	•		•			
Residuos de asbesto.					•	•					
Otros residuos sólidos				•		•					
2. Residuos Aceitosos								•			
3. Residuos Orgánicos											
Solventes halogenados						•	•	•			•
Solventes no-halogenados.	•					•		•	•		
Residuos de BPCs.						•					
Residuos de resinas y pinturas.						•		•	•		
Residuos de biocidas	•				•	•		•	•		
Otros residuos químicos orgánicos			•	•		•					
4. Residuos Orgánicos Putrefactos	•					•	•				
5. Residuos de alto volumen-baja peligrosidad			•	•		•					
6. Residuos Varios											
Residuos infecciosos	•									•	
Residuos de laboratorios						•				•	
Residuos explosivos						•					•

- A: Producción Agrícola; Forestal y Alimenticia
 B: Extracción de Minerales
 C: Generación de Energía
 D: Manufacturas de Metales
 E: Manufactura de Minerales no-metálicos
 F: Industrias Químicas y Relacionadas
 G: Industria de Vehículos y Repuestos
 H: Industria Textil , del Cuero y de la Madera
 I: Manufactura de Papel, Impresión y Publicación
 J: Servicios Médicos y de Salud
 K: Servicios Comerciales y de Personas

Tabla 1.6

Grupos Industriales

- A Agricultura, Producción Forestal y de Alimentos**
- o agricultura, manejo forestal, industria pesquera;**
 - o productos animales y vegetales del sector alimentos;**
 - o industria de licores;**
 - o industria de alimentos de animales.**
- B Extracción Mineral (excluyendo Hidrocarburos)**
- o minería y tratamiento de minerales no-metálicos.**
 - o minería y tratamiento de minerales metálicos.**
- C Energía**
- o industria del carbón , extracción, producción de gas y coque;**
 - o industria del petroleo y gas natural, extracción de petroleo y gas, producción de productos refinados;**
 - o producción de electricidad;**
 - o producción de agua potable;**
 - o distribución de energía.**
- D Manufactura de Metales**
- o metalúrgia ferrosa;**
 - o metalúrgia no-ferrosa;**
 - o fundición y operaciones de trabajo de metales.**
- E Manufactura de Productos Minerales No-Metálicos**
- o materiales de construcción, cerámicas y vidrios;**
 - o refinación de sal;**
 - o productos de asbestos;**
 - o productos abrasivos.**

Tabla 1.6 (Continuación)

Grupos Industriales

- F** **Industria Química y Relacionadas**
- o** petroquímica;
 - o** producción de químicos primarios y productos intermedios;
 - o** producción de tintas, barnices, pinturas y pegamentos;
 - o** fabricación de productos fotográficos;
 - o** industria del perfume, de jabones y detergentes;
 - o** materiales plásticos y gomas;
 - o** producción de explosivos y polvora;
 - o** producción de biocidas.
- G** **Industria de Repuestos, Vehículos e Ingeniería**
- o** ingeniería mecánica;
 - o** manufactura de máquinas de oficina y de equipos de procesamiento de datos;
 - o** ingeniería eléctrica y electrónica;
 - o** manufactura de motores y partes de vehículos;
 - o** manufactura de equipos de transporte;
 - o** ingeniería de instrumentos;
 - o** otras industrias de manufacturas metálicas(n.e.).
- 7H** **Industrias Textiles, del Cuero, de Madera y Troncos**
- o** industria textil, de calzado, de ropas;
 - o** industria del cuero y calzado;
 - o** aserraderos, maderas y muebles;
 - o** otras n.e.
- J** **Manufactura de Papel y Productos, Impresión y Publicación**
- o** papel y cartones;
 - o** impresión, publicación y laboratorios fotográficos.
- K** **Servicios Médicos, Sanitarios y de Salud**
- o** salud; hospitales, centros médicos y laboratorios;
 - o** servicios veterinarios.
- L** **Servicios Comerciales y Personales**
- o** lavanderías, secado y secado en seco;

- o servicios domésticos;
- o instituciones de cosméticos (i.e., peluquerías);
- o otros servicios personales n.e..

Esquema de Clasificación-- Notación de Tipo Salud/Ecológica

Una clasificación de los residuos que relaciona las categorías de industrias se indicó anteriormente. El propósito de esta clasificación es permitir al planificador identificar el principal tipo de residuos asociados con un amplio grupo industrial. Los distintos grupos industriales utilizados para el esquema de clasificación de residuos se presentan en la Tabla 1.6.

A continuación se dará una descripción breve de cada tipo de residuo incluyendo su fuente de generación.

I. Residuos Inorgánicos

Acidos y Alcalis están entre los mayores componentes de la totalidad de los residuos peligrosos generados. Aparecen en muchos sectores de la Industria, aunque en término de cantidad , los residuos ácidos provienen fundamentalmente de la industria de preparación y terminado de metales.

El mayor peligro con los ácidos y los álcalis es su acción corrosiva, complicada a veces por la presencia de componentes tóxicos.



Los residuos de Cianuros son generados principalmente en la industria de terminado de metales y en el tratamiento térmico de ciertos aceros. El principal riesgo asociado con los cianuros es su aguda toxicidad.

Las borras y soluciones de metales pesados de mayor preocupación son aquellas que contienen metales tóxicos, arsénico, cadmio, cromo hexavalente, plomo, mercurio, níquel, zinc, y cobre. Estos residuos son generados por un amplio rango de procesos de manufactura que incluyen la producción de Cloro, Textiles, Plateado de Metales y Curtiembres.

Los Residuos de Asbestos normalmente se encuentran en edificios antiguos, centrales eléctricas, plantas industriales, hospitales, establecimientos educacionales, muelles, etc. Materiales que contienen asbestos aparecen como residuos de locomotoras y carros de ferrocarril, y en demoliciones de edificios.

Los riesgos a la salud asociados con la inhalación de fibras y polvo de asbestos se acrecientan por el potencial cancerígeno de este material. Los problemas producidos por las cañerías de cemento-asbesto y las planchas de asbestos son menores comparados con los relacionados con fibras o polvos.

Otros residuos sólidos son generados de una variedad de fuentes de las cuales las más importantes son la fundición y refinado de metales. Los polvos y borras producidos por estos procesos contienen típicamente metales tóxicos que incluyen níquel, arsénico, zinc, mercurio, cadmio y plomo.

II. Residuos Aceitosos

Los Residuos Aceitosos se generan principalmente a partir del procesamiento, uso y almacenamiento de aceites minerales. Como ejemplos podemos citar los residuos de aceites lubricantes y de líquidos de frenos o hidráulicos, borras de los estanques de almacenamiento. En algunos casos, estos materiales pueden estar contaminados con metales tóxicos (e.g., borras de estanques de gasolina con plomo).



III. Residuos Orgánicos

Los Solventes Halogenados son generados principalmente por operaciones de secado en seco, limpieza de metales y en menor extensión por desengrado y eliminación de aceites en la industria textil y del cuero. Los peligros de estos residuos consisten en su gran toxicidad, movilidad y relativamente alta persistencia en el ambiente.

Los residuos de **Solventes no-halogenados** incluyen un gran número de hidrocarburos (algunos oxigenados) , de los cuales los más comunes son el tolueno, metanol, isopropanol y etanol. Estos solventes se utilizan amplia aplicación en la producción de pinturas, tintas, adhesivos, resinas, preservantes de madera en base a solventes, artículos de tocador, saborizantes de alimentos, cosméticos y también para la limpieza de equipos. También son utilizados como desgrasantes en la industria de ingeniería y de vehículos , así como se usan como extractantes de productos naturales de fuentes animales y vegetales. La toxicidad de estos productos varía grandemente, y en muchos casos el mayor peligro es la inflamabilidad.

Los **Residuos de Bifenilos Policlorinados, PCBs**, son generados en la producción de PCBs y en el desarme de equipos en los cuales se utilizan, tales como fluidos dieléctricos en transformadores y capacitadores, y también como fluidos hidráulicos y fluidos de transferencia de calor. La mayor preocupación con los PCBs esta asociada con su alta persistencia y su potencial bioacumulación.



Los **Residuos de Pinturas y Resinas** son generados de una gran variedad de procesos químicos terciarios, y también en la aplicación de pinturas y resinas a productos terminados. En general son una combinación típica de solventes y compuestos poliméricos y en algunos casos metales tóxicos.

Los **Residuos de Biocidas** son generados tanto en la manufactura como en la formulación de biocidas y en el uso de estos compuestos en agricultura, horticultura y una variedad de otras industrias. El rango de biocidas utilizados es de varios miles de compuestos (ver Anexo 2).

Además de los residuos orgánicos concentrados descritos , **otros residuos químicos orgánicos** son también generados a partir de la gasificación de carbón y de la manufactura de productos químicos primarios , secundarios y terciarios. Los residuos de la destilación y de material filtrado son típicos residuos. Estos residuos incluyen tanto productos químicos halogenados como no-halogenados, y son generados por un amplio rango de industrias tales como la refinación de petróleo , la industria química, de tinturas , farmacéutica, plásticos, gomas, y resinas.

Los **Residuos de Pesticidas** se pueden encontrar en, - “containers” o contenedores ya utilizados, o en materiales contaminados, sustancias químicas deterioradas o fuera de uso, pesticidas sobrantes, etc.

Para evitar acumular excesos de pesticidas o pesticidas obsoletos y además reducir las posibilidades que los pesticidas sufran algún daño:

Para hacer esto se sugieren los siguientes métodos:

- 1.- Comprar pequeñas cantidades de pesticidas y evitar el apilamiento de estos.
- 2.- Evaluar anticipadamente las necesidades que se tengan de pesticidas.
- 3.- No aceptar contenedores de pesticidas dañados.

- 4.- Mantener registros exactos de los pesticidas almacenados y utilizados.
- 5.- Guardar los pesticidas en condiciones adecuadas.
- 6.- Utilizar el método de inventario FIFO.

Existen diversos métodos para disponer de los pesticidas y sus residuos entre los cuales se pueden nombrar :

Tratamiento de los suelos, incineración, métodos químicos, almacenamiento temporal, disposición de los contenedores ya utilizados, etc.

Se recomienda que el contenedor que haya contenido algún pesticida, sea aplastado o destruido evitando así su posterior uso. Esto ya que se pueden producir enfermedades serias al re-usar contenedores para almacenar agua y comida.

Los contenedores combustibles (hechos de papel, plástico o madera) se eliminan preferencialmente por incineración. Los de vidrio o metal pueden ser devueltos a los fabricantes, como ya se mencionó, o pueden ser derretidos.

IV. Residuos Orgánicos Putrefactos

Los Residuos Orgánicos Putrefactos incluyen los residuos de la producción de aceites comestibles, así como también los residuos de mataderos, curtiembres y otras industrias basadas en animales. El manejo apropiado de residuos putrecibles es de particular importancia en países en desarrollo donde las condiciones climáticas extremas pueden exacerbar los peligros a la salud asociados con estos residuos.



V. Residuos de Alto Volumen/Baja Peligrosidad

Los residuos de alto volumen/baja peligrosidad incluyen aquellos residuos que basados en sus propiedades intrínsecas , presentan peligros relativamente bajos, pero pueden presentar problemas debido a su alto volumen. Como ejemplos se incluyen : barros de perforaciones de la extracción de petróleo y gas natural, cenizas de plantas de fuerza a petróleo , relaves de faenas mineras, o residuos metalíferos.



VI Residuos Misceláneos

Además de los residuos nombrados existen un gran número de otros residuos que incluyen , residuos infecciosos asociados con tejidos humanos o animales ; productos químicos redundantes que se han deteriorado o excedido su período de vida y provienen de tiendas comerciales , almacenes fiscales, etc.; residuos de laboratorios de investigación o de empresas; residuos de explosivos y de la manufactura de miniciones. Aunque estos residuos no representan una gran proporción de la generación de residuos peligrosos, se deben tomar en cuenta para asegurar su seguridad y su adecuada disposición.



1.4. Procedimiento de Análisis de Toxicidad de los Residuos Peligrosos

Esta diseñado para identificar los residuos que probablemente lixivien peligrosas concentraciones de productos tóxicos en las aguas subterráneas como resultado de un manejo inadecuado. Durante este procedimiento , los constituyentes son extraídos del residuo de una manera tal de simular las condiciones de lixiviación que pueden ocurrir en el vertedero. El extracto es analizado y se determina si posee cualquiera de los contaminantes que aparecen en la lista de la Tabla 1.7. Si la concentración de un constituyente en particular excede los niveles de la Tabla 1.7 , el residuo se considera como peligroso.

En el test TCLP (Registro Federal 1986) , se emplea una muestra de 100 gramos . Para residuos que contienen menos de un 0.5 % de sólidos, y se define como extracto TCLP , el residuo después de la filtración por un filtro de fibra de vidrio de 0.6-0.8 μm . La separación se efectúa con presiones hasta de 50 psi. El tamaño de partícula se reduce si es necesario hasta cerca de 9.5 mm. La muestra es entonces pesada y extraída con una cantidad de fluido extractante igual a 20 veces el peso de la fase sólida. El fluido extractante empleado es una función de la alcalinidad de la fase sólida del residuo. Si la muestra después de mezclada con agua destilada deionizada tiene un pH menor a 5.0, el fluido extractante se produce agregando 5.7 ml de ácido acético glacial 1.0 N., a 500 ml de agua destilada deionizada, y agregando 64.3 ml de NaOH 1.0 N y diluyendo a un litro. Si la muestra después de mezclada con agua destilada deionizada tiene un pH mayor a 5.0, se agregan 3.5 ml de HCl 1.0 N, se agita por 30 segundos, se cubre con un vidrio reloj, se calienta a 50 ° C y se mantiene por 10 minutos. Si la muestra después de enfriada tiene un pH menor a 5.0, se utiliza el fluido extractante antes mencionado. Si el pH es mayor a 5.0, el fluido se fabrica diluyendo 5.7 ml de ácido acético glacial con agua destilada deionizada y llevando a 1 litro.

<u>Contaminante</u>	<u>MCL (ppm)</u>
Arsénico	5.0
Bario	100.0
Cadmio	1.0
Cromo (total)	5.0
Plomo	5.0
Mercurio	0.2
Selenio	1.0
Plata	5.0
 Endrin	 0.02
Lindano	0.4
Metoxicloro	10.0
Toxafeno	0.5
2 , 4-D	10.0
2 , 4 , 5-TP Silvex	1.0

Tabla 1.7 Criterio de Toxicidad

Se utiliza un aparato extractor especial cuando se analizan volátiles. Seguida la extracción, el liquido extracto se separa de la fase sólida por filtración a través de un filtro de fibra de vidrio de 0.6-0.8 μm .

Las características de ignición/inflamabilidad es de preocupación debido a que estos residuos pueden causar incendios durante su transporte, su almacenamiento o disposición. Ejemplos típicos son los residuos de aceites y solventes . Estos residuos tienen las siguientes propiedades :

- Són líquidos , excepto por soluciones acuosas que contienen menos de 24 por ciento de alcohol, que tiene un punto flash menor a 60 ° C;
- Un no-líquido capaz bajo condiciones normales, de una combustión espontanea y sostenida.:
- Un gas comprimido de fácil ignición; o
- Un oxidante.

Los materiales que pueden considerarse peligrosos por su corrosividad son :

un material acuoso con un pH menor a 2.0 o mayor a 12.5 ; o un líquido que corroa al acero a una velocidad mayor a un cuarto de pulgada (6mm) por año a una temperatura de 55 °C. Los residuos con alto o bajo Ph pueden reaccionar violentamente con otros residuos o provocar contaminantes tóxicos que migran desde ciertos residuos. Los residuos que son capaces de corroer el acero pueden escapar de sus contenedores y liberar otros residuos. Ejemplos de estos residuos corrosivos son los residuos ácidos y los licores de piquelado.

Un residuo reactivo puede esperarse que tenga una o más de las siguientes propiedades :

- a.) ser normalmente inestable y reaccionar violentamente sin detonación;
- b.) reaccionar violentamente con el agua;
- c.) formar una mezcla explosiva con el agua;
- d.) generar gases tóxicos, vapores o humos cuando se mezcla con agua;
- e.) contener cianuros o sulfuros y generar gases tóxicos, vapores o humos a un pH entre 2 y 12.5.
- f.) ser capaz de detonación si es calentado bajo condiciones de confinamiento o sujeto a fuerzas iniciales potentes; y
- g.) capaz de detonación a temperatura y presión estándar. Ejemplos de residuos reactivos incluyen el agua producto de la producción de TNT y solventes usados con cianuro.

La elección del sistema más apropiado depende del uso para el cual el sistema de clasificación será utilizado. Hay tres objetivos para el cual puede ser de particular importancia :

- o permitir a las autoridades que controlan los residuos utilizar su conocimiento de la industria para entregar una lista de los residuos más importantes;
- o para identificar los residuos de una manera que sea consistente con las tecnologías existentes para recuperar, tratar o disponer los residuos;
- o para proveer a las autoridades que controlan los residuos peligrosos con un marco apropiado para establecer su propio sistema de control de residuos peligrosos.

para cumplir con estos objetivos , el esquema de clasificación propuesto es una lista cualitativa, que usa una combinación de algunos tipos específicos de residuos con clases de sustancias específicas y con procesos industriales, para identificar los tipos de residuos.

1.5 Gestión y control de residuos peligrosos

Durante las dos ultimas décadas ha surgido una gran preocupación ambiental y de salud por los problemas que originan los residuos industriales, principalmente los denominados peligrosos. Esta preocupación nació en los países industrializados, que tuvieron, y aun tienen que encarar problemas de contaminación del medio ambiente y sus consecuentes efectos adversos en la salud publica, debido a la disposición inadecuada de los residuos industriales. Casos como el de Love

Canal (Niagara Falls, Estados Unidos, 1976) han dejado como lección que es necesario tomar acciones preventivas, que deben ejecutarse a través del adecuado manejo y control de los residuos.

La experiencia ha demostrado que es muy complicado lograr un manejo adecuado de los residuos peligrosos, inclusive en los países industrializados donde ya existe una infraestructura legal de protección del medio ambiente que facilita tomar las acciones necesarias. En el caso de los países en vías de desarrollo y, en particular, los de América Latina, el esfuerzo ha sido posterior. Sin embargo, podemos afirmar que la necesidad de una adecuada gestión de residuos peligrosos esta presente en la conciencia de estos países, cuyo ambiente no solo esta afectado por la contaminación llamada tradicional o biológica, sino también por la moderna o química.

Una adecuada gestión comprende los procesos de generación, manipulación, acondicionamiento, recolección, transporte, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y disposición final de residuos, de manera segura, sin causar impactos negativos al medio ambiente, y con un costo reducido 1.

En la década de los setenta se observa una gran preocupación por el riesgo ambiental causado por una indebida disposición de los residuos industriales. Se efectúan muchos análisis y evaluaciones de los impactos sobre el medio ambiente y surge la legislación de control y manejo de residuos peligrosos en los países industrializados.

En 1976 se aprueba en Estados Unidos el Acta de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), probablemente la legislación mas conocida a nivel de América Latina. Esta legislación y la reglamentación correspondiente proveen lineamientos para reducir los riesgos al medio ambiente producidos por los residuos peligrosos 2. Simultáneamente, aparecen legislaciones equivalentes en otros países industrializados.

La legislación internacional es especialmente importante cuando se trata del transporte transfronterizo de residuos peligrosos, sea este en forma directa es decir, el transporte del propio residuo con el objetivo de reciclarlo, tratarlo o disponerlo fuera del país generador o de forma indirecta, a través de la contaminación de cursos de agua u otros medios ambientales. El Convenio de Basilea sobre el Control Transfronterizo de Residuos Peligrosos y su Disposición, en cuya conferencia participo la gran mayoría de los países de América Latina y el Caribe, es una clara demostración de la intención de los países por controlar el manejo de residuos peligrosos para proteger el medio ambiente 3.

Aunque los países plantean diferentes estrategias en el manejo de residuos peligrosos, sus legislaciones tienen ciertos aspectos en común. Entre estos esta la definición legal de los residuos peligrosos y las listas de los residuos controlados bajo estas leyes. Las listas se rigen bajo los criterios de origen de los residuos, propiedad o contenido de ciertas sustancias químicas especificas. Pese a que las definiciones son básicamente similares, las listas de residuos pueden diferir. Por lo tanto, comparar la generación de residuos entre los diferentes países no proveerá de información clara ni analizable.

En la década de los ochenta surge la legislación de residuos peligrosos en América Latina, encabezada por Brasil, Colombia, México y Venezuela (algunos de los países mas industrializados de la Región). Estas naciones vienen aplicando en mayor o menor grado estrategias propias en el manejo de sus residuos tóxicos.

Es importante resaltar que los países en vías de desarrollo producen apenas el 10% del estimado total de residuos peligrosos generados en el planeta. Este porcentaje equivale a 5 millones de toneladas al año de residuos tóxicos, según estadísticas de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 4.

La gestión de estos residuos tiene como base dos hechos agravantes: la industrialización desordenada que deja para después la solución de problemas causados por falta de planificación, y la falta de recursos para resolverlos.

Es importante y necesario buscar soluciones para estos problemas. Se deben aprovechar las experiencias sobre gestión ambiental desarrolladas por los países industrializados, analizar sus posibilidades de adaptación a la realidad de cada país y buscar alternativas propias aplicables a casos específicos.

Minimización

A medida que ha avanzado el desarrollo tecnológico en el manejo de residuos peligrosos y se han implantado leyes que prohíben la descarga de contaminantes tóxicos o peligrosos al ambiente, el manejo de residuos peligrosos ha adquirido un costo significativo para la industria en los países desarrollados. Este factor, además del hecho que la industria se ve, cada vez mas, obligada a conservar los recursos naturales y la energía, esta fomentando la creación de tecnologías industriales alternativas para la reducción de la generación de residuos.

Desde la década del 70 se observa el desarrollo de la tecnología de minimización de residuos industriales, que avanza y se difunde en la década del 80.

La minimización de residuos se logra a través de la optimización de los procesos industriales y del reciclaje de los residuos generados 1.

La optimización de procesos puede realizarse a través de una mayor eficiencia en el proceso, o a través de modificaciones en el mismo. Por ejemplo, en los procesos de galvanoplastia, se puede extender, lo que en la industria se llama, el tiempo de vida de un baño recuperando el liquido que queda adherido a las piezas (mayor eficiencia), como también utilizando agua desionizada (sustitución de insumos)⁵

El reciclaje se puede realizar dentro de la misma planta industrial como fuera de ella, dependiendo de la utilidad que se le pueda dar a los residuos. El reciclaje de residuos sólidos y líquidos se puede realizar directamente o luego de una purificación intermedia. Ejemplos de estos son el reuso de los licores de cromo en las curtiembres con un simple tamizado intermedio⁶, y la recuperación de metales pesados de los baños gastados (término industrial) del acabado de metales, a través de la precipitación y separación del precipitado 7.

En todos los casos de minimización, la selección final de la tecnología se realiza en base a un análisis de costo/beneficio. Si existe una legislación de control de residuos, se incluirá también el costo para cumplir con esta legislación.

En los países industrializados se observa que la industria química invierte recursos significativos para optimizar procesos y reciclar insumos. El incentivo principal en estos casos son los crecientes costos de disposición de los residuos peligrosos, como resultado de reglamentos cada vez mas estrictos⁸. También influye el hecho que la industria recibe la responsabilidad de los residuos "desde la cuna hasta la tumba".

En América Latina se observa la implantación de técnicas de minimización, aunque en menor grado. El factor motivante en esta Región es el costo relativamente alto de los insumos cuando son importados.

Tratamiento de residuos peligrosos

Los procesos de tratamiento de residuos peligrosos están divididos en tres áreas principales: fisico-química, biológica y térmica. Las tres tienen por objetivo reducir el volumen y la toxicidad de los residuos ¹. Algunos promueven la destrucción de productos indeseables; otros alteran sus características de peligrosidad de modo que su disposición final al medio ambiente se torna mas aceptable; o simplemente segregan la masa de residuos de los constituyentes indeseables para favorecer el reciclaje y reducir el volumen final.

Actualmente, con el objetivo de reducir los riesgos ambientales y a la salud, se está dando mayor énfasis al tratamiento de residuos peligrosos, observando las restricciones cada vez mayores para su disposición final.

En este proceso, se utilizan desde los métodos mas simples como: la neutralización de materiales alcalinos o ácidos, la solidificación o encapsulamiento para inmovilizar contaminantes, la utilización de polímeros que descomponen las sustancias tóxicas orgánicas o la incineración a temperaturas muy elevadas.

La incineración es un proceso de tratamiento que se utiliza cada vez mas con el fin de destruir una gama de residuos líquidos, semisólidos y sólidos. Es la mejor opción para el tratamiento de residuos altamente persistentes, tóxicos e inflamables, como es el caso de plaguicidas, solventes, aceites no recuperables y diversos productos farmacéuticos.

Los incineradores de residuos necesitan de equipos de control de emisiones gaseosas, en función al tipo y toxicidad de los residuos a ser incinerados, lo que encarece considerablemente su instalación. Por eso su uso se vuelve bastante limitado.

Las tecnologías disponibles para el tratamiento de residuos peligrosos son diversas y su selección se realiza dependiendo de muchos factores, como son: tipo de residuo, accesibilidad, estándares de seguridad y costos.

En lo que se refiere a nuevas tecnologías, se vienen desarrollando diversas investigaciones en el área de tratamiento físico y biológico. Para el primer caso se dispone de diferentes técnicas de encapsulamiento para la obtención de materiales que puedan autosolidificarse con una mínima adición de otros constituyentes. Para el tratamiento biológico se investiga la biodegradación de compuestos organoclorados, como son el lindano, DDT y 4,5,6-triclorofenol, a través de microorganismos que tienen capacidad de biodegradarlos.

Disposición de residuos peligrosos

La disposición final de residuos peligrosos se define como la ubicación de los residuos en áreas o zonas previamente seleccionadas y adecuadas para este fin. Ejemplos de estos procesos son: disposición de residuos en rellenos sanitarios, en rellenos de seguridad, inyección en pozos profundos o su colocación en minas o domos de sal ¹. Los dos primeros son los métodos mas

utilizados en todo el mundo; los dos últimos son procesos poco conocidos actualmente; aceptables, pero que necesitan desarrollarse tecnológicamente.

La forma mas común para la disposición de residuos peligrosos es el relleno de seguridad. Los costos de este método son relativamente bajos, pero requiere de un diseño apropiado y de control constante de la contaminación, inclusive después de clausurado el relleno. Entre los requisitos para poder construir un relleno de seguridad están la evaluación del suelo y de las características hidrogeológicas del área. En el diseño es necesario incluir materiales aislantes, a fin de prevenir la contaminación del ambiente, principalmente la contaminación de colectores hídricos subterráneos, sean freáticos o artesianos; asimismo, se deben instalar pozos de monitoreo.

Aunque menos usada, la inyección de residuos en pozos profundos así como su colocación en minas de sal o el lanzamiento al mar son todavía formas aceptables de disposición final de ciertos tipos de residuos peligrosos.

Lamentablemente se han dado casos de rellenos de seguridad diseñados según las normas técnicas, que han contaminado fuentes de agua. Por esta razón, actualmente se investigan otras alternativas posibles.

Nuevas Tecnologías para el procesamiento de residuos peligrosos

Los ingenieros están continuamente trabajando y desarrollando nuevos métodos para el tratamiento de los residuos tóxicos con el fin de eliminar o hacerlos menos dañinos. Algunas direcciones creativas involucran a la energía solar y las antorchas de plasma.

En el Instituto de Investigación de la Energía Solar, se están usando tecnologías solares para destruir químicos tóxicos en desechos industriales y en aguas contaminadas. El agua contaminada conteniendo un catalizador se bombea a través de cañerías en colectores solares que enfocan los rayos ultravioleta sobre la mezcla. En un paso a través del colector, un tercio de los contaminantes son convertidos a productos menos dañinos, y en varias pasadas el 90% es destruido.

En otra técnica, el calor del sol es enfocado sobre los colectores que contienen químicos orgánicos en una cámara especial con un catalizador. A temperaturas cercanas a los 1000°C, estos compuestos son convertidos a monóxido de carbono y a hidrógeno, los que pueden ser usados para producir metanol. Un tercer proceso enfoca la luz a una intensidad de 300 soles sobre un estanque de cuarzo que contiene dioxina. La luz rápidamente rompe los enlaces y un 99.9999% de la dioxina es convertida a compuestos menos peligrosos.

La Compañía Eléctrica Westinghouse está desarrollando una “antorcha de plasma”, la que genera temperaturas sobre 5500°C y que puede ser usada para convertir químicos orgánicos difíciles, tales como los PCB líquidos, en gases que pueden ser vendidos como combustible. Incluso se planea usarla para destruir armas químicas viejas.

El Reciclaje y otros enfoques para la reducción en las fuentes

Nuestra sociedad está basada en la fabricación de productos químicos. Como seres inteligentes podemos reducir nuestra dependencia en los tóxicos o “dirigir” a los tóxicos. La

reducción del uso de los tóxicos se debe enfrentar en la industria (reduciendo su uso en la fabricación de productos) y en la población (reduciendo su consumo), es decir, mediante un cambio en el estilo de vida y en las actitudes. Así las industrias pueden reducir su uso de tóxicos mejorando sus técnicas de fabricación y los consumidores pueden hacerlo simplemente consumiendo menos. La reducción del consumo se puede lograr de muchas maneras, incluyendo la conservación, el reciclaje y la elaboración de productos sustitutos para los tóxicos.

Opciones de la industria

La visión tradicional de que la industria es una especie de gigantesca máquina que consume materias primas y descarga productos terminados está comenzando a ser reemplazada por otra más comprensiva: la del ecosistema industrial. Mientras la primera enfatizaba la productividad, la última destaca el reciclaje eficiente de los recursos para alcanzar dicha productividad. Las industrias ya han comenzado a reducir su dependencia de muchas sustancias tóxicas usadas en la fabricación de bienes que pueden o no ser peligrosos. Muchos desechos tóxicos y no tóxicos generados se reciclan o al menos se desechan separadamente en vertederos designados. Por ejemplo, en la producción de PVC el ingrediente tóxico es el cloruro de vinilo, el que es fuertemente controlado. Éste puede ser convertido en producto, recuperado para usarlo más o destruido en otros compuestos menos dañinos. Hay dos ejemplos de procesos industriales que ilustran los beneficios de técnicas de reciclaje que han sido recientemente descubiertas:

- Se encontró un uso para los neumáticos usados de los vehículos produciendo una gran gama de nuevos productos, inclusive de nuevos neumáticos. El sistema se usa en Minnesota y en Michigan, no utiliza agua (por lo que no produce efluentes) y no tiene chimenea (porque no produce gases contaminantes). Hay 2 billones de neumáticos en vertederos de neumáticos oficiales y otros 240 millones desechados cada año sólo en USA. El proceso es económico, cuesta la mitad de la goma virgen y produce bienes más baratos que el plástico.
- Una compañía suiza utiliza mezclas de plásticos para hacer bienes durables, como mallas o guías para los parrones. Como los diferentes plásticos no son compatibles porque tienen composiciones diferentes, antes se inhibía el reciclaje del plástico mezclado por la necesidad de separar los diferentes tipos. La principal desventaja es que el plástico reciclado de esta forma no tiene una fibra uniforme por lo que no se puede usar en materiales de construcción o en aquellos sometidos a fuerza.

Incluso existen industrias que usan los desechos tóxicos producidos por otras, lo que evita que estos residuos sean botados en rellenos o en otros sitios. Todavía hay otras vías para que las industrias reduzcan la contaminación con tóxicos mediante el reciclado.

El Grupo de Investigación del Interés Público de California (CALPIRG) han señalado tres enfoques pioneros que muchas industrias han tomado:

1. Encontrar sustitutos no tóxicos para los tóxicos.
2. Rediseñar los métodos de producción para eliminar la necesidad de tóxicos.
3. Hacer la producción de manera más eficiente para reducir el uso de tóxicos.

Pero también hay formas de que los consumidores reduzcan su consumo de tóxicos: conservación de la energía, el reciclaje y la compra de productos sustitutos.

Opciones de los consumidores

1. Conservación de la energía. Es una de las formas más fáciles de reducir el monto de tóxicos porque los sistemas tradicionales de generación de energía crean muchas sustancias peligrosas, como SO_2 , NO_x , CO_2 y CO . Se puede conservar la energía no sólo apagando los artefactos que no se están usando sino también minimizando nuestro uso de ellos o comprando aparatos que sean eficientes (refrigeradores etiquetados con su eficiencia, ampolletas fluorescentes, etc.).
2. Reciclaje. Es cada vez más común encontrar centros de reciclaje en las comunidades. Estos centros reciclan papel, vidrio, estaño, aluminio y algunos plásticos, incluso con contenedores de diferentes colores y con días específicos de recolección. De esta forma, más de la mitad de la basura familiar se puede reciclar. Un ejemplo ilustrativo lo constituye el reciclaje del papel. La producción de este bien contamina una gran proporción de agua y aire, destruye extensas zonas de plantaciones y bosques contribuyendo a la erosión del suelo y al embancamiento de los ríos. Los papeles y cartones constituyen cerca de la mitad del volumen y las dos quintas partes de los desechos municipales, pudiéndose reciclar totalmente. Cada tonelada de papel reciclado salva en promedio a 17 árboles, 25 barriles de aceite, 7000 galones de agua y 3 yardas cúbicas de superficie de relleno. Indudablemente que un aliciente para el reciclaje del papel lo constituye la demanda de productos hechos con papel reciclado.
3. Sustituir los productos tóxicos por aquellos menos dañinos: Mientras que la conservación de la energía y el reciclaje pueden ayudar a reducir el uso de los tóxicos, encontrar sustitutos menos tóxicos es la manera más directa de detener el flujo de estos residuos. Por ejemplo, algunos pesticidas de jardín como el pyrethrum y algunos preservativos de la comida como el ácido acético son menos nocivos que otros. Otros candidatos a sustituirse son el plástico y la espuma plástica ya que la fabricación de ambos requiere de tóxicos, y ninguno es biodegradable (el plástico biodegradable sólo tiene de ello el nombre). Es mejor usar papel u otros productos degradables. También se debe reducir la compra de productos que vengan excesivamente empacados, son mejores aquellos concentrados y en grandes envases.

Reducir el uso de los productos tóxicos por cualquiera de los métodos señalados es un paso muy importante, inclusive si se trata de una decisión individual, ya que se envía un mensaje a la industria de que los productos tóxicos (o aquellos que en su fabricación requieren de tóxicos) no son necesarios. Con ello se incentiva a la empresa a hacer productos menos tóxicos o a desarrollar sustitutos para ellos. En nuestra economía, las acciones individuales del consumidor pueden sumarse y hacerse una gran fuerza. Pero hay otros métodos que se han ido olvidando, y que consisten en evitar comprar productos desechables, eligiendo aquellos que duren más o que sean biodegradables. Antes de desechar un producto usado o gastado, primero se debe reparar, ya que la compra de uno nuevo incluso involucra cierto riesgo (por ejemplo, los sofás vienen

rellenos con espuma que libera formaldehído). Además hay que tener cuidado con productos químicos nuevos que parecen seguros sólo porque se conoce poco de ellos.

Programa Regional de Residuos Peligrosos para America Latina

La estrategia adoptada por la OPS en su programa de salud ambiental, a través de su centro regional el CEPIS, para encarar la problemática de la Región en esta área ha sido el establecimiento del Programa Regional de Manejo de Residuos Peligrosos. Este Programa es desarrollado según las recomendaciones de un Núcleo Técnico, compuesto por expertos en la materia de los países industrializados y de la Región, y cuenta con el auspicio y apoyo técnico del Gobierno alemán a través de su Agencia de Cooperación Técnica (GTZ). El objetivo del Programa Regional es fortalecer los programas existentes y desarrollar otros en los países que no los tengan. La meta es controlar los residuos industriales en forma segura, permitiendo, desde luego, el desarrollo industrial en armonía con el ambiente. Este Programa Regional complementa otros programas del CEPIS, tales como: "Evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales", "Prevención de la contaminación de aguas subterráneas" y "Minimización de desechos industriales".

La primera reunión del Núcleo Técnico en Manejo de Residuos Peligrosos contó con la participación de representantes de los siguientes países: Argentina, Brasil, Colombia, Estados Unidos, Francia (OCDE), México, Perú, Puerto Rico y Venezuela. La asistencia total fue de 19 participantes: 12 internacionales, 2 peruanos y 5 funcionarios del CEPIS⁹.

Como resultado de las recomendaciones del Núcleo Técnico, durante el año 1991 se vienen realizando las siguientes actividades:

- a. Desarrollo de "software" conjuntamente con un manual sobre clasificación de residuos peligrosos. Este "software" permite el cruce de los residuos con sus fuentes de generación, tipos de tratamiento y disposición recomendados, y con el sistema internacional de clasificación de residuos.
- b. Preparación de una guía para el establecimiento de un sistema de manejo y control de residuos peligrosos.
- c. Evaluación de modelos predictivos de generación de residuos peligrosos, los cuales deben proveer información básica para el diseño de un programa de manejo de residuos peligrosos.

Finalmente se dictó, durante el segundo semestre de 1991, un curso sobre transporte de residuos peligrosos para las autoridades de control, así como para los responsables de esta actividad.

CAPÍTULO II

GESTION AMBIENTAL Y MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS -

2.1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de la gestión ambiental en la empresa permite elaborar productos y ofrecer los servicios con una perspectiva diferente: ahorrando recursos y energía, sustituyendo materias primas o insumos peligrosos y minimizando la generación de residuos y emisiones, entre otros.

La adopción de este enfoque se manifiesta en diversos beneficios para la empresa, tales como:

- Aumento en la eficiencia y reducción de costos por mejor aprovechamiento de recursos y energía
- Reducción de costos de tratamiento y disposición de desechos
- Acceso a nuevos mercados
- Garantía de seguridad legal por cumplimiento de normativas
- Mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud ocupacional
- Expansión del universo de clientes por mejoramiento de la imagen
- Mayor credibilidad ante instituciones financieras
- Mejores relaciones con la comunidad y las autoridades

En definitiva, en la mayoría de los casos esto representa una oportunidad de mejoramiento que se traduce en un aumento de productividad y la competitividad, factores claves para el éxito de una empresa y para su posicionamiento en el mercado.

Los residuos y formas de energía descargados al ambiente en forma de contaminación, constituyen un signo de que los recursos han sido usados en forma incompleta o ineficiente; cuando esto sucede, las empresas están obligadas a realizar actividades que incrementan los costos pero no agregan valor al producto, tales como tratamiento y disposición final.

La tendencia internacional plantea que antes de hacer tratamientos deben explorarse otras opciones, tales como reducción en la fuente o reuso y reciclaje, que tiendan a minimizar los residuos y a la prevención de la contaminación. Estas opciones son de menor costo, según se ilustra en la tabla 1, y las inversiones tienen períodos de pago reducidos, por lo cual son particularmente aplicables a las empresas que normalmente carecen de recursos económicos y tienen limitaciones para el acceso a financiamiento.

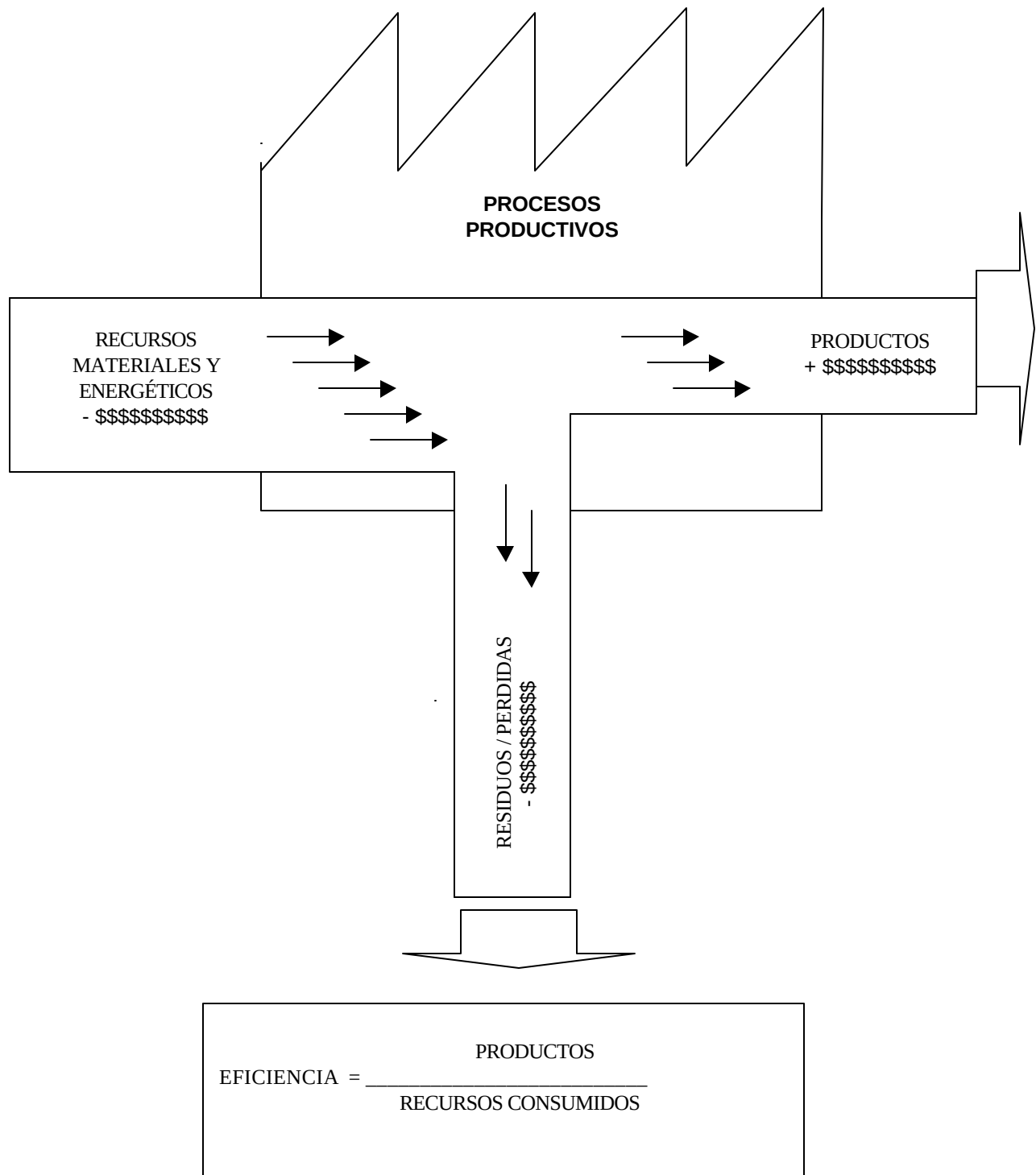
Tabla 2.1. Jerarquía de las opciones de gestión ambiental de residuos

OPCIONES DE GESTION AMBIENTAL			COSTO
Reducción en la fuente	Cambios en procesos	Sustitución de materias primas e insumos contaminantes	\$
		Cambios tecnológicos /tecnologías limpias	
		Mejoramiento de las prácticas de operación	
	Cambios en productos	Diseño con menor impacto ambiental	
		Incremento de la vida del producto	
Reciclaje		Recuperación y reuso dentro del proceso de producción	\$\$\$
		Reciclaje fuera del proceso	
Pretratamiento y tratamiento		Mecánico	\$\$\$\$\$
		Físico	
		Químico	
		Térmico	
		Otros	
Disposición -destrucción			\$\$\$\$\$\$

2.2. ESTRATEGIAS DE MINIMIZACION DE RESIDUOS SOLIDOS

En las últimas décadas, la industria de procesos ha recibido una fuerte presión para reducir el impacto ambiental de su actividad. La estrategia convencional ha sido tratar los desechos finales, para llevarlos a un volumen y composición que cumpla con las normas que regulan los vertidos. Sin embargo, esta visión ha sido superada por conceptos que tienden a privilegiar medidas preventivas, basadas en el principio de que los desechos son recursos materiales y energéticos no utilizados (Figura 1). Desde ese punto de vista, el objetivo de reducir el impacto ambiental, complementa con el objetivo de maximizar la productividad. Esto se puede lograr reduciendo la generación del residuo en su fuente misma, reciclando y reutilizando los residuos intermedios, conservando la energía y agua, segregando los desechos para una mejor reutilización y/o tratamiento, e integrando conceptos ambientales a la gestión de producción. Ello se ilustra en la tabla 2. Así se ha configurado un enfoque tecnológico y de gestión de procesos, que se ha acuñado en concepto de las llamadas “tecnología limpias” (o, más rigurosamente, tecnologías menos contaminantes).

Figura 2.1. Gestión ambiental / Prevenir pérdidas y aumentar la eficiencia



La minimización de residuos como sinónimo de la aplicación de “Tecnologías Limpias” es muy importante en el manejo de residuos en los países en desarrollo. Esta estrategia ilustra la habilidad de ingenieros y técnicos en países en desarrollo para conceptualizar y desarrollar tecnologías de minimización apropiadas a las condiciones locales de cada país. En las últimas décadas, la minimización de residuos se ha convertido en el tema más importante de la gestión ambiental en todos los ámbitos. La motivación ha sido el incremento en los costos de tratamiento y disposición, las responsabilidades legales potenciales y las regulaciones más estrictas; las industrias han cambiado el foco de su atención de los tratamientos de efluentes al final del proceso hacia la implementación de técnicas de minimización de residuos. Cada vez más y más industrias están tomando papeles pro-activos para lanzar e implementar exitosamente los procesos de minimización de residuos

Tabla 2.2 Técnicas para la minimización de residuos

RECICLAJE	REDUCCIÓN DE RESIDUOS	TRATAMIENTO DE RESIDUOS
REUTILIZACIÓN • Retorno al proceso • Materia prima para otro proceso	MEDIDAS DE GESTION AMBIENTAL • Sistema de gestión ambiental • Prevención de pérdidas • Segregación de residuos • Mejor manipulación de materiales • Planificación de producción • Capacitación	SEGREGACIÓN DE LINEAS RESIDUALES Y TRATAMIENTO AVANZADO
RECUPERACIÓN Y/O REVALORIZACION • Recuperación de recursos • Revalorización como subproducto	CONTROL DE LOS PRODUCTOS Y MATERIAS PRIMAS • Cambio de especificaciones • Medidas de conservación • Aumento de eficiencia	
	MODIFICACIONES DE PROCESOS Y TECNOLOGÍAS • Cambios en procesos • Cambios en equipos • Mejor control operacional • Optimización de procesos	

La minimización de residuos es el proceso de reducir o eliminar la generación de cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso antes de que el material sea tratado, almacenado, o dispuesto. Las técnicas de minimización de residuos se enfocan, ya sea, en cualquier reducción del origen o en la recuperación y el reciclado como un medio para disminuir el volumen y/o la toxicidad de las corrientes de residuos como se ilustra en las Tabla 2.3 y la Figura 2.2

“Cualquier actividad como **Reducción en la Fuente, Sistema de Reciclaje o Sistema de Tratamiento** que reduce el volumen y/o la toxicidad de cualquier residuo peligroso”.

- **Reducción en la Fuente:** Cualquier actividad que reduce o elimina la generación de residuos peligrosos en un proceso.
- **Sistema de Reciclaje:** Cualquier actividad que reduce el volumen y/o toxicidad de residuos peligrosos con la producción o generación de un material valioso el cual es subsecuentemente utilizado.
- **Sistema de Tratamiento:** Cualquier actividad que reduce el volumen y/o la toxicidad de residuos peligrosos sin la producción o generación de un material valioso.

Tabla 2.3. Definiciones relacionadas con minimización de residuos

- **Minimización de residuos:** La reducción hasta una extensión posible, de los residuos peligrosos que son generados o subsecuentemente tratados, almacenados o desechados. Incluye toda fuente de reducción o actividad de reciclaje realizada por un generador que resulta en: a) la reducción del volumen total o de la cantidad de residuos peligrosos o b) la reducción de la toxicidad de los residuos peligrosos, o ambas, de modo que esta reducción sea consistente con la meta de minimizar la amenaza presente y futura a la salud humana y el ambiente.
- **Reducción del volumen o cantidad total:** La reducción en la cantidad total de residuos peligrosos generados, tratados, almacenados o desechados, definidos ya sea por volumen, peso, masa u otra medida apropiada.
- **Reducción en toxicidad:** La reducción o eliminación de la toxicidad de un residuo peligroso por medio de a). alterando los constituyentes tóxicos del residuo a forma menos o no tóxica o b). bajando la concentración de los constituyentes en el residuo por medios distintos a la dilución.
- **Reducción en la fuente:** Cualquier actividad que reduce o elimina la generación de un residuo peligroso dentro de un proceso.
- **Sustitución de productos:** El reemplazo de cualquier producto destinado para uso como intermediario o final por otro producto con las mismas características y para el mismo uso intermediario o final.
- **Reciclado:** Un material es “reciclado” si se reutiliza, es decir si se emplea como un ingrediente (incluido el uso como producto intermediario) en un proceso industrial para fabricar otro producto; sin embargo, un material no satisface esta condición si distintos componentes del material son recuperados como productos finales distintos (como el caso de metales recuperados de materiales secundarios); también son reciclados cuando son empleados en una función o aplicación particular como un sustituto efectivo de un producto comercial. También un material es reciclado, si es procesado para recuperar un producto valioso o si es regenerado. Como ejemplos se tiene la recuperación de plomo de baterías y la regeneración de solventes usados.
- **Tratamiento:** El tratamiento, como parte de la minimización de residuos, es cualquier actividad o serie de actividades que reducen el volumen y/o la toxicidad de los residuos peligrosos sin la recuperación de material valioso que sea subsecuentemente empleado en la manufactura de productos comerciales (por ejemplo, un incinerador para la disposición de solventes clorinados con absorción y neutralización de cloruro de hidrógeno de los gases).

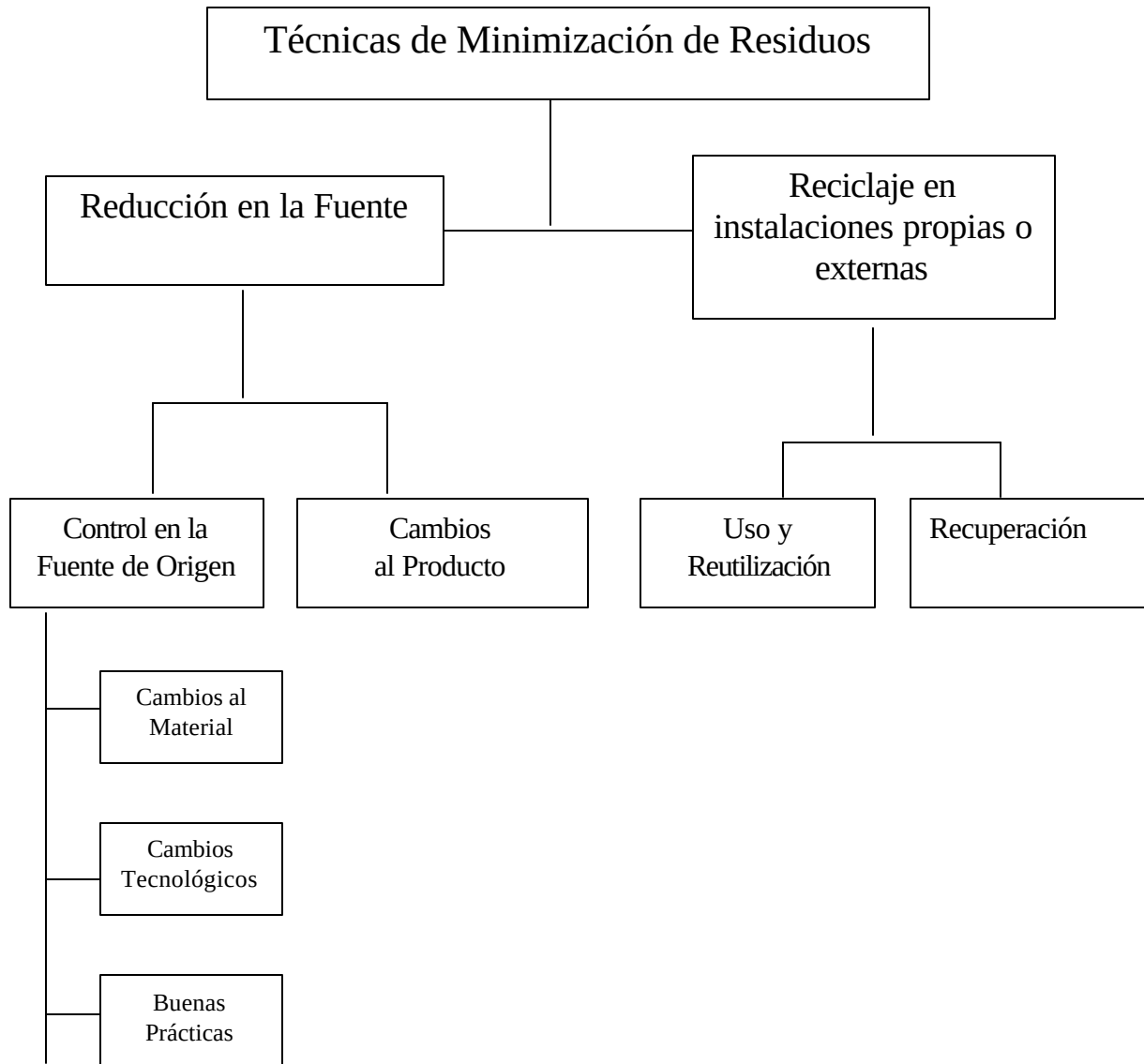


Figura 2.2 . Técnicas para la Minimización de Residuos

Reducción en la fuente

La reducción en la fuente es el componente más importante de la minimización de residuos y consiste en la sustitución de productos y el control en la fuente de acuerdo a los siguientes conceptos:

a) Cambios en el producto

- Alteración de la composición del producto;
- Alteración del uso del producto.

La sustitución de productos significa, el reemplazo de un producto original por otro producto que tenga como característica el mismo uso final, o la alteración del uso de un producto original que resulta en un descenso o eliminación de la generación de residuos peligrosos. Como ejemplos podemos citar el reemplazo de maderas tratadas por concreto en construcción marina, el reemplazo de caucho sintético por caucho natural, o el reemplazo de pinturas por pinturas plásticas de mayor duración.

b) Control de la fuente

El control en la fuente significa la reducción o eliminación de la generación de residuos peligrosos en un proceso a través de la alteración de materias primas, de tecnologías o de cambios en procedimientos o institucionales (prácticas de buena operación o manejo del proceso).

1. Alteración de Materia Prima:

- Purificación de Materia Prima
- Sustitución de Materia Prima

2. Cambios Tecnológicos:

- Cambios en el Proceso;
- Cambios en equipos, cañerías o diagramas;
- Automatización adicional;
- Cambios en los valores operacionales;
- Conservación de Energía
- Conservación de Agua.

3. Buenas Prácticas o Cambios de Procedimientos:

- Medidas de procedimiento;
- Prevención de Pérdidas;
- Prácticas del Personal;
- Segregación de Efluentes;
- Manejo de Materiales;
- Aumento de eficiencia.

Reciclaje

Visto en forma general, “reciclaje” significa el re-uso o recuperación de productos. Las actividades de reciclaje se refieren tanto a la recuperación de materiales como de energía. La decisión de reciclar un material depende de las características del residuo o mezcla de residuos. Donde se debe efectuar el tratamiento del residuo (ya sea interna o externamente a la planta) es una función de las prácticas de manejo de la empresa generadora de residuos lo cual incluye:

- Proximidad a las instalaciones de reciclado;
- Costo asociado al transporte de los residuos;
- El volumen de residuos disponibles para procesar;
- Costos relativos al almacenamiento interno o externo de los residuos.

El reciclaje está caracterizado por tres grandes aplicaciones: (1) el uso directo o re-uso de un residuo en un proceso; (2) la recuperación de un material secundario para un uso final separado tal como la recuperación de un metal de una borra, y (3) la remoción de impurezas de un residuo para obtener una sustancia relativamente pura reutilizable.

a) Recuperación de materiales

Aunque inicialmente el reciclaje interno ha sido el más utilizado, el reciclaje externo se está haciendo cada vez más común, con el desarrollo de empresas de reciclaje y con la transferencia directa de residuos de los generadores a otras empresas que reutilizan los residuos. Los residuos reciclados se usan como materias primas en ciertos procesos o como sustitutos de algunos productos químicos comerciales. Como ejemplos podemos citar:

- El re-uso de solventes para limpieza de equipos;
- El reciclado de polvos de pesticidas recolectados;
- El re-uso de residuos de cloruro férrico de la fabricación de dióxido de titanio para el tratamiento de aguas.

La proporción de residuos que son reciclados dependen tanto del tipo de industria como del tipo de residuo. En general residuos tales como solventes tienden a ser más reciclados que otros como pesticidas por ejemplo. Los factores que influyen si una industria recicla o no sus residuos incluyen; el tipo de proceso de generación de residuos; el volumen, composición y uniformidad de los residuos; si se han identificado usos o reutilizaciones de los residuos; y disponibilidad y precios de materiales puros comparados con los costos de reciclar y almacenar los residuos. La toxicidad de los residuos no aparece como un factor directo en la reciclabilidad de los residuos generados, aunque grandes volúmenes de residuos que son menos tóxicos son reciclados más a menudo.

Los solventes tienden a ser recuperados en mayor proporción que otros residuos. Esto se debe a que existe tanto la tecnología como el mercado para los solventes reciclados. La tecnología disponible (destilación por ejemplo) es relativamente fácil de operar y puede entregar altas purezas (95 % o mayor). En otros casos los procesos de producción generan residuos cuya recuperación no es práctica puesto que no tienen usos directos en la producción.

b) Recuperación o conservación de energía

Hasta los fines de los 80 el reciclaje de materiales ha sido más popular que el reciclaje de energía o de combustibles. Esto se debe a que los residuos que pueden ser reciclados para la recuperación de energía también pueden ser reutilizados o recuperados varias veces, mientras que

el uso en recuperación de energía destruye el material. Solamente cuando el residuo es demasiado “sucio” o contaminado se considera para recuperar energía. Actualmente existen nuevas tecnologías para la recuperación de energía, y residuos que contienen solventes están siendo usados por su alto valor energético. Una gran cantidad de residuos con alto poder calorífico se están utilizando en plantas de producción de cemento y en hornos de calcinación.

c) Otras tecnologías de reciclaje

Los residuos que se seleccionan para su recuperación o reciclaje deben tener usualmente altas concentraciones, además deben ser uniformes, es decir no contener más de un contaminante. Otros factores que deben cumplir para ser reciclados incluyen:

- Un mercado para el material reciclado que sea económicamente viable;
- El material reciclado debe cumplir con requisitos de pureza para los procesos de manufactura.

Debido a que los residuos reciclables deben ser competitivos con los materiales originales que reemplazan, estos deben a menudo ser procesados antes de ser reutilizados. La recuperación de residuos incluyen procesos tales como separaciones químicas, físicas y electroquímicas. Algunas de las tecnologías que se usan incluyen:

- Destilación de residuos con solventes;
- Declorinación de residuos halogenados;
- Concentración de metales con técnicas tales como lixiviación, extracción por solventes, intercambio iónico, precipitación, cristalización y evaporación para tratar residuos diluidos de borras metálicas.

Adicionalmente, la minimización de residuos se puede visualizar de forma distinta según la organización que la defina. Por ejemplo para la Agencia de Protección del Medio Ambiente en Estados Unidos, EPA, se define la prevención de la contaminación como :

“ La utilización de materias , procesos o prácticas que disminuyen o eliminan la creación de contaminantes o residuos en la fuente de origen. (Est no incluye el reciclaje afuera de las instalaciones)” .

Según la EPA , minimización de residuos es :

“La reducción , hasta donde sea posible, de los residuos peligrosos que se generan o que posteriormente se tratan, clasifican o disponen. (Incluye cualquier actividad de reducción en la fuente de origen o de reciclaje)”.

En cambio, para el sector industrial de los EUA, se considera que la prevención de la contaminación incluye la reducción en la fuente de origen, el reciclaje y el tratamiento; estos constituyen los mediso más apropiados para disminuir o prevenir la contaminación

En general se puede decir que en orden de prioridad la minimización de residuos incluye :

- El uso de materias (procesos) o prácticas que disminuyen o eliminan la creación de contaminantes o residuos en la fuente de origen.
- Reciclaje/reutilización/recuperación
- Tratamiento

2.2.1. SEGREGACION DE RESIDUOS

La segregación de diferentes líneas de desechos facilita un manejo más racional y permite diseñar sistemas de tratamiento de acuerdo a las características de cada una. La naturaleza de la segregación depende de factores económicos y de las características de los residuos. En la mayoría de las industrias las corrientes líquidas se mantienen segregadas de las líneas de desechos sólidos.

A continuación se presentan algunas categorías generales para residuos líquidos, sólidos y gaseosos, en el contexto de establecer medidas de segregación.

Residuos Líquidos:

En general, las categorías generales de residuos líquidos, aplicables a toda industria, corresponden a:

- **Aguas de Lavado de Equipos e Instalaciones:** Constituyen una fracción significativa de la demanda de agua en la industria de procesos. En particular, el sector agro-alimenticio es un importante consumidor de aguas de lavado, ya que se requiere un alto nivel de higiene en sus operaciones. Las aguas residuales del lavado contienen compuestos disueltos y sólidos suspendidos que reflejan la naturaleza de los materiales utilizados en los procesos. En muchos casos, se incluyen detergentes y compuestos químicos biocidas, utilizados para mantener condiciones de higiene en el equipamiento. Por su naturaleza, dichas aguas constituyen la mayor fuente de contaminación del efluente final y deben ser tratadas antes de su vertido a los cuerpos receptores.
- **Aguas de Lavado de Materias Primas y Productos:** Las operaciones de lavado de materias primas y productos son muy frecuentes en la industria de alimentos sólidos de origen agrícola, donde es necesario limpiar la materia prima previo a su procesamiento y asegurar las condiciones de higiene del producto final. En otros casos, la materia prima se trata con agua para mantener un alto contenido de humedad, como por ejemplo el riego de trozas de madera en la industria forestal. Las aguas residuales de estas operaciones contienen compuestos solubles y sólidos suspendidos provenientes de los materiales sometidos a lavado.
- **Aguas de Limpieza de Derrames:** Esta fuente de residuos líquidos es muy importante en aquellos casos donde los derrames corresponden a compuestos químicos tóxicos, reactivos, inflamables o corrosivos. Esta fuente de agua residual está asociada a fallas en el

funcionamiento de los equipos involucrados en el almacenamiento, transporte y procesamiento de materiales (ej.: cañerías, bombas, correas transportadoras, estanques, reactores, etc.). Se debe priorizar la recuperación de estos materiales, estableciendo las medidas de contención apropiadas y evitando que se mezclen con otras líneas líquidas. Estos eventos se pueden prevenir, mediante un correcto dimensionamiento de los equipos, un efectivo control operacional y una adecuada mantención preventiva.

- **Aguas de Lavado de Gases:** Estas son frecuentes en aquellas industrias que generan gases solubles o condensables, los que pueden ser recuperados a través de absorción en medio acuoso. Las aguas residuales de este proceso contienen parte de los compuestos absorbidos, además de aditivos que se haya utilizado para incrementar la solubilidad.
- **Aguas de Procesamiento:** Aquí se incluyen aquellas aguas utilizadas en procesos de cocción, escaldado, impregnación, transporte hidráulico, reacción en medio acuoso, flotación y lixiviación de minerales, u otras que implican un contacto directo con las materias primas, insumos y productos intermedios. Las aguas residuales de estas operaciones son fuente de pérdidas de materiales y son altamente atractivas para la recuperación de tales recursos. Se incluyen aquí las aguas provenientes de los laboratorios de investigación y desarrollo, control de calidad u otros que pueden generar residuos líquidos con alta carga de reactivos químicos.
- **Aguas de Enfriamiento / Calentamiento:** Debido a su alto calor específico y calor latente de vaporización, el agua es el principal medio de transporte de energía calórica en la industria de procesos. Estas aguas no deberían contener materiales disueltos provenientes del proceso, ya que el intercambio de calor se efectúa, normalmente, a través de paredes que separan el agua del medio a enfriar o calentar. Sin embargo, en muchos casos, ellas presentan un nivel de temperatura demasiado alto para su vertido directo en los medios receptores, debiendo ser enfriadas previamente mediante torres o lagunas de enfriamiento. Por otra parte, estas aguas contienen un potencial energético que puede ser recuperado a través de una adecuada integración en el proceso. Esto es particularmente relevante, para aquellas industrias que utilizan extensivamente el agua como agente térmico (por ejemplo, refinación del petróleo, producción de celulosa y papel).
- **Aguas Sanitarias:** Estas aguas son las que provienen de los servicios sanitarios de la planta, casino, cafetería, etc.. Normalmente, son descargadas a los sistemas de alcantarillado locales o tratadas internamente. Contienen organismos fecales y pueden constituir un riesgo de infección en la planta si son manejadas en forma inadecuada. En la mayoría de las plantas modernas, estos efluentes se mantienen totalmente segregados de aquellas líneas residuales que presentan un potencial para recirculación, reutilización y/o recuperación de recursos.
- **Aguas para el Control de Incendios:** Aquellas industrias que procesan materiales combustibles se encuentran expuestas al peligro de incendio. En caso de producirse dicha emergencia, se consumirán importantes cantidades de agua para combatir el fuego, generando aguas residuales con alta carga contaminante. Dichas aguas no se producen

como parte de la operación normal de la planta y se debe contar con planes de contingencia para su adecuada gestión.

Residuos Sólidos:

Los residuos sólidos de origen industrial pueden generarse a partir de diferentes fuentes:

- **Materias primas no utilizables:** Generalmente, ello es debido a que están fuera de especificación o constituyen pérdidas durante el procesamiento. Son un objetivo primario de gestión, ya que son un claro indicativo de fallas en el sistema de aseguramiento de calidad y en el control de procesos.
- **Residuos provenientes de partes no utilizables de las materias primas:** Son componentes de la material prima que no pueden ser incorporados directamente en el producto final; por ejemplo, la corteza en la industria forestal. En algunos casos, pueden ser usados como recurso en otros procesos o, cuando sea posible, reducidos mediante una selección apropiada de la materia prima.
- **Productos elaborados o semielaborados, fuera de especificación:** En general reflejan fallas en los sistemas de control de procesos y en los procedimientos operacionales. Si no tienen valor comercial, se deben reducir mediante un buen control de las condiciones de operación.
- **Residuos finales de los procesos:** Son residuos generados en los procesos, tales como, escorias y cenizas de combustión, adsorbentes agotados, catalizadores desactivados, compuestos sólidos intermedios sin valor.
- **Sólidos residuales secundarios:** Se generan en los sistemas de tratamiento de residuos líquidos (ej.: lodos de sedimentación, lodos biológicos) y/o gaseosos (ej. cenizas y polvos de los filtros, precipitadores o ciclones).
- **Envases y otros contenedores de materias primas e insumos.** Se debe privilegiar el reciclado de los envases a los proveedores. En muchos casos, son la principal fuente de residuos sólidos peligrosos (ej.: envases de solventes orgánicos, de compuestos biocidas, de soluciones con metales pesados, etc.).

Residuos Gaseosos

- **Gases de combustión:** La mayor parte de los residuos gaseosos de origen industrial son gases de combustión, generados en hornos, calderas y motores de combustión interna, donde se utilizan combustibles orgánicos (ej. gas natural, leña, petróleo, diesel, carbón, biomasa, etc). Dichos gases son emitidos a la atmósfera a través de chimeneas, previo tratamiento depurativo para cumplir con las normas respectivas.

- **Gases de Proceso:** En otros casos, los gases residuales se derivan directamente del procesamiento de las materias primas, ofreciendo interesantes oportunidades para su segregación y tratamiento diferenciado. Por ejemplo:
- Mercaptanos y otros sulfuros reducidos (TRS) generados en los procesos de producción de celulosa kraft. Se pueden recolectar de las diferentes fuentes e incinerar en hornos especiales.
- Aminas volátiles, generadas durante la pirólisis de proteínas en el tratamiento térmico de harina de pescado. Pueden ser recolectadas e incineradas.
- Ácido sulfhídrico generado en el hidrotratamiento del petróleo. Su recuperación permite su utilización como materia prima para fabricación de sulfhidrato de sodio, azufre, o sulfato.
- Dióxido de azufre generado en la piro-refinación de cobre. La opción más utilizada es producir ácido sulfúrico a partir de dichos óxidos.

Todas estas categorías de residuos constituyen opciones de segregación que pueden facilitar su manejo. Es importante identificar y segregar aquellos residuos peligrosos, es decir, aquellos que sean tóxicos, inflamables, corrosivos o reactivos. Su separación del resto de los residuos, tanto sólidos como líquidos, permite una mejor gestión a más bajo costo. Además, facilita la identificación de opciones para reducir su tasa de generación en la fuente misma.

La naturaleza de la segregación depende también de factores económicos y técnicos, los cuales deben ser tomados en consideración en etapas preliminares del ejercicio de diseño.

En general, se pueden identificar 3 objetivos en la segregación de líneas residuales, los que se revisan a continuación:

a) Recuperación de Recursos Materiales

Es frecuente encontrar que algunas líneas residuales contienen una considerable carga de compuestos que pueden ser recuperados para su reutilización en el proceso, comercialización como subproductos o procesamiento para generar nuevos productos de mayor valor agregado. La recuperación de dichos recursos materiales resulta atractiva en aquellos casos donde los costos asociados a los procesos de separación y purificación son inferiores a los beneficios por concepto de ahorro de recursos e ingresos por comercialización.

Los procesos de separación se encuentran ampliamente implementados a nivel industrial y aprovechan las diferencias de tamaño, solubilidad, volatilidad, carga electrostática, densidad, u otras propiedades físico-químicas de los compuestos a separar. En general, a medida que aumenta la concentración de los compuestos a recuperar, los procesos de separación presentan menores dificultades técnicas, con costos de operación más bajos. La segregación de las líneas residuales de interés permite mantener una concentración más alta de los compuestos de valor y,

a su vez, evitar la contaminación de dichas corrientes con compuestos no deseados provenientes de otras operaciones de la planta.

b) Recirculación y Reutilización de Agua

Es frecuente encontrar líneas residuales cuyas características físico-químicas les permiten ser utilizadas en otras áreas del proceso. En muchos casos, dichas aguas pueden ser reutilizadas directamente, mientras que en otras situaciones se requiere su condicionamiento a través de una operación relativamente simple y de bajo costo (ej.: eliminación de sólidos gruesos, neutralización, enfriamiento).

Por ejemplo, en la industria de envasado de frutas, se puede usar agua fresca en las etapas finales del proceso (ej.: lavado de los productos), y luego reutilizarla en las operaciones precedentes (ej.: transporte hidráulico y lavado de materias primas). Así mismo, el lavado preliminar de los equipos e instalaciones de proceso se puede llevar a cabo usando agua de enfriamiento y otras líneas residuales con baja carga contaminante.

Finalmente, se debe tener en consideración que el cierre de los circuitos de agua se encuentra limitado por la acumulación de materia y energía térmica. Se debe extraer parte de los materiales y energía acumulados para mantener niveles aceptables, compatibles con los requerimientos de calidad de las operaciones donde dicha agua se reutilizará. La purga debe ser calculada en base a un balance de materia y energía en torno al sistema de recirculación.

c) Tratamiento Depurativo de Mayor Efectividad

Las mayores exigencias impuestas a las emisiones de residuos, en términos tanto de la carga contaminante como de su concentración en el residuo final, han tenido como consecuencia un incremento significativo en los costos de tratamiento. En este sentido, la segregación de las líneas residuales permite reducir los flujos volumétricos a tratar, requiriendo equipos de menor tamaño y de más bajo costo.

El diseño conceptual de sistemas de tratamiento para corrientes segregadas debe tomar en consideración los aspectos económicos del proceso, ya que la segregación implica una mayor complejidad en el sistema de almacenamiento y transporte de aguas residuales. A su vez, se abre una gran oportunidad para introducir operaciones unitarias de mayor nivel de sofisticación y efectividad, como por ejemplo:

- Tratamientos físicos y químicos avanzados.
- Procesos biológicos de alta eficiencia.
- Oxidación catalítica de compuestos orgánicos
- Destrucción térmica a alta temperatura.
- Estabilización y solidificación, etc.

Ello obliga a introducir herramientas de diseño y optimización de procesos comúnmente utilizadas en ingeniería de reactores.

La segregación de desechos permite enormes ahorros de costos de capital ya que las operaciones de depuración más sofisticadas se pueden llevar a cabo en quipos de menor capacidad y más baratos. En general, a continuación se enumeran algunos criterios para segregar residuos:

- Presencia de componentes tóxicos
- Alto porcentaje de sólidos suspendidos
- Importante cantidad d grasas / aceites
- Presencia de solventes orgánicos
- Composición de iones metálicos pesados
- Material orgánico biodegradable
- Materiales recalcitrantes (no –biodegradables
- Acidos / bases fuertes
- Proteínas y otros materiales valiosos

2.2.2. REDUCCION DE RESIDUOS

La reducción del volumen de residuos generados tiene un impacto directo, tanto en el costo de tratamiento final, como en la productividad global del proceso. Las opciones para reducir la generación de desechos se presenta en la tabla 2, mostrada en páginas anteriores. Existen dos mecanismos a través de los cuales se puede lograr una reducción en los niveles de emisión:

Medidas de Prevención: En la mayoría de los casos, un manejo cuidadoso de las operaciones, y una supervisión y prácticas adecuadas, pueden conducir a una reducción substancial del volumen de desechos. Por ejemplo, evitar los derrames y fugas de estanques y válvulas de descarga; efectivo vaciado de los equipos (y recuperación /reciclo) antes del lavado final, etc. Es importante recalcar la importancia que tiene una adecuada rutina de mantención preventiva, y los inventarios de fuente- emisión periódicos. Estos últimos permiten identificar claramente aquellas operaciones que están produciendo pérdidas y desechos.

Modificaciones al Proceso: Una mejora de los diseños o una modificación menor pueden reducir las pérdidas de materiales, o disminuir la carga contaminante de los efluentes. Por ejemplo, un diseño adecuado de las líneas de transporte hidráulico puede reducir considerablemente las pérdidas de materias primas; instalación de sistemas de recolección (y reciclo) de desechos en operaciones de corte, molienda, etc; introducción de controladores de nivel para evitar derrames, etc. Normalmente, dichas modificaciones son técnicamente sencillas y de bajo costo.

En algunos casos, es posible recuperar parte de los compuestos residuales, con el objeto de reciclarlos al proceso o comercializarlos como sub productos (en su forma actual o después de algún procesamiento posterior). En el caso de la industria de alimentos, es importante mantener prácticas de segregación adecuadas, para asegurar los estándares de higiene y alta concentración requeridos para posibilitar la recuperación de los materiales de valor.

Los materiales reutilizables que sean recuperados pueden ser reciclados directamente en el proceso. Algunos componentes pueden ser procesados para se transformados en compuestos de mayor valor agregado.

La factibilidad de estos procesos está determinada por consideraciones económicas, tales como costos de recuperación y tratamiento secundario, escala de producción, precios, etc. Se deberá tomar en consideración la disminución en los costos de tratamiento debido a la eliminación de parte de la carga contaminante original.

En la práctica, modificaciones a los procesos, muchas veces con mínimos requerimiento de capital, han generado significativos incrementos en la productividad y una drástica reducción en la generación de desechos.

Algunas de las medidas implementadas en la industria de procesos, se enumeran a continuación:

a) Reducir las pérdidas innecesarias de materiales:

- Mejorando los sistemas de carga y almacenamiento (tanques con control de nivel, uso de cañerías, válvulas y bombas que no presenten pérdidas de líquidos, etc)
- Sistemas mejorados de control de materias primas e insumos para evitar el uso de aquellos materiales que no cumplan con las especificaciones del proceso (composición, propiedades físico –químicas, presencia de contaminantes potenciales, etc.)
- Implementar rutinas de mantención para evitar deterioro de los controladores y equipos de almacenamiento y transporte de materiales que deriven en pérdidas
- Implementar sistemas eficientes de control de inventarios para coordinar el volumen de adquisiciones con los requerimientos de producción, teniendo en cuenta la vida útil de los recursos (muy importante en el caso de materiales biodegradables y/o químicamente inestables), sistemas de identificación de materiales que facilite la gestión, uso de sistemas computacionales
- Reducir las pérdidas entre batches, recuperando los materiales antes de las operaciones de lavado, después de la descarga del producto; selección de sistemas de válvulas y cañerías con baja retención de líquido durante el drenaje

- Reducir las pérdidas durante la operación transiente de la planta (puesta en marcha y detención, cambios de niveles de producción, cambios en las materias primas y condiciones de operación, etc.)

b) Reducción de los requerimientos energéticos:

- Implementar una mejor integración energética (ej. Precalentando corrientes de alimentación con corrientes de alta temperatura que requieren ser enfriadas, diseño mejorado de los sistemas de intercambiadores de calor)
- Usar los desechos combustibles para generar energía in-situ usando calderas de recuperación de lata eficiencia (teniendo cuidado en no incinerar materiales con contenido halogénico o alto contenido de compuestos de azufre, manteniendo sistemas eficientes para controlar emisiones de combustión indeseadas)
- Usar aislamiento adecuada en cañerías y estanques de almacenamiento de fluidos a alta temperatura

c) Selección de materiales de menor impacto ambiental:

- Usar materias primas e insumos que no generen residuos indeseados
- Seleccionar solvente que sean recuperables o que no contaminen las corrientes residuales no recuperables
- Seleccionar materiales que, debido a sus propiedades, pueden ser utilizados con mayor eficiencia, o pueden ser recuperados económicamente

d) Modificaciones al proceso de transformación:

- Mejorar el diseño de los reactores para permitir una mayor productividad y utilización de los recursos materiales y energéticos
- Uso de herramientas de modelación y optimización para seleccionar las condiciones de operación, con vistas a minimizar las pérdidas
- Implementar controladores que permitan mantener las condiciones de operación óptimas

e) Implementar sistemas de separación y purificación eficientes:

- Reducir pérdidas de materiales en los sistemas de lavado de los productos intermedios
- Evitar la generación y emisión de componentes orgánicos volátiles durante las operaciones de secado y/o eliminación de solventes (ej. Usando secado indirecto con sistema de depuración de los gases residuales)
- Eliminación de agua u otros solventes, usando sistemas de mínimo impacto ambiental (ej. Ultrafiltración)
- Uso de extracción líquido – líquido con recuperación de solventes
- Reducir el contenido de agua de los desechos sólidos

f) Reducción del consumo de aguas y del volumen de efluentes:

- Implementar sistemas de uso de aguas en contracorriente, usando aguas limpias en áreas donde sea estrictamente necesario
- Reducir el consumo de agua de lavado, usando sistemas de alta presión, selección adecuada de detergentes; pre- lavado en seco, etc.
- Reciclo y reuso de aguas; recuperación de las aguas de enfriamiento y condensados
- Segregar las corrientes de aguas limpias (reusables) de aquellas contaminadas

g) Segregación de líneas residuales:

- Separar corrientes que contengan materiales que sean recuperables de aquellas que no lo sean (objetivo: recuperación de recursos)
- Separar corrientes con materiales tóxicos, patogénicos o explosivos (objetivo: gestión efectiva)
- Separar líneas de alto volumen y baja concentración (objetivo: reuso de aguas) separar los desechos biodegradables (objetivo: facilitar tratamientos biológicos con bajos volúmenes)
- Separar las líneas que contengan material combustible (sin contenido halogénico o sulfuroso) (objetivo: combustión y recuperación energética)

h) Sistema de tratamiento de desechos:

- Sistemas adecuados a la naturaleza de los desechos, uso de sistemas de tratamiento múltiples e integrados
- Considerar el tratamiento de desechos al mismo nivel de importancia que las operaciones del proceso principal (uso de herramientas avanzadas de diseño, modelamiento y control), manteniendo una operación óptima y estable, con altas tasas de remoción
- Control de calidad de emisiones
- Detección de residuos secundarios generados durante el tratamiento y manejo adecuado de ellos

i) Reducir los riesgos de accidentes:

- Gestión adecuada de compuestos peligrosos
- Sistemas eficientes de entrenamiento de personal y manutención de equipos y controladores
- Diseños que minimizen los peligros de incendio, explosión o emanaciones tóxicas

j) Implementar sistemas de gestión ambiental:

- Auditoría ambiental rutinaria: desarrollo de balances de masa y energía; detección de área críticas; estructura orgánica adecuada para mantener una operación con mínimo impacto ambiental
- Políticas de entrenamiento e información
- Evaluación de impacto ambiental periódica
- Revisión de las tendencias en la legislación
- Sugerir cambios en los procesos y especificaciones de las materias primas y productos

Estas medidas han generado una nueva concepción de diseño y gestión de procesos, entregando un marco de referencia general, dentro del cual los ingenieros deben buscar las oportunidades para satisfacer tanto los requerimientos económicos como los requerimientos ambientales.

2.3. INCENTIVOS Y DESINCENTIVOS EN PAÍSES EN DESARROLLO

Existen cuatro incentivos para lanzar un proceso de minimización de residuos:

A. Cumplimiento con las Regulaciones

Al implementar un proceso de minimización de residuos estructurado para eliminar o reducir la generación de residuos, las industrias serán capaces de cumplir con las regulaciones ambientales existentes y por generarse.

B. Ventaja Competitiva y Tecnológica

La implementación de un proceso de minimización de residuos generalmente resulta en el desarrollo de nuevos métodos y nuevas tecnologías que proporcionan una ventaja competitiva y tecnológica sobre la competencia.

C. Mejores Relaciones con los Empleados y la Comunidad

Al tomar un papel pro-activo durante la implementación del proceso de minimización de residuos, las industrias disfrutaban de una buena relación con sus empleados, clientes y las comunidades vecinas.

D. Beneficios Financieros Directos e Indirectos

Un incentivo mayor para implementar el proceso de minimización de residuos es el beneficio financiero directo o indirecto. Los beneficios directos normalmente incluyen ahorros en los costos de materia prima, energía y disposición de residuos y un incremento en las ganancias, resultado del aumento en la productividad. Los beneficios indirectos incluyen ahorros en multas y responsabilidades legales, así como en mejoramientos en la salud y costos más bajos de seguros

Con sistemas de regulación gubernamentales insuficientes para el control de la contaminación del agua y del aire y sin regulaciones efectivas para controlar residuos peligrosos, los costos asociados con la disposición de residuos en los países en desarrollo tienden a ser despreciables. Por lo tanto no existe un incentivo económico para el generador de residuos para emprender un programa de minimización de residuos a menos que el residuo contenga un material valioso que pueda ser rápidamente recuperado, tal como oro y plata.

El requisito más importante para la minimización de residuos es la implantación de estrictas regulaciones para el control de la contaminación aérea y de aguas así como regulaciones sobre el manejo de residuos peligrosos.

Otras barreras para un programa efectivo de minimización de residuos pueden incluir:

- Falta de información de los beneficios de la minimización de residuos;
- Falta de personal técnico;
- Miedo a provocar problemas en la calidad de los productos;
- Inercia en los estamentos organizacionales;
- Política interna de la organización, que no incentiva programas de minimización de residuos;
- Falta de interés por inexperiencia en el campo.

2.4. AUDITORÍA DE RESIDUOS

Es importante señalar que las auditorías para identificar opciones de minimización de residuos siguen un procedimiento similar al descrito anteriormente. En este caso, el análisis de los balances de materia y energía constituye uno de los pilares de este tipo de auditoría, ya que permite evaluar los flujos de recursos a través del proceso e identificar aquellas actividades que presentan mayor potencial de pérdidas.

Para llevar a cabo este ejercicio, es conveniente comenzar considerando la totalidad de la planta, definiendo claramente las corrientes de entrada y salida:

Las corrientes de entrada incluyen:

- Materias primas
- Insumos
- Suministros (vapor, agua)
- Combustibles, energía eléctrica

Las corrientes de salida, normalmente incluyen:

- Productos semielaborados
- Productos terminados
- Residuos (líquidos, sólidos, gaseosos, energéticos)

Es importante tener una completa descripción del proceso, el tipo de operación (ej.: continua, discontinua), frecuencia de operación y estacionalidad.

En esta primera fase, el auditor debería tener respuesta a las siguientes preguntas guía:

- ¿Cuáles son los residuos asociados al proceso?
- ¿Dónde se vierten los residuos líquidos?
- ¿Existe un sistema de tratamiento de residuos líquidos?
- ¿Existen sistemas de depuración de gases residuales?
- ¿Cómo se tratan y disponen los residuos sólidos?
- ¿Dónde se verifican los principales consumos de energía?
- ¿Cuáles son los principales usos del agua?
- ¿Cuáles son los insumos químicos peligrosos?
- ¿Existen procedimientos establecidos para su manejo?
- ¿Existe una adecuada identificación de los principales peligros?
- ¿Se observa una efectiva implementación de medidas de prevención de accidentes?
- ¿Existen planes de emergencia para enfrentar las principales contingencias?
- ¿Se conocen los costos asociados al control ambiental?
- ¿Cuál es la impresión sobre el nivel de motivación, entrenamiento y compromiso del personal?
- ¿Cuál es la actitud de la gerencia hacia el control ambiental?
- ¿Existen monitoreos periódicos de los residuos generados?
- ¿Existen planes de mejoramiento ambiental?

Una vez obtenida una primera base de información general acerca del proceso de producción, se procede a dividirlo en sus principales etapas, siguiendo el orden lógico de las operaciones, sin entrar en mayores detalles técnicos. Interesa definir, para cada etapa, los flujos de materiales y energía, así como las condiciones de operación básicas (temperatura, presión, concentraciones). Se debe identificar todas las corrientes de entrada y salida para cada etapa, y los flujos máscos respectivos (ej. kg/día). Es importante identificar la presencia de compuestos peligrosos (es decir, tóxicos, explosivos, inflamables, corrosivos, etc.) y la existencia de condiciones operacionales extremas (es decir, temperaturas y presiones extremas, reacciones exotérmicas). Ello permite identificar peligros potenciales y evaluar el nivel de riesgo operacional involucrado.

En base a estos resultados, se debe determinar la importancia de cada etapa, en base a la cantidad y tipo de residuos que genera, los recursos consumidos, los niveles de riesgos involucrados y su importancia en el proceso. De este modo, se puede identificar aquellas etapas que deben ser estudiadas con mayor detalle.

En una fase posterior, se detalla las operaciones incluidas en dichas etapas críticas y se identifican y cuantifica sus respectivas corrientes de entrada y salida. Aquellas operaciones que demuestren ser principales fuentes de residuos, de consumo de recursos, de pérdidas y que representan un significativo riesgo operacional, deben evaluarse detalladamente, con la ayuda de expertos en el

tema. Al respecto, es importante conocer la opinión de quienes están encargados de operar las unidades críticas y discutir con ellos los cursos de acción posible.

El auditor deberá identificar posibles fallas en los procedimientos de mantención, en los sistemas de medición/monitoreo de variables claves, fallas en el control de calidad, debilidades en el nivel de entrenamiento, falta de motivación/compromiso, u otras causas.

Conjuntamente, es necesario recopilar datos sobre las características del entorno y de los recursos directamente afectados por la actividad industrial, para así evaluar los efectos ambientales más significativos. Con dicha información, el auditor estará en condiciones de formular y evaluar diferentes alternativas para minimizar tales pérdidas, y por consiguiente, reducir el impacto ambiental. Estos conceptos se ilustran en el siguiente esquema.

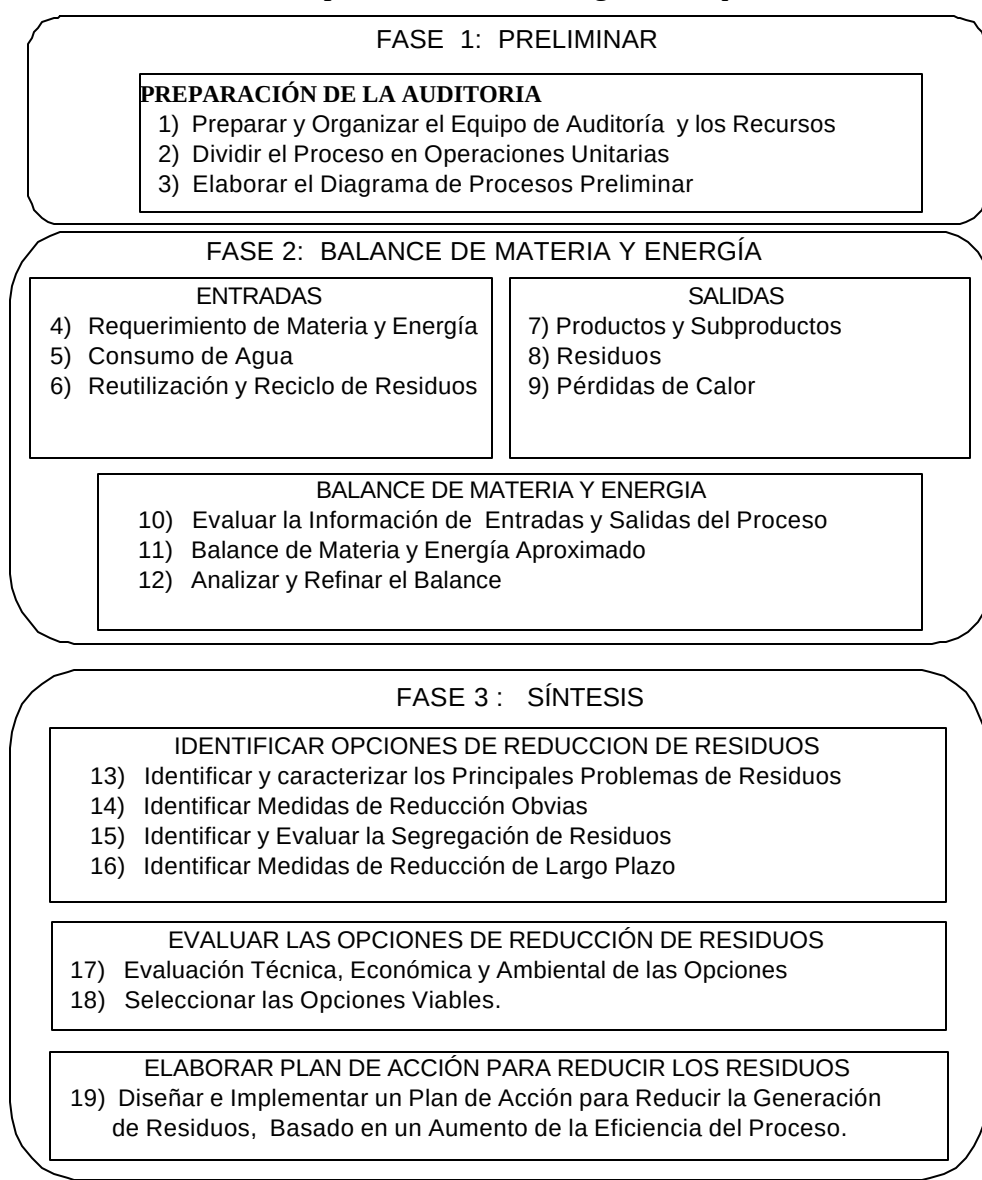


Figura 2.3 Actividades típicas de una auditoría de residuos

Lista de verificación para auditorías preliminares

a.1) Información general.

1. ¿Existe en la empresa un plan de gestión medioambiental, escrito y actualizado?
SI NO
2. ¿Existe un plan de emergencia escrito y actualizado, en caso de accidente grave?
SI NO
3. ¿Existe un plan, escrito y actualizado, de mantenimiento de la planta? (revisión y control de la maquinaria de los sistemas de producción, de seguridad y de emergencia)
SI NO
4. ¿Existe un sistema de seguridad, higiene y protección en el trabajo y, si existe, se cumple?
SI NO
5. ¿Existe un sistema de formación e información al trabajador sobre el manejo de la maquinaria, así como de la composición, propiedades, manipulación y eliminación de cualquier producto o sustancia utilizados?
SI NO
6. ¿Existe una copia de todos los informes, permisos y autorizaciones administrativas a nivel local, regional o nacional?
SI NO
7. ¿Existen todos los contratos, por escrito y actualizados, de los gestores y transportistas externos?
SI NO
8. ¿Existe un sistema de tratamiento, depuración o eliminación de los residuos líquidos, sólidos o gaseosos, y documentación escrita al respecto?
SI NO
9. ¿Están calibrados todos los sistemas de medición y control de las plantas de fabricación, almacenaje y tratamiento?
SI NO
10. ¿Existe una amplia base de datos que permita a la empresa evaluar sus resultados, y los documentos necesarios para confrontar el control de los resultados?
SI NO

a.2) Materias primas y almacenamiento.

1. Materias primas consumidas. Inventario (anual o mensual).

Combustibles
Energía Eléctrica
Agua
Materias primas

2. ¿Las materias primas y los productos se almacenan selectivamente? (en función de sus propiedades, composición, manejo y riesgos, etc.).

SI

NO

3. ¿Existen registro y copias, actualizados, del abastecimiento y compra de materias primas y de sus proveedores?

SI

NO

4. ¿Conoce el personal las características de cada materia prima (composición y propiedades, riesgos y manejo, etc.) y toma las medidas necesarias para su manipulación?

SI

NO

5. ¿La empresa utiliza sustancias consideradas peligrosas (tóxicas, inflamables, corrosivas, reactivas)?

SI

NO

6. ¿Cuáles?

7. ¿Tiene todas las autorizaciones y permisos para abastecerse y hacer uso de dichas materias primas y del resto, aunque no sean peligrosas?

SI

NO

8. ¿Existe un sistema, actualizado y escrito, y la documentación necesaria para una gestión correcta de las materias primas?

SI

NO

a.3) Residuos sólidos.

1. Productos fabricados.

Tipo

Cantidad

2. ¿Los residuos sólidos generados se almacenan selectivamente? (en función de sus características, propiedades, riesgo, vida activa, eliminación o tratamiento, manipulación, etc.).

SI

NO

3. ¿Conoce el personal las características antes mencionadas de estos residuos y toma las medidas necesarias para su manipulación?

SI

NO

4. ¿Existe un sistema, actualizado y escrito, así como la documentación necesaria para la correcta gestión de los residuos sólidos? (almacenamiento, tratamiento, eliminación, transporte)

SI

NO

5. ¿Existe documentación escrita sobre los métodos de análisis de residuos y los límites máximos permitidos para evacuarlos?

SI

NO

6. ¿Las cantidades de residuos sólidos almacenadas superan los límites máximos permitidos?

SI

NO

7. ¿El almacenamiento de residuos sólidos se realiza en envases adecuados para evitar fugas y accidentes?

SI

NO

8. ¿Existen registros y copias actualizados de todas las operaciones de salida y entrada de los residuos? (transporte, destino, procedencia, tipo de tratamiento o eliminación, etc.).

SI

NO

9. ¿Gestiona y trata sus propios residuos?

SI

NO

a.4) Residuos peligrosos.

1. ¿Produce residuos tóxicos, corrosivos, reactivos o inflamables?
SI NO
2. ¿Existe un método de caracterización de sus residuos tóxicos y peligrosos? (propiedades físico-químicas, composición química, volumen, peso).
SI NO
3. ¿Ha realizado algún estudio sobre las cantidades producidas?
SI NO
4. ¿Cumplen con las normas técnicas de almacenamiento y envasado de residuos peligrosos?
SI NO
5. ¿El tiempo de almacenamiento supera los límites máximos permitidos?
SI NO
6. ¿Tiene registros de residuos peligrosos? SI NO
7. ¿El personal de la planta conoce los riesgos y características de estos residuos peligrosos y cumple todas las recomendaciones de manipulación?
SI NO
8. ¿Los almacenes de residuos peligrosos están separados y señalizados?
SI NO
9. ¿Existen planos actualizados de las vías de salida de los residuos peligrosos?
SI NO
10. ¿Existe un sistema de control y mantenimiento de dichas vías de salida?
SI NO
11. ¿Existe un sistema de emergencia en caso de fugas o averías en dichas vías de salida?
SI NO
12. ¿Produce aceites usados, PCB o PCT? SI NO
13. ¿Los almacena adecuadamente? SI NO
14. ¿Los envasa y etiqueta adecuadamente? SI NO
15. ¿Se le entrega información acerca de los compuestos peligrosos a las autoridades correspondientes?

- | | | |
|--|----|----|
| | SI | NO |
|--|----|----|
- a.5) Residuos gaseosos.**
1. ¿Se conoce la composición y las características de los residuos que se emiten al aire?

SI	NO
----	----

 2. Residuos emitidos a la atmósfera:

Tipo	
Cantidad	

 3. ¿Existe un sistema, actualizado y escrito, así como la documentación necesaria para la correcta gestión de estas emisiones?

SI	NO
----	----

 4. ¿Se trata estos residuos antes de su emisión al aire?

SI	NO
----	----

 5. ¿Existe documentación escrita sobre los métodos de análisis de estas emisiones y de los límites máximos permitidos?

SI	NO
----	----

 6. ¿Se conoce la cantidad anual de residuos emitidos a la atmósfera, así como su fuente en el proceso de producción?

SI	NO
----	----

 7. ¿Existe documentación escrita sobre las propiedades y los efectos (sobre el hombre, sobre la flora, sobre la fauna y sobre los materiales) de cada compuesto que se emite al aire?

SI	NO
----	----

a.6) Residuos líquidos.

1. ¿Se conoce la composición de todos los efluentes líquidos que se producen en la planta?

SI

NO

2. Efluentes líquidos.

Tipo (agua de lavado, de refrigeración, etc.)

Cantidad

3. Compuestos que contienen los efluentes.

Tipo

Cantidad

4. ¿Existe un sistema, actualizado y escrito, así como la documentación necesaria para la correcta gestión de estos efluentes?

SI

NO

5. ¿Se trata estos efluentes antes de su vertido?

SI

NO

6. ¿Cuáles son los procesos de depuración?

7. Tipo de receptor sobre el cual se vierten estos efluentes?.....

8. ¿Se conoce todas las características (físicas, químicas y biológicas) de estos efluentes líquidos?

SI

NO

9. ¿Existe documentación escrita sobre los métodos de análisis de estos vertidos y de los límites máximos permitidos?

SI

NO

10. ¿Existe documentación escrita sobre los daños y efectos de estos vertidos en los receptores? (cursos de agua, zonas costeras, embalses, suelos, acuíferos).

SI

NO

a.7) Gestión ambiental.

- | | | |
|---|----|----|
| 1. ¿Existe un encargado de medio ambiente en la empresa a nivel gerencial? | SI | NO |
| 2. ¿Existe una política ambiental de la empresa, conocida por todos los miembros de la organización? | SI | NO |
| 3. ¿Existen objetivos y metas ambientales? | SI | NO |
| 4. ¿Existe un programa ambiental? | SI | NO |
| 5. ¿Existen registros escritos de todos los parámetros que afectan a la gestión ambiental? (volúmenes de residuos, tipo y características, almacenamiento, tratamientos, sistemas de emergencia, etc.). | SI | NO |
| 6. ¿Existe y se aplica un plan de auditorías ambientales? | SI | NO |
| 7. ¿Se guarda todos los informes de las auditorías precedentes? | SI | NO |
| 8. ¿Existe una copia del CV actualizado de cada miembro del departamento de medio ambiente? | SI | NO |
| 9. ¿Existe un plan escrito y actualizado de reducción de residuos? | SI | NO |
| 10. ¿Existe un plan escrito y actualizado para la transformación, modificación o inertización de residuos peligrosos y el desarrollo de productos ambientalmente aceptables? | SI | NO |
| 11. ¿Existe un plan escrito y actualizado de formación del personal en técnicas y métodos de control ambiental? | SI | NO |

12. ¿Existe un registro de reclamos de tipo ambiental por parte de la comunidad?

SI

NO

13. ¿Existe un registro de accidentes que hayan ocasionado daño ambiental o transgresiones a las normas ambientales?

SI

NO

14. ¿Existe un procedimiento para la identificación de los aspectos ambientales significativos, en caso de modificaciones a los procesos, nuevas inversiones u otros cambios?

SI

NO

15. ¿Se evalúa periódicamente las condiciones ambientales internas de la planta?

SI

NO

16. ¿Se lleva a cabo mantenciones periódicas de aquellos equipos con mayor potencial de impacto ambiental?

SI

NO

AUDITORÍA DE MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS

Un procedimiento que puede ayudar a vencer alguna de las barreras mencionadas es la Auditoría de Minimización de Residuos.

Los objetivos de la auditoría son:

- Generar un listado de medidas de minimización u opciones aplicables a un proceso industrial específico;
- Efectuar un ordenamiento de todas las opciones de reducción de residuos identificables y permitir un análisis más profundo de estas opciones.

Una auditoría de minimización de residuos puede contemplar los siguientes pasos:

- Selección del personal auditor;
- Listado de flujos de residuos;
- Generación de opciones de reducción para cada flujo de residuos;
- Ordenamiento de cada opción de reducción en tres categorías: efectividad, aplicación potencial y usos;
- Preparación de documentación sobre opciones seleccionadas;
- Presentación, discusión y revisión con personal de planta de las opciones y su ordenamiento;
- Análisis por personal auditor de las opciones; y
- Preparación del informe final.

Tabla 2.2. Metodología de reducción de residuos en procesos de producción

a) Para todo proceso de producción

1. Use materiales de alta pureza
2. Use materiales menos tóxicos
3. Use materiales no corrosivos
4. Pase de proceso no-continuo a proceso continuo
5. Estricta inspección y mantención de equipos
6. Mejorar entrenamiento de operadores
7. Supervisión más estricta
8. Practicar un buen manejo del proceso
9. Eliminar o reducir agua de lavados
10. Implementar medidas apropiadas de limpieza de equipos
6. Usar sistemas de monitoreo
- 12 Usar bombas con doble sellos mecánicos

b) Producción de hidrocarburos livianos y pesados

1. Use catalizadores más selectivos
2. Optimizar variables de reacción y diseño de reactor
3. Use rutas de proceso alternativas
4. Use recuperación de calor

c) Uso y disposición de catalizador

1. Desarrolle un soporte adecuado del catalizador
2. Use filtros internos en reactor
3. Regenere y recicle el catalizador gastado

d) Limpieza de residuos en equipos

1. Aumente el tiempo de drenaje en equipos
2. Use materiales resistentes a la corrosión
3. Agitar y/o aislar estanques de almacenamiento
4. Re-examinar necesidad de limpieza química
5. Use nitrógeno para reducir la oxidación

e) Derrames y fugas

1. Use válvulas con sellos especiales
2. Use bombas con sellos adecuados
3. Maximizar el uso de juntas soldadas versus enflanchadas

2.5. EVALUACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS EN LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS

2.5.1. INCENTIVOS DE LA GESTION AMBIENTAL

Una encuesta a 99 empresas de Estados Unidos muestra los factores motivadores para la adopción de un Sistema de Gestión Ambiental SGA (The ISO 14000 Hand Book, Joseph Cascio, pág. 10)

- Mejoramiento de SGA : 18%
- Solicitud del consumidor : 22%
- Impacto de relaciones públicas : 9%
- Programas de modernización : 6%
- Ventajas competitivas : 20%
- Relaciones con el gobierno : 8%
- Otras : 17%

La prevención de la contaminación es un elemento esencial del Estado y forma parte de las estrategias de largo plazo para el manejo de residuos peligrosos y la reducción de la contaminación del medioambiente. Los depósitos de seguridad continuarán siendo una opción de disposición pero debido a la estricta regulación, esta opción está disminuyendo, pues la capacidad de los rellenos sanitarios está siendo limitada. El programa de la EPA para la restricción de la depositación, establece en la Hazardous solid waste authorization 1984 (HSWA) enmiendas a la Resource Conservation and recovery act (RCRA), la prohibición de depositar algún residuo peligroso sin tratamiento. Las Tecnologías de tratamiento ofrecen otras opciones, pero el tratamiento puede ser costoso, por lo cual los generadores de residuos deben buscar otras alternativas.

Existen muchas razones para reducir tanto la cantidad generada como la cantidad de tóxicos liberables al medioambiente. A continuación se discutirán cinco importantes incentivos:

Incentivos económicos , Incentivos regulatorios ,Incentivos de responsabilidad
Beneficio público , Salud humana y el medioambiente

a) Incentivos económicos

Los mayores incentivos para reducir los residuos peligrosos son los financieros. Costos por contaminar, pagar por prevenir la contaminación. Las compañías que son pioneras en tecnologías limpias disfrutarán una mayor ventaja comparativa.

De acuerdo a la USEPA, el costo de manejo de residuos es escalable a una razón de 20 a 30% por año. La clausura de rellenos de seguridad están incrementando el precio de la disposición final. Algunos residuos que anteriormente eran depositados ahora deben ser incinerados.

Comúnmente el costo de incineración un tambor de residuos peligrosos puede variar entre US\$300 a US\$2000, dependiendo de las características del residuo.

Las empresas deben mirar mas allá del costo inicial de prevenir la contaminación, deben examinar el espectro total de costos asociados, incluyendo disposición, responsabilidad potencial y costos por regulaciones. Otro beneficio que debe también ser considerado, que indirectamente afecta la economía de la compañía, es el inmedible beneficio de la positiva percepción del público.

b) Incentivos regulatorios

La minimización de residuos es una política específicamente ordenada por la USEPA Hazardous and Solid Waste Amendments to the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA). Este ordenanza ha guiado al aumento sin precedente en los costos del manejo de residuos. Como resultado, generadores de residuos peligrosos se han forzado en evaluar otras alternativas de manejo de residuos, incluyendo la reducción de éstos.

Para asegurar que estas compañías estudien posibles alternativas de reducción en la fuente, se firmó en el año 1990 el Pollution Prevention Act. Esta acta federal requiere instalaciones que se enmarquen bajo el Toxic Release Inventory (TRI), provisiones de la sección 313 de SARA titulo III, para proveer información sobre la prevención de la contaminación y de las actividades de reciclaje en un archivo emitido en forma anual.

Una acción similar fue tomada por 72nd Legislature of Texas, la cual requirió de instalaciones para el manejo de los residuos peligrosos y el TRI para tener una base de datos que permita realizar un plan de minimización y reducción en la fuente.

c) Incentivos de responsabilidad

De acuerdo a la USEPA, un generador de residuos peligrosos es responsable de ellos desde la cuna a la tumba. En otras palabras, un generador de residuos peligrosos es legalmente responsable de éste por siempre. Adicionalmente, las leyes federales y estatales establecen los precedentes para que los generadores de residuos peligrosos sean responsables por la limpieza de los residuos que han sido derramados desde los recintos de acopio. La responsabilidad financiera puede representar a los generadores sustanciales sumas de dinero.

La responsabilidad de la cuna a la tumba se traduce en que muchos expertos ahora la llaman la crisis de la responsabilidad. Como consecuencia de la responsabilidad segura, las empresas han tenido un aumento de un 50 a un 300%, en los últimos años, en las leyes que demandan involucrar a los generadores de residuos peligrosos en accidentes de derrames y rebaleses en sitios de disposición.

d) Beneficio público

El público es hoy mas informado acerca de los problemas medioambientales, particularmente en el sector universitario. Ellos son conocedores de los potenciales efectos de los residuos peligrosos y que la liberación de contaminación puede tener efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente. Por lo tanto, siendo conocedores y trabajando hacia la reducción de los residuos, se puede mejorar nuestra relación con el público – nuestra comunidad y finalmente nuestros clientes.

e) Beneficio a la salud humana y el medio ambiente

La razón más importante que promueve la prevención de la contaminación es para proteger nuestra salud y el medio ambiente. Cuando nosotros mejoramos y protegemos el medio ambiente, estamos protegiéndonos a nosotros mismos y a las futuras generaciones

2.5.2 EVALUACION DE COSTOS Y BENEFICIOS EN LA MINIMIZACION DE RESIDUOS

En la mayoría de los casos, las medidas implementadas en función de la prevención de la contaminación tienen claros beneficios económicos en términos de contaminación que no es generada, reducciones en el uso de materiales tóxicos, ahorro de energía y materias primas. A continuación se presentan consideraciones a tomar en cuenta en una evaluación de costos y beneficios para la minimización de residuos

a) Beneficios

- Ahorro de materias primas
- Ahorro en energía
- Ahorro en manejo y/o tratamiento de residuos que pueden ser reducidas o eliminadas
- Ahorro en disposición de residuos que puedan ser reducidos o eliminados
- Disminución de costos directos e indirectos debido al no cumplimiento de estándares ambientales: multas, cierre de planta, pérdida de clientes, incremento de pólizas de seguros
- Recuperación y/o comercialización de subproductos
- Imagen de la empresa

b) Costos

- Requerimientos de inversión para el mejoramiento ambiental: reemplazo de unidades ineficientes, nuevos sistemas de control de procesos, modificaciones al proceso, nuevas líneas, etc.
- Costos de operación asociados a mejoramiento ambiental: incremento en el costo de materias primas o insumos con menor potencial impacto
- Mantención de un sistema de gestión ambiental

c) Costos sociales

Los costos sociales incluyen los costos (o beneficios) privados y las externalidades al proyecto. Las externalidades consideran los costos (o beneficios) derivados del proyecto que afectan a la comunidad, el Estado u otros. Por ejemplo, las emisiones gaseosas de una empresa que afectan negativamente la calidad del aire representa un costo externo que recae sobre las personas afectadas por ese deterioro ambiental. Si la empresa invierte en un sistema de control de emisiones, se reduce el costo externo y se incrementa el costo privado.

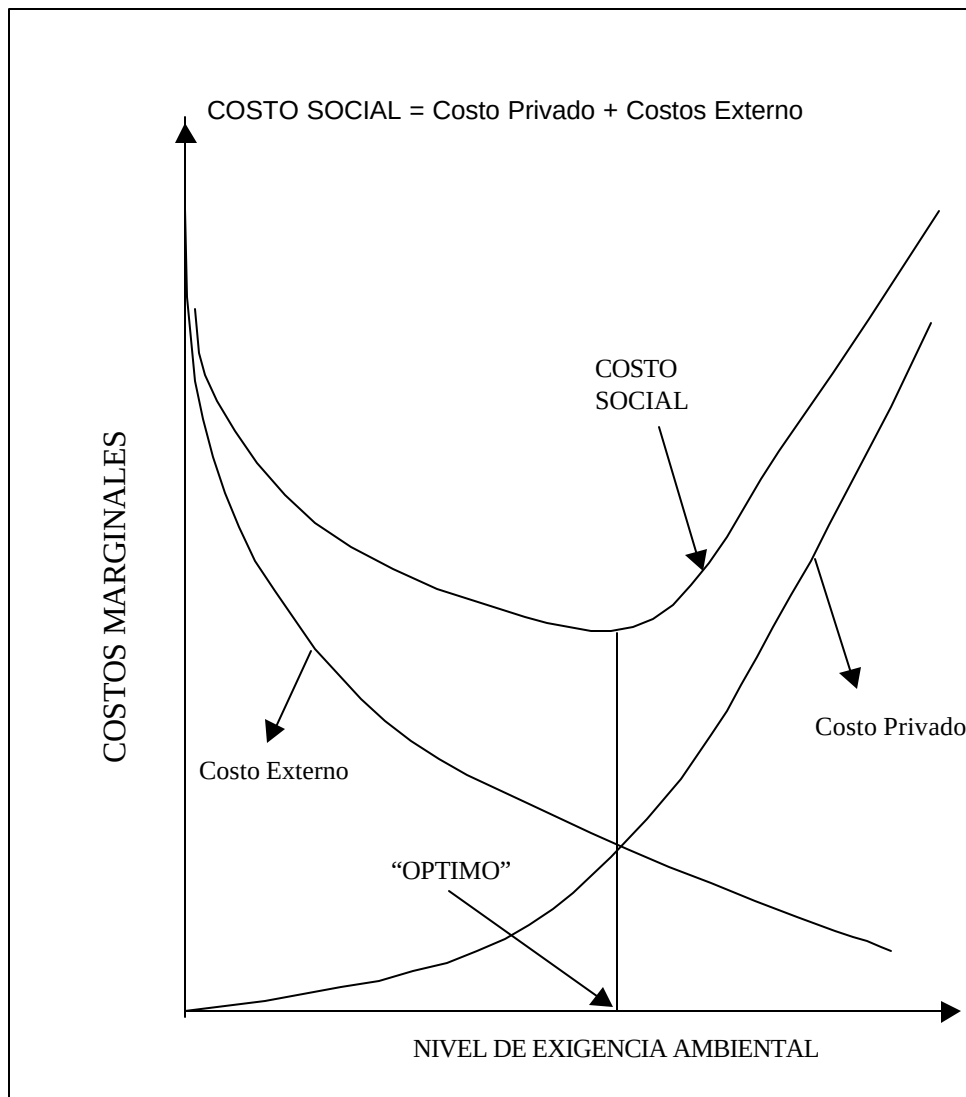


Figura 2.4 : Nivel de exigencia ambiental “optimo”

La Figura 2 muestra que a medida que incrementan las exigencias de protección ambiental, disminuyen los costos asociados al deterioro ambiental, pero a expensas de un incremento de los costos privados. Por lo anterior, existiría un nivel de exigencia ambiental donde el costo social alcanza un valor mínimo.

En la práctica, el valor potencial de la mayoría de los proyectos de minimización de residuos están basados en ahorros en las siguientes áreas:

- Costos de materias primas
- Costos de mano de obra, servicios, y de mantención
- Obtención de ganancias por la creación de productos comercializables
- Costos de disposición de residuos
- Impuestos o costos por generación por cada unidad de residuo
- Costos de transporte de residuos
- Costo de almacenamiento y manejo
- Costos de tratamiento antes de la disposición
- Costos de permisos, informes y estadísticas
- Responsabilidades en seguridad y contaminación

Para el propósito de evaluar un proyecto para reducir las cantidades de residuos, algunos tipos de costos son mayores y más fácilmente de cuantificar: estos son los costos de disposición, de transporte, de tratamiento, de materias primas y de operación y mantención.

Los costos de disposición varían de acuerdo al tipo de residuos; si son sólidos o líquidos, el tipo de contenedor en los que están almacenados (tambores o a granel) y la cantidad de residuo involucrado. La tabla siguiente indica valores de disposición en EE.UU. de algunos residuos sólidos y líquidos en tambores o a granel y para desechos de laboratorios.

Tabla 2.4. Costos típicos de manejo de residuos industriales

Disposición de:	Residuos en Tambores	
	Sólidos.....	US \$ 50 - \$ 75/tambor
	Líquidos.....	US \$ 75 - \$ 160/tambor
	Residuos a Granel	
	Sólidos.....	US \$ 150 - metro cúbico
	Líquidos.....	US \$ 0.95-\$2.5/galón
	Laboratorios.....	US \$ 100/tambor
Análisis de Laboratorio:.....		US \$ 200 - \$ 300
Transporte de Residuos:.....		US \$ 65- \$ 85/hora

CAPITULO III

TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

3.1 Introducción. Una planta de tratamiento de residuos tóxicos está diseñada para manejar residuos cuyas características sean sólidos y/o líquidos orgánicos y líquidos inorgánicos.

Estas plantas de tratamiento tienen por objetivo principal el disminuir tanto el volumen como la toxicidad del material peligroso.

Una planta de tratamiento se puede describir utilizando el siguiente esquema:

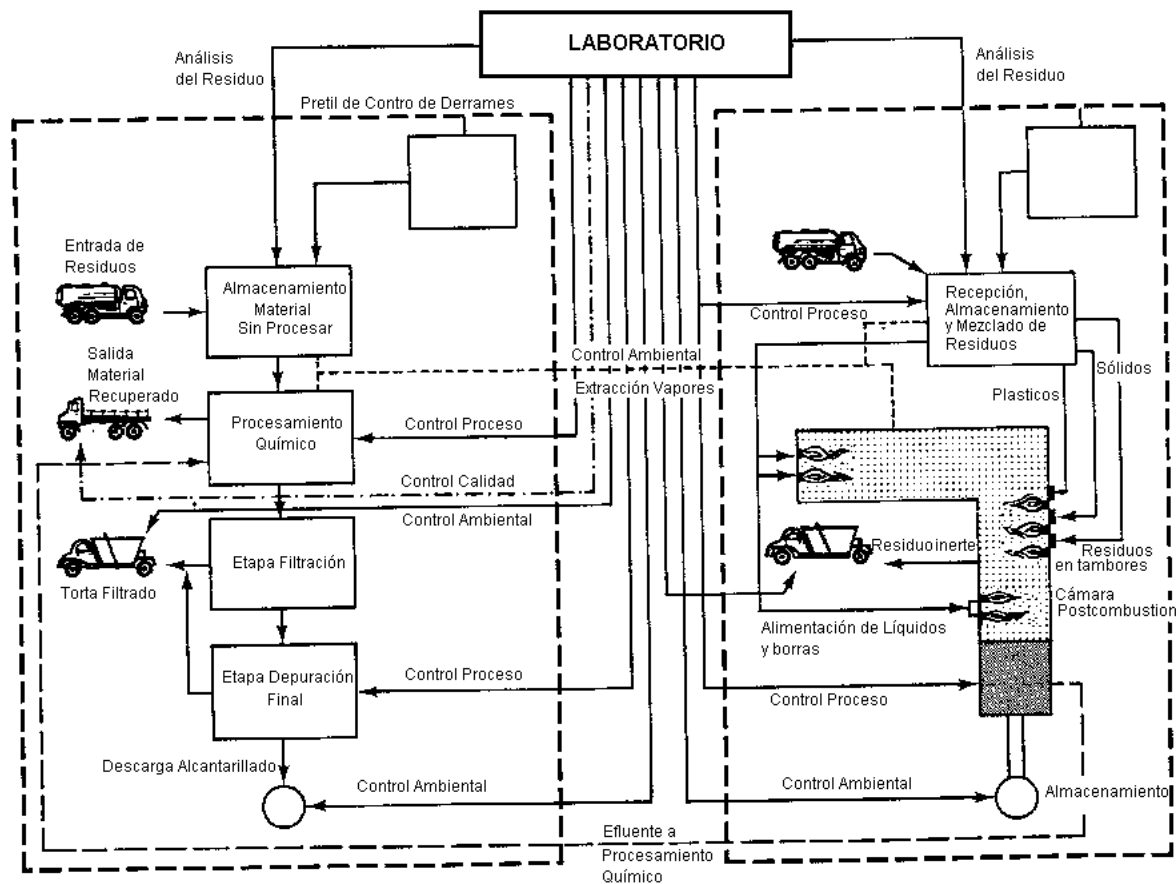


Figura 3.1: Esquema de una Planta de Tratamiento. (6)

Un residuo procesado en una planta de tratamiento debe pasar por las siguientes etapas:

Recepción	Separación sólido/líquido
Análisis	Incineración
Test de Tratabilidad	Tratamiento Químico
Almacenamiento/Mezclado	Disposición de Residuos

La necesidad de control estrictas en todas las etapas de operación enfatiza el uso del laboratorio tanto en la caracterización del residuo como en la programación del proceso y los controles ambientales. Se puede observar del diagrama que ambas formas de tratamiento están localizadas en la misma área, pero son esencialmente procesos independientes. los únicos puntos en común son el laboratorio, el área de mantención y el edificio de administración.

Las operaciones de tratamiento químico y de incineración son independientes, y cada una tiene sus estanques de almacenamiento, área de tambores, de ácidos, álcalis, combustibles, y área general de residuos orgánicos. El tratamiento químico se efectúa en forma discontinua, en reactores de acero inoxidable.

3.2 Tratamiento de Residuos Orgánicos

El esquema típico para tratamiento de residuos orgánicos peligrosos es el que se presenta a continuación:

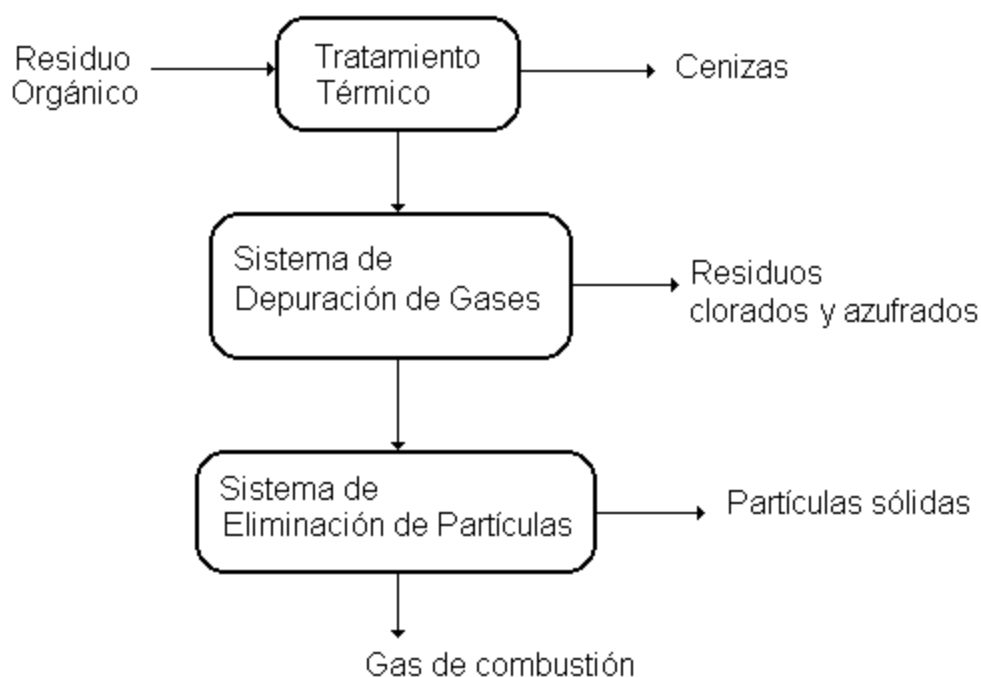


Figura 3.2: Diagrama de flujo de una planta de tratamiento de residuos orgánicos peligrosos.

La primera etapa de tratamiento consiste en la destrucción térmica del residuo utilizando incineradores con una o dos cámaras de combustión para alcanzar tiempos de retención de 2 segundos y trabajar a temperaturas entre los 900 y 1.200 °C. De este proceso salen dos corrientes; una sólida que contiene cenizas de combustión y metales pesados, y otra corriente gaseosa que contiene junto con los gases de combustión, gases clorados, óxidos de azufre, metales pesados como el mercurio y orgánicos volátiles (1,7,8).

Los residuos sólidos son estabilizados mediante mecanismos de compactación con cemento o vitrificación con compuestos silícicos como la puzolana.

La corriente gaseosa recibe tratamientos para remover partículas sólidas, que han sido arrastradas por la corriente, en equipos como ciclones, precipitadores electrostáticos, filtros de mangas, etc. Los gases ácidos se remueven neutralizando la corriente en procesos húmedos con hidróxido de sodio o calcio, o procesos secos con hidróxido de calcio. Los orgánicos se pueden remover en procesos de adsorción con carbón activo (1,8).

3.3 Tratamiento de Residuos Líquidos Inorgánicos (Tratamiento Físico-Químico)

Los **residuos líquidos** se someten a diferentes procesos dependiendo del contaminante que se desea tratar. Por esto la planta de tratamiento posee líneas independientes para tratar en forma segregada residuos con diferentes componentes peligrosos. La planta de tratamiento físico-químico se divide en cuatro líneas principales:

Línea de tratamiento de residuos ácidos-básicos.

Línea de tratamiento de residuos con metales pesados.

Línea de tratamiento de residuos cianurados.

Línea de tratamiento de emulsiones.

Además está la planta de tratamiento biológico que permite reducir la carga orgánica de soluciones acuosas orgánicas, además de la corriente acuosa resultante del tratamiento de emulsiones. La planta de tratamiento de líquidos se esquematiza a continuación:

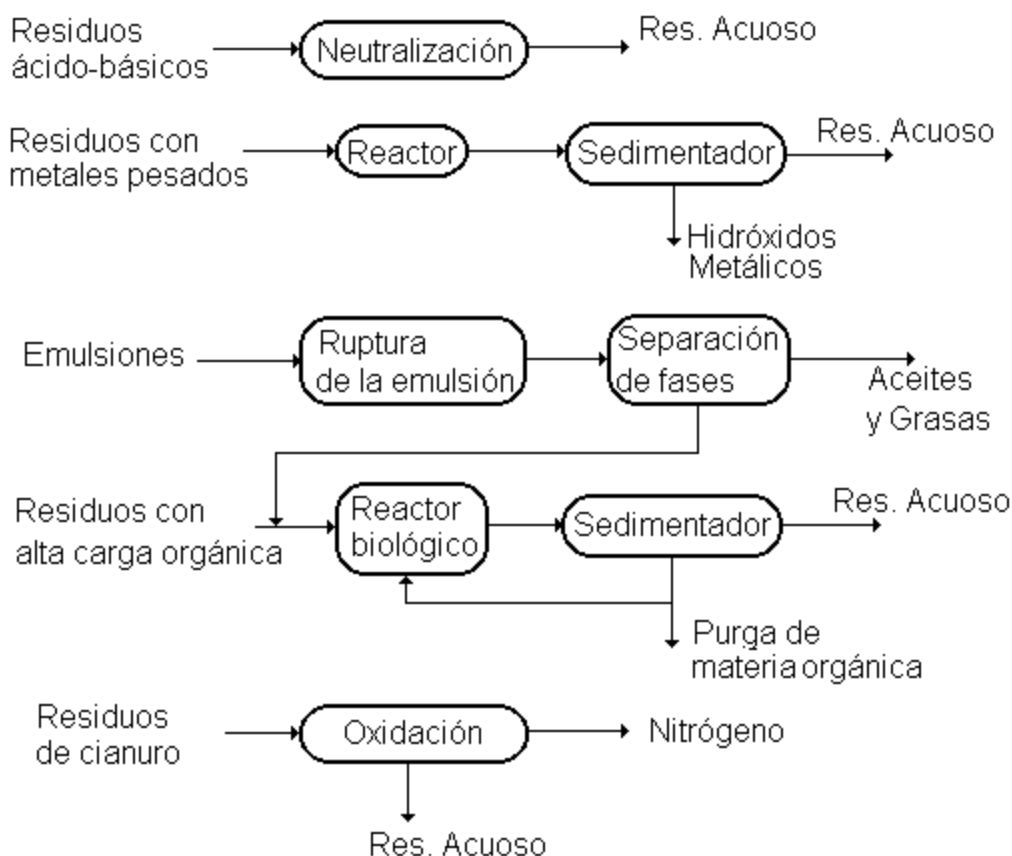


Figura 3.3 : Planta de tratamiento de líquidos.

Si el residuo contiene iones de metales como aluminio, mercurio, cromo hexavalente y plomo, estos compuestos se eliminan precipitándolos como hidróxidos o bien utilizando floculantes como el cloruro férrico. Si la corriente está contaminada con cianuro se utilizan oxidantes fuertes para transformar el ion tóxico en dióxido de carbono y nitrógeno (1,6).

Si la corriente es una emulsión, ésta se rompe acidificando la corriente a aproximadamente 80°C o bien utilizando floculantes (1).

Luego de estos tratamientos primarios se disminuye la carga orgánica, especialmente si el agua proveniente de una separación de una emulsión. Estos tratamientos llamados secundarios o biológicos pueden ser tanto aeróbicos como anaeróbicos (5).

3. 4 Tecnologías De Tratamiento de Residuos Peligrosos

Existen muchas tecnologías diferentes de tratamiento de residuos peligrosos que pueden ser utilizadas antes de la disposición de estos residuos. Su propósito es el de modificar las propiedades físicas o químicas de los residuos, además de reducir el volumen, inmovilizar componentes tóxicos o detoxificar estos compuestos.

El escoger el mejor medio de tratamiento de un residuo dado depende de muchos factores, que incluyen la disponibilidad de instalaciones, normas de seguridad, costos, etc. No existe un sistema absolutamente seguro y cualquier sistema de tratamiento tiene asociado un grado de riesgo.

Los posibles sistemas de tratamiento son numerosos, pero en general se pueden clasificar en cuatro categorías:

- 1. Procesos de Separación de Fases:** Son potencialmente útiles en la reducción de volumen o recuperación de productos.
- 2. Procesos de Separación de Componentes:** Son capaces de segregar físicamente especies iónicas o moleculares de sistemas de residuos unifásicos y multicomponentes.
- 3. Procesos de Transformación Química:** Promueven las reacciones químicas para detoxificar, recuperar o reducir el volumen de componentes específicos en los residuos.
- 4. Métodos de Tratamiento Biológico:** Envuelven transformaciones químicas por medio de la acción de organismos vivos.

La selección de un proceso de tratamiento para un residuo en particular no es fácil, y se deben considerar: la naturaleza del residuo, la característica deseada del efluente, aspectos técnicos, consideraciones financieras y económicas, ambientales, energéticas, de operaciones y de mantención, y otro tipo de consideraciones globales.

Considerando la situación de Europa y EE.UU. se encontró que las soluciones y residuos sólidos de metales pesados son los residuos predominantes y que las tecnologías predominantes serían: neutralización, oxidación, reducción, precipitación, separación aceite-agua, recuperación de solventes y combustibles, lodos activados e incineración.

3.4.1 Clasificación de Sistemas de Tratamientos

El tratamiento de los residuos peligrosos puede producirse a tres niveles: primario, secundario y terciario o tratamiento final de forma análoga al tratamiento de aguas servidas o residuales. El tratamiento primario es similar a una preparación del residuo para otros tratamientos, aunque se pueden separar subproductos y reducir la toxicidad y la cantidad del residuo; el tratamiento secundario detoxifica, destruye y elimina los constituyentes peligrosos. El tratamiento final o terciario está encaminado al tratamiento de las agua previamente al vertido final.

Los tratamientos de los residuos peligrosos mas importantes se pueden clasificar como:

- ◆ Tratamientos Físicos
- ◆ Tratamientos Químicos
- ◆ Tratamientos Térmicos
- ◆ Tratamientos Biológicos
- ◆ Estabilización / Solidificación

Cada una de estas técnicas, a su vez presenta una gran cantidad de variantes, pero en general muy pocos son exclusivos del tratamiento de residuos tóxicos, perteneciendo el resto a las operaciones tradicionales de la ingeniería química.

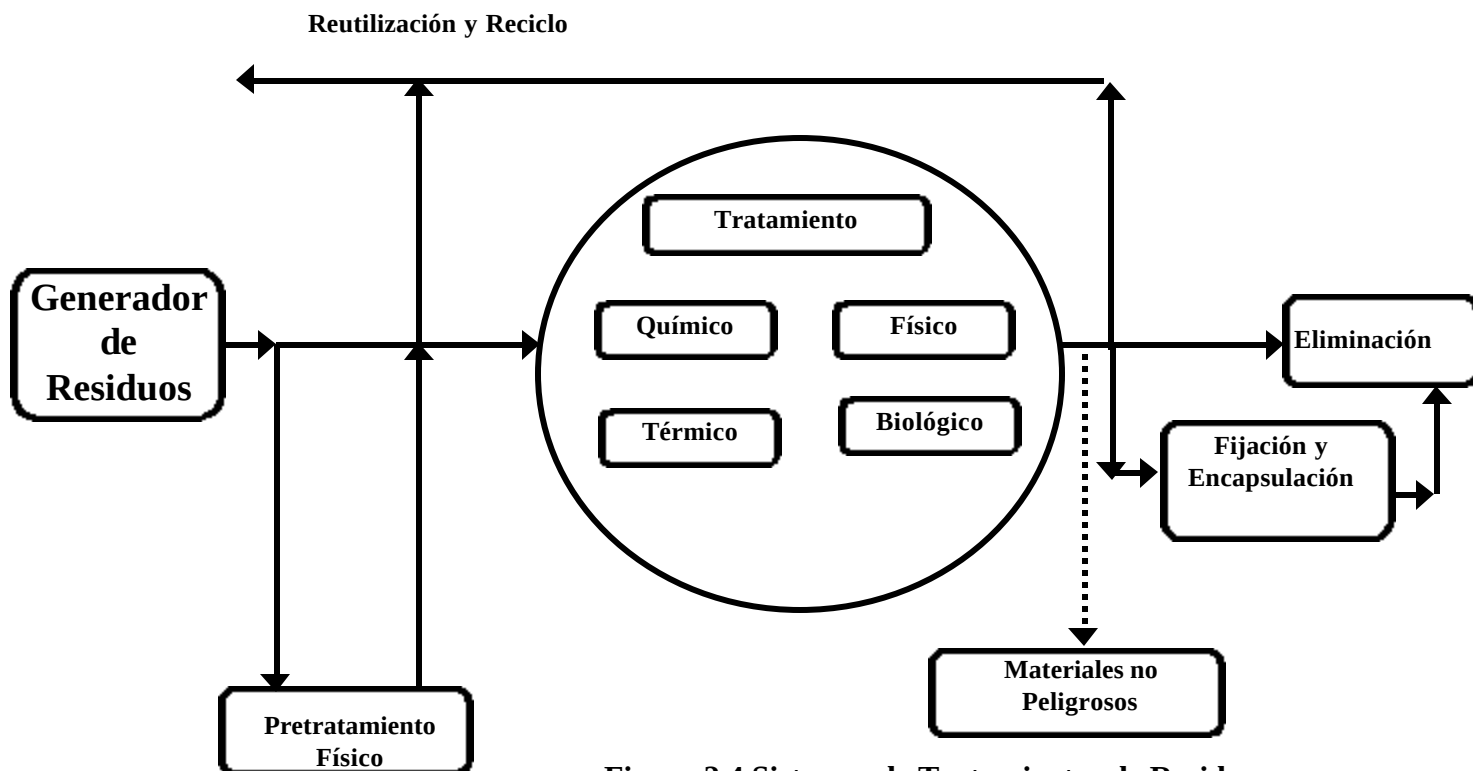


Figura 2.4 Sistemas de Tratamientos de Residuos

Tabla 3.1. Métodos de Tratamientos de Residuos

Tratamientos Físicos

Desorción con Aire
Congelamiento por Suspensión
Adsorción con Carbón
Centrifugación
Diálisis
Destilación
Electrodiálisis
Electroforesis
Evaporación
Filtración
Floculación
Flotación
Cristalización
Secado por Frío
Separación Magnética
Intercambio Iónico
Destilación con Vapor
Adsorción con Resinas
Osmosis Reversa
Sedimentación
Extracción L-L de Orgánicos
Desorción con Vapor
Ultrafiltración

Tratamientos Químicos

Calcinación
Catálisis
Clorinolisis
Electrólisis
Hidrólisis
Descarga por Microondas
Neutralización
Oxidación
Ozonólisis
Fotólisis
Precipitación
Reducción

Tratamientos Biológicos

Lodos Activados
Lagunas Aireadas
Digestión Anaeróbica
Compostamiento
Tratamiento Enzimático
Filtros de Chorro
Piscinas de Estabilización

Pre-Tratamientos de Sólidos

Disgregación y Molienda
Criogenia
Disolución

Antes de desechar los residuos, hay varias oportunidades de alterar su forma, reducir su volumen y reciclar sus componentes. La incineración, por ejemplo, es sólo un paso en esa dirección. Hay fundamentalmente tres enfoques para procesar los residuos:

3.4.2 Tratamientos Físicos

Incluye procesos de compactación, separación, destilación y evaporación., todos ellos tendientes a reducir el volumen de los desechos. Luego viene una etapa de separación para recuperar aquellos materiales reciclables.

Estos procesos incluyen diferentes métodos de separación de fases y solidificación. En el nivel más básico, la separación de fases incluye el uso de lagunas de decantación,

secado de borras en lechos, y el almacenamiento prolongado en estanques de proceso. Todos los anteriores dependen de la decantación gravitacional, y los dos primeros permiten la remoción del líquido por decantación, drenaje y evaporación. El uso de lagunas y estanques es ampliamente utilizado para separar aceites de agua en residuos húmedos, después de un tratamiento preliminar con agentes rompedores de emulsiones y ocasionalmente en el caso de estanques, combinados con calentamiento.

Solidificación o procesos de fijación

Estos procesos convierten al residuo en un material insoluble y de características de roca-dura, y se efectúan generalmente previo a la disposición de vertederos. La conversión se logra mezclando el residuo con diferentes reactivos que producen un producto tipo cemento.

El Asbesto que forma una clase de las fibras naturales hidratadas de silicatos, y que aún es utilizado y que provoca enfermedades ocupacionales como asbestosis y cáncer al pulmón, se debe disponer con mucha precaución en bolsas selladas de polietileno o en bloques de cemento

Procesamientos de borras

Una gran cantidad de residuos industriales contienen importantes cantidades de agua. Por lo tanto la masa de residuo que requiere una disposición última puede reducirse sustancialmente eliminando agua en forma eficiente. A menudo esto se puede lograr en lagunas, lechos de secado, filtros al vacío o filtros prensa, centrifugas, etc. También se puede proceder previo a la extracción del agua a un proceso de espesamiento, que se logra en forma gravitacional o también a través de procesos biológicos o por medio del uso de productos químicos como cal.

3.4.3 Tratamientos químicos

Los métodos de tratamiento químicos se usan tanto para facilitar la completa transformación de los residuos peligrosos en gases no tóxicos, así como también para modificar las propiedades químicas del residuo (por ejemplo para reducir la solubilidad en agua o neutralizar acidez o alcalinidad).

Puede ser la neutralización de materiales ácidos o alcalinos, precipitación de sustancias disueltas, dechlorinación química e incineración. Merece especial atención la incineración, que es quizá la técnica más controversial en el tratamiento de los residuos. Consiste en alimentar los desechos sólidos municipales a cámaras de combustión, produciéndose a veces energía eléctrica como subproducto. Sin embargo existe oposición por parte de la comunidad por posibles daños a la salud y al medio ambiente. La incineración cambia la forma del desecho, reduce su volumen y peso, pero no destruye muchos compuestos peligrosos. De hecho, libera peligrosas sustancias que estaban en el material sólido y se generan dos nuevas formas de residuos: emisiones gaseosas y cenizas sólidas. Los gases, conteniendo pequeñas partículas de ceniza, salen por las chimeneas con o sin tratamiento. Los más importantes tóxicos generados son las dioxinas, los furanos y

metales tóxicos (plomo, cadmio, arsénico, mercurio, selenio y berilio). Otros metales identificados son níquel, aluminio, zinc, cobre y manganeso. Muchos de ellos causan cáncer y producen enfermedades al sistema nervioso, riñón, hígado, sangre y otros órganos. Las dioxinas y los furanos son potenciales causas de cáncer y otras enfermedades. Hay que saber que cuando una basura se quema, la forma física o química de los metales puede ser cambiada, haciéndose incluso más peligrosos. Por ejemplo, el mercurio es convertido a vapor, el que es más difícil de atrapar y es liberado al aire. Muchos metales se dividen en pequeñísimas partículas que no pueden ser filtradas, y que son inhaladas o tragadas incrementando su peligrosidad. Investigaciones recientes indican que el plomo y el cadmio, que se disuelven desde las cenizas por efecto de lluvias, logran niveles definidos como peligrosos, por lo tanto requieren de un tratamiento especial ya que serán depositados en rellenos. Otra crítica a la incineración es que reduce el incentivo de reciclar. Muchos ambientalistas creen que hay un lugar para la incineración en la variedad de procesos de tratamiento, pero sólo después de separar potenciales productos peligrosos y sólo si las emisiones gaseosas son controladas en forma apropiada y los residuos sólidos enterrados correctamente.

Tabla 3.2 Métodos de Tratamiento Químico

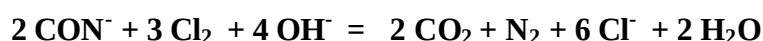
Proceso	Sistema	Efluente
Neutralización	Acido Sulfúrico Cenizas alcalinas Barros de caliza Gases de caldera	Acidos, cáusticos, aguas residuales
Precipitación	Caliza; NaOH ; sulfuros	Metales Pesados, compuestos solubles
Oxidación	Oxígeno , Cloro , Ozono , Peróxidos	Residuos orgánicos o inorgánicos que contienen agentes reductores fuertes (Ej.: Cianuros)
Reducción	Dióxido de Azufre Sulfitos	Residuos orgánicos o inorgánicos que contienen agentes oxidantes fuertes (Ej.: Cianuros)
Intercambio Iónico	Lecho fijo de resinas	Eliminación de productos específicos de aguas residuales(Ej. ácido crómico)
Fijación Química	Catalizadores , compuestos inorgánicos	Lodos

a) Oxidación química

Como ejemplo de oxidación química se puede mencionar el caso del **Cianuro** el cual es un residuo venenoso que se puede presentar en soluciones líquidas o en forma sólida. Debido a que los residuos con cianuro se pueden transformar fácilmente en productos no tóxicos, existe poca necesidad de verterlos en depósitos o vertederos. Los residuos acuosos de cianuros que se producen en tratamiento de metales, incluyendo borras, se pueden tratar por oxidación química con una solución alcalina con cloro o hipoclorito.



El cianato puede ser oxidado aún más con un exceso de cloro.



Las cantidades de residuos producidos por este proceso son variables, y el mayor factor controlante de la cantidad de residuo generado es la concentración de metales que precipitan a un pH de 8,5 del proceso.

Cuando existen residuos con cromatos, estos pueden ser utilizados como agentes oxidantes y también sirven para el propósito de reducir el cromo hexavalente a la forma menos tóxica de cromo trivalente.

b) Precipitación de metales pesados

Los efluentes del tratamiento de metales, a menudo contienen soluciones con distintos metales pesados tales como **cobre, níquel o zinc**. Estos pueden ser removidos con un exceso de una solución de cal o hidróxido de sodio para precipitarlos como compuestos insolubles en agua. Precipitantes alternativos para metales pesados incluyen sulfuro de sodio, tiourea y ditiocarbonatos todos los cuales producen precipitados insolubles de sulfuro.

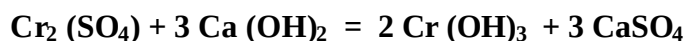
Usualmente la precipitación con sulfuros se usa como proceso final después de una precipitación inicial con cal o soda cáustica.

c) Reducción química

El **ácido crómico** es un material corrosivo y altamente tóxico usado profusamente en el tratamiento de superficies de metales y en el cromado de metales. Se puede reducir químicamente a un estado relativamente no tóxico de cromo(III). Diferentes productos químicos pueden servir como agentes reductores, incluyendo; dióxido de sulfuro (SO_2), sales de sulfito (SO_3^{-2}), sales de bisulfito (HSO_3^-) y sales ferrosas (Fe^{+2}). Un proceso típico es el siguiente:



Este proceso se conduce a un pH de 2,5 a 3,0. El cromo soluble (Cr^{+3}) es entonces removido por precipitación alcalina:



La reducción de Cr^{+6} seguida de una precipitación alcalina produce cantidades significantes de residuo. La estequiometría de la producción de $\text{Cr} (\text{OH})_3$ predice 2 kg. de borra por kg de Cr^{+6} tratados. El Cr^{+3} también puede ser tratado con NaOH en vez de cal para producir menos borra..

d) Neutralización

Las soluciones acuosas de ácidos minerales se producen en grandes cantidades a partir de industrias químicas. Muchas provienen del tratamiento de metales y contienen metales tales como **hierro, zinc, cobre, bario, níquel, cromo, cadmio, estaño y plomo**. Estos ácidos son extremadamente corrosivos pero pueden ser neutralizados, y usualmente se utiliza cal como el álcali menos costoso en operaciones a gran escala.

Las soluciones alcalinas también se producen en la industria química, pero su composición varía más que en el caso de los ácidos y esto hace su recuperación más difícil. Los residuos alcalinos también vienen de la refinación del petróleo, fabricación de pinturas y limpieza especiales. Aparte de sólidos como arcillas, catalizadores, hidróxidos metálicos, también pueden estar presentes fenolatos, naftenatos, sulfonatos, cianuros, metales pesados, grasas, aceites, resinas naturales y sintéticas, etc. De estos residuos actualmente solo se pueden recuperar los metales. Como soluciones ácidas se pueden usar ácido sulfúrico y ácido clorhídrico. El ácido sulfúrico forma precipitados más insolubles y genera más residuos que el ácido clorhídrico.

e) Separación de aceites y agua

Una gran cantidad de residuos de este tipo se descargan constantemente. Algunos residuos que contienen productos orgánicos, pueden ser eliminados por incineración después de separarlos del agua, otros contienen productos cancerígenos (aceites lubricantes) y pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Sin embargo el tratamiento de residuos de aceites y petróleos no es fácil, especialmente si se forman emulsiones las que necesitan bastante tratamiento para ser separadas (Ej: tratamiento de emulsiones con sulfato de aluminio, con una borra de cal para formar los flóculos que absorben el aceite que puede ser posteriormente quemado). En muchos casos es posible la recuperación de los aceites, como en el caso de emulsiones de grasas en la industria de alimentos, donde se liberan las grasas y se pueden quemar o reutilizar.

También es posible que algunos suelos descompongan materiales aceitosos en sustancias no dañinas, así como también el tratamiento biológico es un método adecuado siempre que no contenga metales pesados.

f) Recuperación de Solventes y Combustibles

Los solventes combustibles orgánicos son frecuentemente tóxicos y sus vapores cuando se mezclan con aire pueden ser explosivos. Este tipo de residuos es generalmente recuperable y si no es así, se usa la combustión como el mejor método de disposición.

Solventes orgánicos no-combustible incluyen las borras aceitosas, borras con grasas de agentes desengrasantes y removedores de pinturas del tipo hidrocarburos clorinados, los cuales son altamente tóxicos. Aunque sean incombustibles, se pueden incinerar a altas temperaturas usando petróleo diesel u otro combustible auxiliar con la precaución de usar absorbedores para remover el ácido clorhídrico formado.

Tabla 3.3 Métodos de Tratamiento Oxidativo

Oxidante	Efluente
Ozono	Varios
Aire (oxígeno)	Sulfitos (SO_3) Sulfuros S^{2-} Ion Ferroso
Gas Cloro	Sulfuros Mercaptanos
Gas Cloro (+ cáusticos)	Cianuros (CN^-)
Dióxido de Cloro	Cianatos, Pesticidas (Diquat, Paraquat)
Hipoclorito de Sodio	Cianuros , Plomo
Hipoclorito de Calcio	Cianuros
Permanganato de Potasio	Trazas de Plomo, Fenol , Pesticidas, Organosulfurados , Formaldehído , Manganeseo
Peróxido de Hidrógeno	Fenol, Cianuros, Compuestos de Azufre, Plomo

3.4.4 .Tratamiento biológico

Muchos residuos industriales son tratados por métodos biológicos similares a los usados para el tratamiento de efluentes. Los residuos peligrosos a menudo pueden usar este tipo de tratamiento a pesar de que las concentraciones de materiales tóxicos son letales a los microorganismos.

El co-tratamiento de residuos industriales y domésticos con la adición de nutrientes en sistemas biológicos es a menudo un sistema práctico y que ha sido probado en India como un método económico y efectivo comparándolo con los tratamientos químicos.

Consiste en la introducción de microorganismos que consumen, alteran y detoxifican los desechos. Esto es lo que se llama procesamiento secundario. Existe un gran número de tratamientos físicos, químicos y biológicos a los que se pueden someter los residuos tóxicos y peligrosos, cuya finalidad se dirige básicamente a la recuperación de recursos (materiales y energéticos) , la detoxificación, y la reducción de volumen previa a su disposición en tierra. La tabla siguiente entrega una lista de estos tratamientos.

3.4.5 Neutralización

La neutralización es un proceso que modifica una corriente de residuo, ácido o básico a un pH cercano a la neutralidad. La neutralización es necesaria en una variedad de situaciones.

- Precipitación de metales pesados disueltos.
- La prevención de corrosión de metales y/o daños de materiales de construcción.
- Tratamiento preliminar, permitiendo la operación efectiva de procesos de tratamiento biológico.
- Proveer de un pH neutro al agua para uso de reciclaje y reducir los efectos perjudiciales en el agua recibida.

La neutralización se usa también en la ruptura de emulsión aceitosas y en el control de velocidad de reacción química.

Simplemente, el proceso de neutralización es la interacción de un ácido con una base. La propiedad típica expuesta por un ácido en solución es el resultado de la concentración del ion hidrógeno, (H^+). Similarmente la propiedad alcalina (o básica) son el resultado de la concentración del ion hidroxilo, (OH^-). En soluciones acuosas la acidez y la alcalinidad, se define con respecto al pH, donde el $pH = -\log(H^+)$, y $pH = 14 - \log(OH^-)$ (a temperatura ambiente), respectivamente.

En el sentido estricto, la neutralización es el ajuste de pH a 7, el nivel en que la concentraciones de del ion hidroxilo y ion hidrógeno son iguales. Soluciones con excedente de concentración del ion hidroxilo ($pH > 7$) son llamadas básicas; soluciones con excesivo ion hidrógeno ($pH < 7$) son ácidas.

El ajuste de pH a 7 no es práctico o no es deseable en el tratamiento de residuo, el termino “neutralización” es usado algunas veces para describir el ajuste de pH a valores cercano a la neutralidad, usualmente en un rango de pH de 6 a 9. Una sistema típico de neutralización se muestra en la figura 1.

Tipos representativos y modificaciones

Hay muchos métodos aceptables de neutralización sobre acidez o sobre alcalinidad de agua de residuo, tal como:

- La mezcla de residuo ácido y alcalino dan efecto cercano a pH neutro.
- Pasar residuo ácido a través del lecho de piedra caliza.
- Mezcla de residuo ácido con caliza.
- Adición de soluciones alcalina concentrada (p.e., soda cáustica [$NaOH$](o ceniza de soda [Na_2CO_3]) de residuo ácidos.
- Soplado de gas de venteo de caldera a través de residuo alcalino.
- Adición de dióxido de carbono comprimido (CO_2) a residuo alcalino.
- Adición ácida (p.e., sulfúrico o clorhídrico) a residuo alcalino.

El método elegido depende de la característica del agua de residuo y su subsiguiente manejo o uso. Por ejemplo, la mezcla de diversas corrientes es insuficiente como un paso preliminar de un tratamiento biológico o descarga sanitaria de alcantarillado. En este caso, la adición química como complemento se requiere para obtener un pH apropiado.

Los químicos más usados son la cal (para levantar el pH) y el ácido sulfúrico (para bajar el pH). La piedra caliza es el reactivo más barato para residuo ácido y fácil de usar, pero ineficiente en la neutralización de residuo que contengan sulfato porque el sulfato de calcio puede precipitar, cubriendo la piedra caliza y inactivándola. La soda cáustica o ceniza de oda son las más caras para el uso pero puede cambiarse por la cal en el tratamiento de residuo que contiene sulfatos.

Si la corriente de residuo es deficiente en nitrógeno o fosfato, la adición de amoníaco o trisodio de fosfato, sirve como un doble propósito, de proveer de alcalinidad y deficiencia de nutrientes.

La mezcla de corriente de residuo puede ser realizada en un estanque colector, estanque de mezcla rápida (donde el tratamiento químico también puede ser agregado), o en un estanque de nivelación. Los químicos pueden ser agregados en el estanque de mezclado o directamente a un clarificador. El ajuste de pH final en la descarga puede hacerse en un estanque de neutralización pequeño o al final del proceso de tratamiento.

La neutralización es considerada como una tecnología demostrada y se usa ampliamente en el tratamiento de residuo industrial.

Aplicaciones

La neutralización es usado como un tratamiento primario o en la preparación para la descarga en las industrias siguientes:

- Fabricación de batería.
- Formación de aluminio.
- Minería del carbón.
- Fabricación de químicos inorgánico.
- Fabricación del Hierro y el Acero.
- Equipos Fotográficos.
- Fabricación de explosivos.
- Fabricación de jabón y detergente.
- Corrientes de planta de energía eléctrica.

Se usa también sobre una base limitada en la industrias siguientes:

- Autos.
- Procesamiento de gomas.
- Maderas y gomas químicos.
- Pinturas.

En la categoría de fabricación del acero en la industria del Acero y Hierro, el ácido es agregado al sistema de reciclo desde el horno de oxígeno básico (BOF) con sistema de control de polución de aire húmedo para neutralizar el pH de los tipos de residuo de agua alcalina. En esta etapa también es posible agregar cal para neutralizar aguas de residuo ácido en la operación del horno. Si el tratamiento principal (central) es practicado, la neutralización a veces es lograda por la mezcla de residuos ácidos con residuos alcalinos con otras fuentes que son compatible con el tratamiento.

En la industria química de goma y madera, la neutralización es requerido para ajustar el pH de una corriente de residuo antes del tratamiento biológico o otro tratamiento que pueda llevarse a cabo. El rango de pH del efluente está entre 3 a 9 y debe bajarse a menos de 3 para ruptura de emulsión aceitosas y, levantado a aproximadamente a un pH 9 para la precipitación de metales.

Ventajas y limitaciones

La neutralización es una tecnología con eficiencia comprobada. Las otras ventajas incluyen control automático del proceso y operación en condiciones ambientales (15 - 32 °C o 60-90 °F).

La mayor limitación de la neutralización es que está sujeto a la influencia de la temperatura y el efecto del calor resultante en la mayoría de las reacciones químicas. En la neutralización la reacción entre el ácido y el álcali normalmente es exotérmica (libera calor), que levanta la temperatura de la corriente del agua de residuo y puede crear una condición indeseable. Un valor promedio para el calor liberado durante la neutralización de soluciones fuerte de ácidos y bases es de 13.400 cal / mol de agua formada. Al controlar la velocidad de adición del reactivo neutralizante, el calor producido puede disiparse y disminuir el aumento de temperatura. Para cada reacción la temperatura final depende de la temperatura inicial del reactivo, la especie que participa en la reacción (y sus calores de solución y reacción), la concentración de los reactivos y la cantidad de reactivo en proporción estequiométrica. En la mayoría de los casos una planificación apropiada en la neutralización con respecto a la concentración de los agentes neutralizantes, velocidad de adición, tiempo de reacción y diseño del equipo puede aliviar el problema del calentamiento.

La neutralización usualmente muestra un incremento del contenido de sólido disuelto, debido a la adición de agentes químicos.

Los aniones que resulta de la neutralización de ácidos sulfúrico y clorhídrico, son sulfatos y cloros respectivamente, que no son considerados peligrosos pero los límites de descarga recomendado están basados en el problema del agua potable. Los cationes que están presente después de la neutralización que involucra la soda cáustica y la cal (o piedra caliza) son el sodio y calcio (posiblemente el magnesio), respectivamente que no son tóxicos y no tienen límite recomendado de descarga. Sin embargo, el calcio y el magnesio son responsable de la dureza del agua y problema de escamamiento.

La acidificación de corrientes que contienen sales, como sulfitos, producirán gases tóxicos. Si no hay alguna alternativa satisfactoria el gas de ser removido mediante el restregamiento (limpieza) o otro tratamiento.

Confiabilidad

La neutralización es altamente confiable con la verificación apropiada, con el control y un pre-tratamiento de las sustancia que intervienen en el control.

Requerimientos químicos

Los químicos usados en la neutralización son específicos en el tratamiento existente en el agua de residuo. Los químicos siguientes son los más usados:

- Cal [CaO o Ca(OH)_2]
- Piedra caliza (CaCO_3)
- Soda cáustica (NaOH)
- Dióxido de carbono (CO_2)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Ácido Clorhídrico (HCl)

Cuando el tratamiento es deficiente el agua de residuo, los siguientes químicos pueden usarse:

- Fosfato de amonio ($\text{Na}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)
- Fosfato trisodio (Na_3PO_4)

La selección de un químicos para la neutralización depende de muchos factores tales como precio, disponibilidad y compatibilidad con el proceso. El ácido sulfúrico es el ácido más usado en la neutralización de residuo alcalinos. Es menos costos que el ácido clorhídrico, pero tiende a formar precipitados con el calcio, conteniendo agua de residuo alcalino. Cuando el ácido clorhídrico es usado, los compuestos formados son solubles. Una consideración importante en el uso de reactivos alcalinos para la neutralización de agua de residuo ácido es el “factor de basicidad”, el cual es el número de gramos equivalente de oxido de calcio en la capacidad de neutralizar de un álcali específico. La soda cáustica tiene un alto factor de basicidad y una solubilidad alta, pero es cara. La cal hidratada es menos costosa, pero tiene baja basicidad y solubilidad y forma precipitados con agua de residuos ácidos que contienen ácidos sulfúrico, causando eliminación y problema de escamamiento. La piedra caliza y las cenizas de soda tienen una basicidad de baja a moderada y la ceniza de soda tienen una solubilidad más alta que la cal hidratada. La piedra caliza es la menos soluble de todos los materiales.

Generación de residuos

La neutralización puede ser acompañada por la reducción en la concentración de metales pesados si el tratamiento procede a un pH alcalino. Esto puede resultar en la

generación de residuos que pueden removerse en operaciones posteriores. Donde los productos sólidos se forman (como en la precipitación de sulfato de calcio o hidróxidos de metales pesados), es necesario disponer de clasificadores, espesadores y filtros; si el precipitado es de pureza suficiente, sería un producto rentable; de otra manera, debe idearse un plan de eliminación.

Criterios de diseño

Dependiendo de los volúmenes del agua de residuo se usa un tratamiento discontinuo o un tratamiento continuo. Un sistema continuo empleará sistemas automatizados de control para reducir fluctuaciones de pH y aumentar la eficiencia de reacción. Un sistema de control mide el pH de la solución y controla la adición del agente neutralizante para mantener los efluentes dentro de los límites aceptables de pH. La operación del sistema de control son basados en factores como el flujo, fortaleza de la base o ácido y el método de agregar el agente neutralizante.

El sistema de neutralización puede diseñarse como una o varias etapas. Por regla general, puede usarse una etapa si el pH del agua de residuo cruda está entre 4 y 10. Dos etapas se requieren frecuentemente si el pH está cercano a 2 o sobre 10. Más de dos etapas se utiliza si el pH está bajo 2 o sobre 12.

El tamaño del estanque de neutralización depende del volumen o flujo del agua de residuo, tiempo de reacción, la solubilidad del reactivo y los precipitados insolubles formados en la reacción.

3.4.6 Tratamientos de residuos aceitosos

Las técnicas comúnmente usadas para remover aceites incluyen coalescencia, destrucción de la emulsión, flotación, centrifugación y remoción por contratistas. La remoción del aceite también puede resultar en una remoción adicional de tóxicos orgánicos.

Posteriormente se entrega información acerca del proceso de oxidación química profundizándose en la oxidación con cloro, ozono, peróxido de hidrógeno, etc. y especificándose los equipos y valores relacionados con la oxidación de cianuros, fenoles y otros.

Aplicaciones y limitaciones

Los residuos aceitosos incluyen líquidos refrigerantes, lubricantes, y desechos de las operaciones de limpieza de muchos equipos, desechos de procesos de pintado y lubricantes de maquinaria. Los residuos aceitosos son, generalmente, de tres tipos: aceites libres, emulsificados o grasas y aceites solubles en agua. La separación del aceite es un proceso ampliamente usado en las siguientes industrias: manufactura de hierro y acero, lavado de autos y otros, acabados metálicos, estructuras de aluminio, manufactura de baterías, químicos de goma y madera, procesamiento de aceite de palma y goma, recubrimiento de alambres y manufactura de jabones y detergentes.

Los residuos aceitosos segregados que se originan en las áreas de manufactura son recolectados en tanques de almacenamiento, estos residuos pueden tener concentraciones de grasas y aceites de hasta 400000 mg/l. Los desechos aceitosos combinados son aquellos generados del lavado de áreas aceitosas, derrames y fugas. Estos generalmente tienen concentraciones de grasas y aceites menores en varios ordenes de magnitud que los residuos aceitosos. Es más, los residuos aceitosos combinados, requieren tratamientos para la remoción de grasas más grandes y más costosos que aquellos sistemas de tratamiento para aguas residuales segregadas porque la combinación de las líneas residuales tienen flujos significativamente mayores.

El tratamiento de residuos aceitosos segregados consiste en su separación del agua asociada. Esta separación puede requerir varias etapas diferentes dependiendo de las características de las aguas aceitosas. Si los aceites son todos del tipo libres o flotantes, medios físicos tales como la decantación o el uso de un separador de aceites por gravedad debería ser usado para remover los aceites. Si los residuos aceitosos son emulsionados, técnicas tales como romper la emulsión o flotación con aire disuelto con la adición de químicos son necesarias para lograr la separación de las grasas. Una vez que la emulsión agua-aceite se rompe, el residuo aceitoso se separa físicamente del agua por decantación o por desnatado (skimming en inglés). Luego que la separación aceite-agua se ha logrado, el agua puede ser llevada a una unidad de precipitación o sedimentación para remover los sólidos suspendidos u otro tipo de tratamiento.

Consideraciones de diseño - rompimiento de la emulsión

El tratamiento de un agua aceitosa normalmente consiste en romper la emulsión y luego se separa el aceite por desnatado, como se muestra en la siguiente figura:

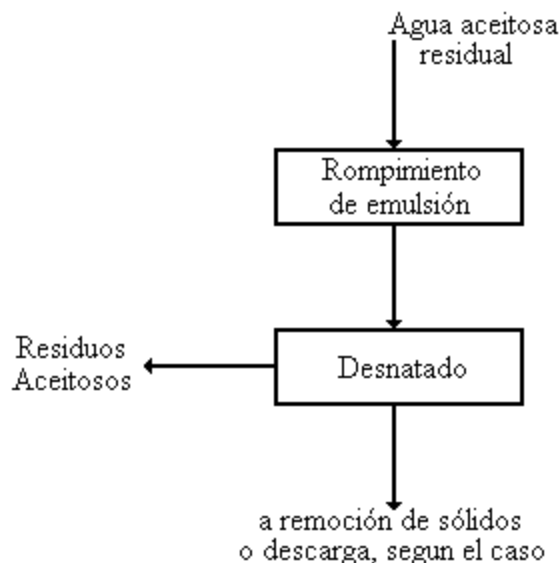


Figura 3.5 Tratamiento de residuos aceitosos segregados

El rompimiento de la emulsión se efectúa por adición de químicos (tales como alumbre o polímeros) para lograr la coagulación y floculación de los aceites. Estos aceites que flotan se remueven vía desnatado. Alternativas para esto último incluyen ultrafiltración, flotación con aire disuelto, separadores gravitacionales por coalición, rompimiento térmico de la emulsión y el uso de la centrifugación. La preocupación acerca del precio del aceite ha hecho que algunas industrias manufactureras tiendan hacia técnicas de tratamiento tales como ultrafiltración, osmosis reversa, o centrifugación para recuperar los aceites y reutilizarlos directamente.

El rompimiento de la emulsión es un proceso por el cual los aceites emulsionados son removidos de las mezclas aceite-agua. Los aceites emulsionados son comúnmente utilizados como refrigerantes, lubricantes, y antioxidantes para muchas operaciones. Métodos para el rompimiento de la emulsión incluyen una variedad de procesos químicos, procesos térmicos, y combinaciones de los dos procesos.

El rompimiento químico de la emulsión se puede lograr por un proceso batch o por un proceso continuo.

Un sistema típico (con desnatado incorporado) es el ilustrado en la siguiente figura:

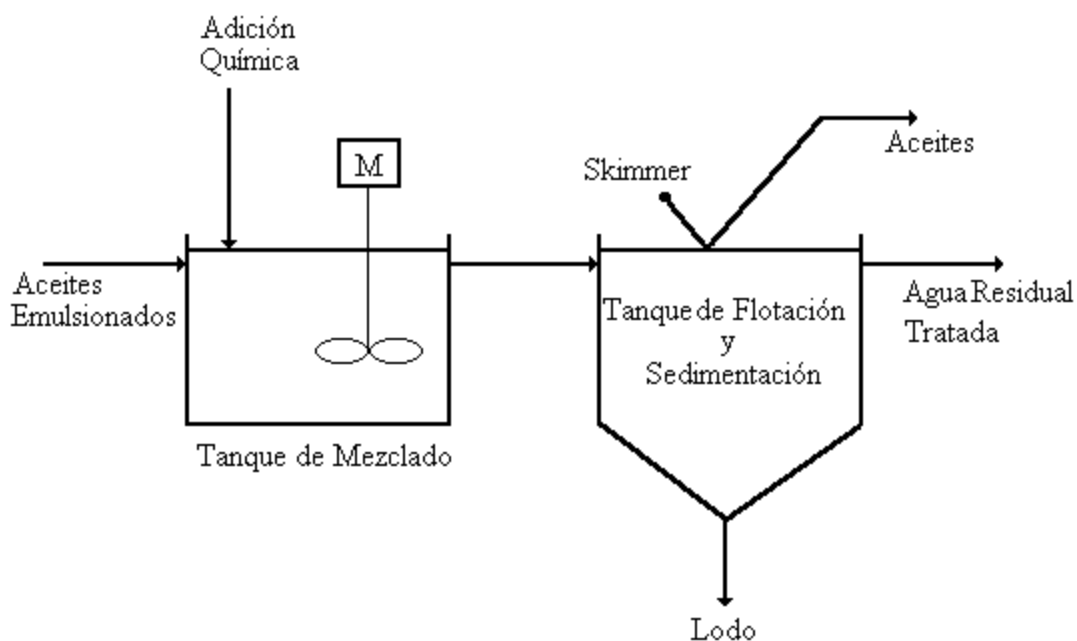


Figura 3.6 Sistema típico de rompimiento de la emulsión/desnatado

La mezcla de aceites emulsionados y agua es tratada inicialmente por la adición de químicos al residuo líquido. Se provee de un sistema de agitación (ya sea mecánico o por aumento de la turbulencia de la corriente residual) para asegurar que el químico añadido y

el aceite emulsionado sean adecuadamente mezclados para poder así romper el vínculo entre el agua y el aceite.

Finalmente el residuo aceitoso que resulta sube a la superficie y es separado del agua residual remanente por un sistema de desnatado o de decantación. El proceso de desnatado puede ser hecho por cualquiera de los muchos tipos de desnatadores mecánicos que se usan en este momento. Los métodos de decantación incluyen la remoción de la superficie aceitosa por una técnica como el rebalse controlado o por remoción del agua demulsificada por el fondo del estanque. La decantación puede ser llevada a cabo por una serie de líneas tap-off en varios niveles, lo que permite que los aceites puedan ser retirados por el tope o el agua residual por el fondo hasta que el aceite aparezca en la interfase de los dos líquidos. Con cualquiera de estos arreglos, el aceite es normalmente llevado a tanques de almacenamiento para procesamiento o para transporte por algún contratista licenciado.

El rompimiento de la emulsión química se puede lograr con una gran variedad de químicos que incluyen ácidos, sales, o polímeros. Algunas veces estos químicos son usados en forma separada, pero se requiere una combinación de ellos para romper las variadas emulsiones que son comunes en el agua residual. Los ácidos son usados para bajar el pH a 3 o 4 y así pueden partir el enlace iónico entre el aceite y el agua, pero pueden ser muy caros de utilizar, este método es apropiado si existe otra corriente residual ácida que se pueda usar para bajar el pH. Los ácidos son más comúnmente usados en sistemas de recuperación de aceites que en sistemas de remoción de aceites. Las sales de fierro o aluminio como sulfato ferroso, cloruro férrico, o sulfato de aluminio son comúnmente usadas porque son menos costosas.

Estas sales se combinan con el agua residual para formar ácidos que en consecuencia bajan el pH de la corriente y rompen el enlace agua-aceite. Las sales tienen el beneficio adicional que ayudan en la aglomeración de las gotas de aceite. Sin embargo, el uso de estas sales produce más lodos debido a la adición de fierro y aluminio. Los polímeros, como las poliaminas o los poliacrilatos y sus copolímeros, han demostrado ser efectivos rompedores de emulsiones y generan menos lodos que las sales metálicas.

Después de la adición química, la mezcla se agita para asegurar un buen contacto entre los aceites emulsionados y el agente demulsificante. Con la adición de la cantidad apropiada de químicos y una buena agitación, emulsiones de un 5 a 10% en aceite pueden ser reducidas a una emulsión del 0.01% de aceite. La tercera etapa del proceso de rompimiento de la emulsión es la de permitir un tiempo suficiente para la separación de la mezcla aceite-agua. La diferencia de gravedades específicas permiten que el aceite ascienda a la superficie en aproximadamente dos horas. Se puede incorporar calor para disminuir el tiempo de separación. Luego de la separación, el procedimiento normal incluye un desnatado o una decantación del aceite del estanque.

Tecnología, selección y evaluación

La tecnología de rompimiento de la emulsión puede ser aplicada al tratamiento de mezclas emulsionadas de aceite y agua de industrias de acabado de metales o donde sea necesario separar aceites, grasas, jabones, etc. de aguas residuales. Ciertas emulsiones

refrigerantes de maquinaria no pueden ser química o térmicamente rotas y deben ser tratadas con ultrafiltración.

La mayor ventaja del rompimiento de emulsiones con químicos es la alta eficiencia del proceso de remoción de aceites. Para una aplicación apropiada y económica de este proceso, las aguas aceitosas deben ser corrientes segregadas de otras aguas residuales, esto se puede hacer ya sea por almacenamiento en acumuladores previos al sistema de tratamiento o por alimentación directa al sistema de remoción de aceites residuales. Si una cantidad significativa de aceites libres está presente, es económicamente ventajoso anteponer al rompimiento de la emulsión un separador gravitacional. Los costos de químicos y energía pueden ser altos, especialmente si se utiliza calor para acelerar el proceso.

El rompimiento químico de la emulsión puede ser altamente confiable si se hace un análisis adecuado previo a la selección de los químicos, y un entrenamiento apropiado del operador para asegurar que los procedimientos establecidos se están siguiendo. Para el rompimiento químico de la emulsión se requieren mantenciones rutinarias de las bombas, motores y válvulas así como también una limpieza periódica del tanque de tratamiento para remover cualquier sedimento que se pueda estar acumulando. El uso de ácido o condiciones ácidas requerirá de un tanque recubierto, y este recubrimiento debe ser revisado periódicamente. El proceso de rompimiento de la emulsión genera lodos, los cuales requieren de una disposición apropiada.

Desempeño

El funcionamiento logrado por un proceso de rompimiento de la emulsión depende de la adición de la cantidad apropiada de agente demulsificador, una buena agitación para un mezclado adecuado, un tiempo de retención suficiente para completar el rompimiento de la emulsión. Como existen varios tipos de aceites emulsionados, se debe conducir un estudio detallado para determinar las técnicas de tratamiento más efectivas y los químicos para una aplicación en particular.

Consideraciones de diseño - desnatado

El desnatado es usado para remover los desechos que flotan y normalmente se lleva a cabo en un estanque que permita que el residuo (con una gravedad específica menor que la del agua) suba y permanezca en la superficie. Los equipos de desnatado son entonces apropiados para la remoción de los residuos aceitosos de residuos líquidos crudos después de cualquier demulsificación que sea necesaria. Mecanismos comunes de desnatado incluyen al tipo tambor rotatorio, que recoge el aceite flotante mientras rota. Un borde afilado raspa el aceite del tambor y lo acumula para disposición o rehuso. A la porción cuosa se le permite que fluya bajo el tambor rotatorio. Ocasionalmente se instala una pantalla luego del tambor rotatorio, esto tiene la ventaja de retener cualquier aceite flotante que se escape al tambor desnatador. El desnatador de correa vertical es empujado verticalmente a través del agua, recogiendo aceite desde la superficie el cual es nuevamente raspado y recolectado en un acumulador. Los sistemas de diseño y control son importantes,

en desnatadores de tambor rotatorio y de correa, para asegurar un flujo uniforme a través del sistema y evitar que el aceite bypass el mecanismo de desnatado.

Los separadores gravitacionales, como el tipo del Instituto Americano de Petróleo (API), utiliza pantallas sobre y bajo el flujo para desnatar la superficie del agua residual. Una pantalla sobre y bajo el flujo permite que una pequeña cantidad de agua se pierda en la porción aceitosa la cual va hacia un acumulador para su disposición o rehuso, mientras que la mayoría del agua residual fluye bajo la pantalla. Esto es seguido por una pantalla de sobreflujo, que es colocada a una altura relativa a la primera pantalla tal que solo la porción aceitosa pase sobre el primer baffle durante la operación normal de la planta. Un sistema de entrada por difusión, como un baffle de corte vertical, ayuda en la creación de un flujo uniforme a través del sistema y aumenta la eficiencia de remoción del aceite.

La tendencia moderna es mantener el diseño del separador pequeño y simple para reducir costos. Las configuraciones típicas de diseño incluyen: decantadores cilíndricos horizontales, decantadores cilíndricos verticales, decantadores con fondo cónico además del tipo API clásico. Las pantallas ayudan a proveer de mayor área superficial, lo que promueve la coalescencia de las gotas de aceite. El diseño de fondo cónico es particularmente útil si sólidos pesados van a estar sedimentando mientras la separación del aceite se lleva a cabo.

Criterios de diseño

En el diseño de un separador como el API, que es el separador de aceites gravitacional más común; es de mucha ayuda tener datos sobre la influencia del a variación de temperatura, la gravedad específica del agua en el separador, la gravedad específica del aceite en el separador y el flujo de entrada al separador. El diseño básico es una piscina rectangular larga que provee de un tiempo de residencia suficiente para que la mayoría del aceite flote a la superficie y sea removido. Se ha encontrado que son necesarios dos o más canales paralelos para llegar a las siguientes limitaciones prácticas:

- a) Los canales de un separador equipados con raspadores aéreos normalmente están limitados a un ancho de 6.1 m.
- b) El efecto perturbador en la operación de raspadores aéreos en aguas poco profundas lleva a la recomendación que la profundidad mínima del agua debe ser 0.9 m.
- c) Se recomienda que se provea un mínimo de dos canales paralelos para que uno esté disponible para usar mientras el otro sea sacado fuera de servicio para limpieza o reparación.

Otros criterios de diseño son:

- a) La velocidad horizontal sea de 15 mm/s máximo.
- b) La profundidad este entre 0.9 y 2 m.
- c) La razón de profundidad a ancho este entre 0.3 y 0.5 m.
- d) El ancho esté entre 2 y 6.1 m.

A continuación se entrega una tabla con las áreas superficiales mínimas para separadores rectangulares API.

Tabla 3.4. Áreas superficiales mínimas para separadores rectangulares (Agua fresca)

Temperatura del efluente	50 °F			70 °F			105 °F		
Gravedad específica del aceite (grados API)	19.70	26.00	31.00	19.70	26.00	31.00	19.70	26.00	31.00
Gravedad específica	0.94	0.90	0.87	0.94	0.90	0.87	0.94	0.90	0.87
Velocidad de ascenso de gota de aceite v_t (fmp)	0.11	0.18	0.23	0.16	0.25	0.32	0.28	0.41	0.50
Velocidad de flujo Horizontal, v_H (fmp)	1.70	2.70	3.00	2.40	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
v_H/v_t (fmp)	15.00	15.00	13.00	15.00	11.80	9.40	10.50	7.40	6.00
Factor de Turbulencia, F	1.64	1.64	1.59	1.64	1.56	1.50	1.52	1.44	1.38
Razón de sobreflujo (gpm/ft ² /área)	0.50	0.80	1.07	0.73	1.21	1.60	1.39	2.15	2.75
(gpd/ft ² /área)	724	1154	1540	1056	1744	2314	2000	3100	3960
Área/1000 gpm (ft ²)	1985	1246	934	1362	824	624	720	465	346

Notas: 1 gal/d/ft² = $4.715 \cdot 10^{-7}$ m/s
 1 fmp = 5.1 mm/s
 $^{\circ}\text{C} = 1.8 \cdot (^{\circ}\text{F} - 32)$

Selección técnica y evaluación

El desnatado de aceite es utilizado en industrias como las de acabado de metales para remover aceites de aguas residuales de muchos procesos diferentes. El desnatado es aplicable a cualquier corriente residual que contenga contaminantes que floten hacia la superficie. Es usado en conjunto con sistemas de rompimiento de emulsiones, flotación con aire disuelto, clarificadores, y otros equipos de Sedimentación.

Los separadores API u otro tipo de separadores gravitacionales son más apropiados cuando la cantidad de aceite superficial que fluye a través del sistema es significativa en conjunto con los aceites libres. Desnatadores tipo tambor, correa o rotatorios son aplicables cuando las corrientes residuales traen pequeñas cantidades de residuos aceitosos flotantes. El uso de un separador gravitacional antes del sistema de rompimiento de emulsiones es un método muy efectivo para remover aceites libres de corrientes de aguas residuales aceitosas.

El desnatado como un pretratamiento es efectivo para la remoción de sustancias que flotan naturalmente, como los aceites libres, y mejora la eficiencia de los tratamientos aguas abajo. Muchos contaminantes, particularmente aceite emulsionado disperso, no flotarían naturalmente pero requieren de tratamientos adicionales. Por ello el desnatado solo no removerá todos los contaminantes que son removibles por tecnologías más sofisticadas.

Por su simplicidad, el desnatado es una técnica bastante confiable, pero un sistema mecánico de desnatado requiere de lubricación periódica, ajustes, y reemplazo de partes

desgastadas. La capa de residuo recolectado debe ser dispuesta en una forma apropiada. Debido a que grandes cantidades de agua están presentes en los residuos recolectados, una combustión directa o incineración no son siempre posibles.

Desempeño

El desempeño alcanzable por el desnatado depende de la operación mecánica apropiada del desnatador y de la razón de separación de la mezcla aceite-agua que es afectada por factores como el tamaño y gravedad específica de las gotas de aceite. En la siguiente tabla se muestran ejemplos de desempeño de desnatadores de grasa y aceites.

Tabla 3.5. Datos de desempeño del desnatado para aceite y grasa (mg/l)

Identificación de la planta	Entrada de aceite y grasa (mg/l)	Salida de aceite y grasa (mg/l)	Tipo de Desnatador
6058-14-0	395538	13.3	API
6058-15-5	583800	16	API
6058-14-0	19.4	8.3	Correa
11477	61	14	Correa

3.4.7 Extracción por solventes

La extracción por solventes, también conocida como extracción líquido-líquido, es la separación de los constituyentes de una solución líquida, por el contacto con otro líquido inmiscible con el cual las impurezas tienen una alta afinidad. La separación se puede basar tanto en diferencias físicas que afecten la solubilidad diferencial entre los solventes, o en reacción química definida.

El proceso de extracción por solvente se muestra en forma esquemática en la figura 4. El diagrama muestra una unidad de extracción por solvente simple operando en una corriente acuosa; en la práctica, esta unidad puede consistir de:

1. Una única etapa de mezclado y luego una de separación,
2. Varios mezcladores-separadores en serie
3. Un aparato extractor (por ejemplo: una columna o una centrifuga diferencial)

Tal como indica el diagrama de flujo, el re-uso del solvente extractor a continuación de la remoción de sólido y la recuperación de la porción del solvente extractante que se disuelve en la fase extraída, son aspectos necesarios del proceso de extracción por solvente. El re-uso del solvente es necesario por razones económicas, puesto que el costo del solvente es generalmente muy alto como para considerar su eliminación después de usado. Solo en contados casos se puede eliminar el re-uso del solvente. Estos casos se elevan donde una corriente de alimentación de una industria química puede ser usada como solvente y entonces enviada para el procesamiento normal, o cuando el agua es el solvente. La recuperación de solvente desde un extractor de agua puede ser eliminada en casos donde

la concentración en el agua a ser descargada no es dañina, y donde la pérdida de solvente no representa un alto costo.

El resultado final de la extracción por solvente es separar la solución original en dos corrientes una corriente tratada (el refinado), y una corriente de soluto recuperado (la cual puede contener pequeñas cantidades de agua y solvente). La extracción por solvente puede también ser considerada para un proceso de recuperación, puesto que los solventes químicos son generalmente recuperados para re-uso, reventa, o posterior tratamiento y eliminación. Un proceso para extraer un soluto de una solución incluirá típicamente tres pasos básicos.

1. La extracción en si
2. La recuperación del solvente desde el refinado (corriente tratada), y
3. La remoción del soluto desde el solvente extractor.

El proceso puede ser operado en forma continua.

El primer paso, extracción, pone dos fases líquidas (alimentación y solvente) en un íntimo contacto para permitir la transferencia del soluto de la alimentación al solvente. Este proceso puede ser operado en forma continua. Una unidad de extracción puede ser un aparato mezclador-separador en el cual alimentación y solvente son mezclados por agitación, permitiéndole asentarse y separarse en dos corrientes líquidas, o puede ser una columna en la cual los dos líquidos son puestos en contacto por un flujo contracorriente causado por la diferencia de densidad. El proceso produce dos corrientes, la corriente limpia o refinado, y el extracto o corriente cargada de soluto. Ambas corrientes van a contener solvente extractor y pueden requerir un procesamiento posterior para remover y/o recuperar el solvente y el soluto. La corriente tratada o refinado, puede requerir un proceso de remoción de solvente, si la pérdida de este incrementa significativamente los costos del proceso, o causa algún problema en la descarga del refinado. La extracción del solvente puede ser acompañada por stripping, destilación o adsorción. El extracto o corriente cargada de soluto puede ser procesado para recuperar el solvente y remover el soluto. La remoción del soluto y recuperación del solvente puede ser vía una segunda etapa de extracción, destilación o cualquier otro proceso. Por ejemplo, una segunda extracción con soda cáustica, es usada a veces para extraer el fenol desde aceites livianos, el cual es usado como el solvente primario en la defenolización de las aguas de desecho de una planta de coke (USEPA 1982a). La destilación será usualmente más común, excepto donde se presenten problemas de azeótropos. En ciertos casos puede ser posible el usar el solvente cargado con soluto como la corriente de alimentación a un proceso industrial. Eliminando así la recuperación del soluto. Este es aparentemente el caso en algunas refinerías de petróleo donde crudo o aceites livianos pueden usarse como solvente (para remoción de fenol desde el agua) y luego procesar con el soluto en el. Esta aplicación es particularmente atractiva puesto que elimina un paso costoso.

La extracción por solvente debería observarse como un proceso para tratar concentrado, seleccionar, y segregar corriente de aguas de desecho donde la recuperación de material es posible para contrarrestar los costos del proceso. La extracción por solvente,

cuando efectuada sobre los más concentrados flujos de desecho, producirá raramente un efluente tratado (el refinado) que pueda despedirse directamente para aguas superficiales; comúnmente se necesitará alguna forma de pulido final. La extracción solvente no puede competir económicamente con la oxidación biológica o con la adsorción en el tratamiento de cantidades grandes de desechos muy diluidos, y tendrá problemas compitiendo con el stripping con vapor en la recuperación de solutos volátiles presentes en moderadas a bajas concentraciones.

La extracción por solvente es un método probado para la recuperación de orgánicos desde soluciones líquidas y puede ser el proceso de la elección en algunos casos.

Modificaciones y tipos representativos

Hay dos categorías importantes de equipo para la extracción líquida: etapa simple y multi-etapa. En el equipo de etapa simple, los fluidos se mezclan, la extracción ocurre, y los líquidos insolubles se radican y separan. Una cascada de tales etapas puede entonces ser arreglada. Una unidad de etapa simple debe proveer facilidades para mezclar los líquidos insolubles y para radicar y decantar la emulsión o dispersión resultante. En la operación batch, mezclando junto con radicar y decantar puede tener lugar en las mismas o en acumuladores separados. En la operación continua, se requieren acumuladores diferentes. En equipo de multi - etapa, el equivalente de muchas etapas puede incorporarse en un aparato o dispositivo único. el flujo contracorriente es producido en virtud de la diferencia en densidades de los líquidos, y con pocas excepciones, el equipo toma la forma de una torre vertical que puede o no contener dispositivos internos para influir en el modelo de flujo. Las otras formas incluyen centrifuga, discos rotatorios, y baldes rotatorios. Dependiendo de la naturaleza de la estructura interna, el equipo puede ser del tipo stagewise o contacto - continuo.

Los solventes usualmente usados incluyen petróleo crudo, petróleo liviano, bencina, y tolueno. Solventes menos comunes pero más selectivos incluyen al cloroformo, etilacetato, isopropil éter, tricresil fosfato, isobutilcetona, cloruro de metileno, y butil acetato. Cuando se usa el petróleo crudo o el petróleo liviano, el fenol es destruido en operaciones aguas abajo. Alternativamente, la extracción con el petróleo liviano puede ser seguida por recuperación de fenol por medio de la extracción del petróleo con soda cáustica. En este caso, el fenol se recuperar como fenolato de sodio

Aplicaciones

La extracción por solvente se aplica actualmente en dos áreas principales: (1) la recuperación de fenol desde desechos acuosos, y (2) la recuperación de solventes de hidrocarburos halogenados desde soluciones orgánicas que contienen otros componentes solubles en agua. La extracción por solvente actualmente esta siendo usada en las siguientes industrias, la principal aplicación es la extracción de materiales fenólicos desde aguas de desecho.

- Manufactura de acero o hierro.

- Manufactura de Químicos Orgánicos, y
- Refinando de Petróleo

La subcategoría fabricación de coke de la industria de Acero e Hierro utiliza extracción por solvente para defenolizar una corriente de desecho. En el proceso, el aceite liviano de benceno, u otro solvente conveniente, extrae el compuesto fenólico desde el agua de desecho. El solvente fenolizado es entonces separado y extraído con soda cáustica. El fenolato de sodio es separado afuera, y el solvente desfenolizado es reutilizado en el sistema de recuperación (USEPA 1982a).

Otras aplicaciones de extracción por solvente son descritas brevemente a continuación (USEPA 1982a).

- Extracción de químicos basados en thiazol desde efluente del procesamiento de la goma con benceno.
- Extracción de ácido salicílico y otros ácidos hidroxí-aromáticos desde aguas de desecho usando metal isobutil cetona como solvente.
- El des-aceitamiento de aguas de extinción desde las operaciones de petróleo por medio de la extracción solvente han sido desarrolladas por la Corporación de Petróleo del Golfo. El agua para extinción contiene sobre 6,000 mg / l de petróleo emulsionado y disuelto se extrae con un solvente liviano de aceite aromático, y el extracto se recicla para el procesamiento en la refinería. El tratamiento adicional de el agua es necesario para re-uso de esta. No se sabe si este proceso está en uso actualmente.
- La recuperación de ácido acético desde aguas de desecho industriales se propone para manejar aquellos que puedan contener niveles de ácido acético de 0.5% a sobre el 5. El extractante es una solución de óxido trioctilophosphine en un solvente transportador. Este proceso esta actualmente en la etapa de desarrollo, pero se ha demostrado que es práctico.
- Recuperación de solvente por medio de la extracción por solvente se efectúa en por lo menos una instalación de manejo de desechos peligrosos en Lowell, Massachusetts.

Ventajas y limitaciones

La principal ventaja de la extracción por solvente es su uso como un recicló técnico. Los solventes valiosos pueden recuperarse para ser reutilizados en corriente de proceso de una industria. Hay relativamente pocos problemas técnicos insuperables con la extracción solvente. El problema más difícil es comúnmente el hallazgo de un solvente que mejor reúna una lista larga de cualidades deseadas incluyendo el bajo costo, eficiencia de extracción alta, baja solubilidad en el refinado, fácil separación desde el soluto, diferencia de densidad adecuada con el refinado, sin tendencia para la formación de emulsiones, no-reactivo, y no-peligroso. Ningún solvente reunirá todos los criterios deseados y, así, es necesario un compromiso. Hay una amplia gama de equipos de extracción disponibles hoy, y los requerimientos de espacio no son un problema.

El costo de proceso es siempre un factor determinante en extracción por solvente, y ha así limitado lejos la aplicación real a situaciones donde un producto valioso se recupera en la cantidad suficiente para contrarrestar los costos de extracción. Estos costos serán

relativamente pequeños cuando puede usarse una unidad de extracción de etapa simple (p. ej., mezclador simple - separador) y donde la recuperación de solvente y soluto puede efectuarse eficientemente. En ciertos casos, el proceso puede rendir una ganancia cuando se toma el crédito por el material recuperado. Cualquier extracción requiriendo más que el equivalente a diez etapas teóricas puede requerir diseño específico equipo y será bastante caro.

Aun cuando las operaciones de recuperación de solventes son utilizadas, el agua de desecho que permanece después de que el resto de los solventes se ha separado contendrá todavía pequeñas cantidades de estos materiales. Una única tecnología de tratamiento ha demostrada ser efectivo en la remoción completa de solventes: el stripping con vapor. Además, los sistemas de extracción por solventes raramente producen un refinado que sea conveniente para la descarga directa a las aguas superficiales y así, un se requiere generalmente tratamiento pulidor (p. ej., tratamiento biológico).

Los químicos requeridos

Los solventes químicos que se usan incluyen el benceno (benzol), tolueno, cloroformo, etilacetato, isopropil éter, tricresil fosfato, metal isobutil cetona, cloruro de metileno, y butil acetato.

Los residuos generados

La extracción solvente no genera desechos sólidos. Cuando mezclas de líquidos orgánicos se tratan principalmente para la recuperación de simplemente un componente, (p. ej., el más valuable hidrocarburo halogenado), los costos pueden hacer la purificación de los otros componentes (requeridos para la reventa o re-uso) poco práctica, resultando en un desecho para la eliminación.

Criterios de diseño

El diseño es específico al soluto a ser recuperado y las características de la corriente de desecho. Los parámetros importantes de diseño son:

1. Elección del solvente,
2. Coeficiente de distribución, y
3. Valor del flujo de agua de desecho.

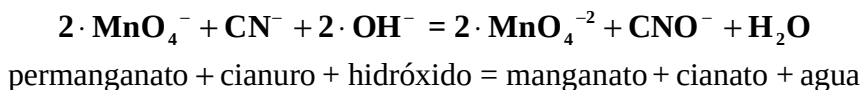
Desempeño

La extracción por solventes reduce la concentración de fenol desde niveles de varios por cientos a niveles de pocas partes por millón. La eficiencia de remoción de 90 a 98% es posible en la mayoría de las aplicaciones, y con equipos especiales ha sido posible alcanzar eficiencias de alrededor del 99%, la tabla que se incluye en el anexo entrega información del desempeño en las siguientes industrias:

- Refinería de Petróleo, y
- Manufactura de Químicos Orgánicos.

3.4.8 Sistemas de tratamiento por oxidación química

Oxidación es el proceso de reacción química en el cual uno o más electrones son transferidos desde el compuesto que está siendo oxidado hasta el compuesto que produce la transferencia, conocido como agente oxidante. En una típica reacción química, como puede ser la que se muestra a continuación,



tenemos que el estado de oxidación del ion cianuro aumenta de -1 a +1 al combinarse con un átomo de oxígeno para formar cianato. Por otro lado el estado de oxidación del permanganato disminuye de +7 a +6, o sea, el permanganato se reduce a manganato. Este cambio en el estado de oxidación implica que un electrón fue traspasado del ion cianuro al ion permanganato.

El aumento en la valencia positiva o disminución en la valencia negativa con la oxidación ocurre simultáneamente con la reducción en los radios químicos equivalentes. Algunas reacciones de oxidación proceden incluso hasta la generación de dióxido de carbono (CO_2). En otros casos, la oxidación no se lleva tan lejos debido a factores como la dosis de oxidante, el pH del medio de reacción, el potencial oxidativo del oxidante o la formación de productos intermedios estables.

La principal función llevada a cabo por la oxidación en el tratamiento de residuos peligrosos es la detoxificación o reducción de las características tóxicas de los compuestos presentes en el residuo. Por ejemplo, oxidantes son usados para convertir cianuro a, un menos tóxico, cianato o directamente a dióxido de carbono y nitrógeno. Una segunda función es la de asegurar la completa precipitación, como en el caso de la oxidación de Fe^{2+} a Fe^{3+} y en reacciones similares, donde el material oxidado tiene una menor solubilidad que bajo condiciones de precipitación por reacción.

Tipos de oxidación representativos y sus modificaciones

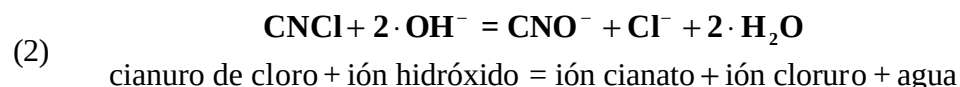
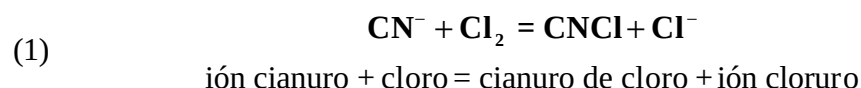
Existen muchos agentes oxidantes, pero su aplicación en el tratamiento de aguas residuales requiere una determinación específica de su efectividad de remoción de los contaminantes o sustancias tóxicas involucradas, como también una determinación de la inocuidad de los productos o subproductos de reacción. Los agentes más utilizados en el tratamiento de las aguas y sus respectivos procesos de oxidación son descritos a continuación.

a) Oxidación por Cloro

El cloro elemental o en su forma de hipoclorito es un agente oxidante poderoso en solución acuosa siendo usado en los sistemas industriales de tratamiento de agua principalmente para oxidar el **cianuro**. El cloro y los hipocloritos también pueden ser usados para oxidar compuestos químicos basados o que contengan **fenol**, pero en este caso,

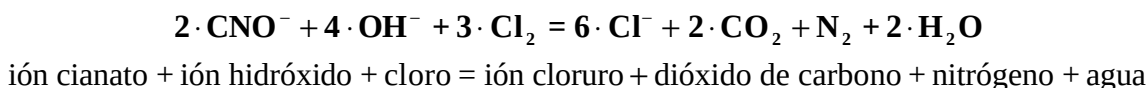
su uso es limitado debido a la formación de clorofenoles si el proceso de oxidación no es controlado correctamente, debido a que estos compuestos clorados son muy tóxicos.

El proceso alcalino de cloración de cianuro usa cloro y compuestos básicos (soda cáustica) para oxidar el cianuro a cianato y posteriormente a dióxido de carbono y nitrógeno. La reacción de oxidación entre el cloro y el cianuro se cree que ocurre en dos etapas como se muestra a continuación:

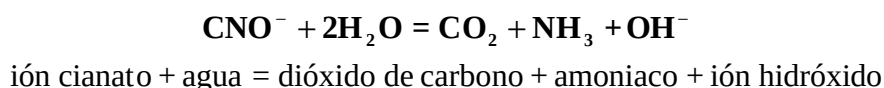


La formación de cianuro de cloro (CNCl) es esencialmente instantánea. La segunda reacción, la formación de cianato, es llevada a cabo de manera más rápida y más eficiente a un pH de 10 o mayor. Un tiempo de detención de 30 minutos a 2 horas es comúnmente utilizado (USEPA 1982a).

Los cianatos pueden ser descompuestos en mayor grado produciendo nitrógeno y dióxido de carbono por exceso de cloro:



Un acercamiento alternativo que debe ser evitado es una hidrólisis ácida:



La descomposición por exceso de cloro se lleva a cabo en aproximadamente una hora si el pH se ajusta en 8.0-8.5. La hidrólisis ácida comúnmente se lleva a cabo a un pH de 2-3. Debido a que se debe tener cuidado para poder evitar la liberación del cianuro de cloro en estado gaseoso, el cual es muy tóxico, la hidrólisis ácida comúnmente no es elegida como opción a usar (USEPA 1982a).

El equipo usado en la oxidación química consiste generalmente en un estanque de ecualización o neutralización seguido de dos estanques de reacción, aunque la reacción se puede llevar a cabo en un solo estanque. Cada estanque tiene un controlador registrador para mantener la condiciones necesarias en lo que respecta al pH y al potencial de óxido-reducción (ORP).

En el primer estanque, las condiciones se ajustan para oxidar cianuros a cianatos. Para manejar la reacción, se mide la cantidad de cloro en el estanque de reacción para mantener el ORP en el rango de 350 a 400 milivolts y se agrega soda cáustica al 50 % en solución para mantener el pH en el rango de 9.5 a 10. En el segundo estanque de reacción,

las condiciones son aquellas que oxidan los cianatos en dióxido de carbono y nitrógeno. El ORP y el pH deseados para esta reacción son 600 milivolts y 8 respectivamente. Cada uno de los estanques de reacción esta equipado con un agitador de hélice diseñado para proveer aproximadamente dos revoluciones por minuto. El tratamiento por un proceso batch se logra usando dos estanques, uno para recolectar agua por un determinado periodo de tiempo, y uno para el tratamiento del agua ya acumulada. Si los efluentes de desechos concentrados son frecuentes, se puede utilizar otro estanque para ecualizar o neutralizar el flujo que va hacia el estanque de tratamiento. Así, cuando el estanque de almacenamiento está lleno, el líquido es traspasado al estanque de reacción para su tratamiento. Posteriormente, el sobrenadante se descarga y los lodos o residuos obtenidos se recolectan para su remoción y para luego disponer de ellos.

Una técnica alternativa de cloración involucra el uso de hipoclorito de sodio (NaOCl) como agente oxidante. Reacciones con hipoclorito de sodio son similares a aquellas que utilizan cloro, a excepción de que no hay necesidades de soda cáustica para destruir el cianuro libre en las etapas de oxidación. A pesar de esto, se requiere álcalis para precipitar complejos de cianuro y metales como hidróxidos.

Un sistema de oxidación típico que usa cloro y soda se esquematiza a continuación:

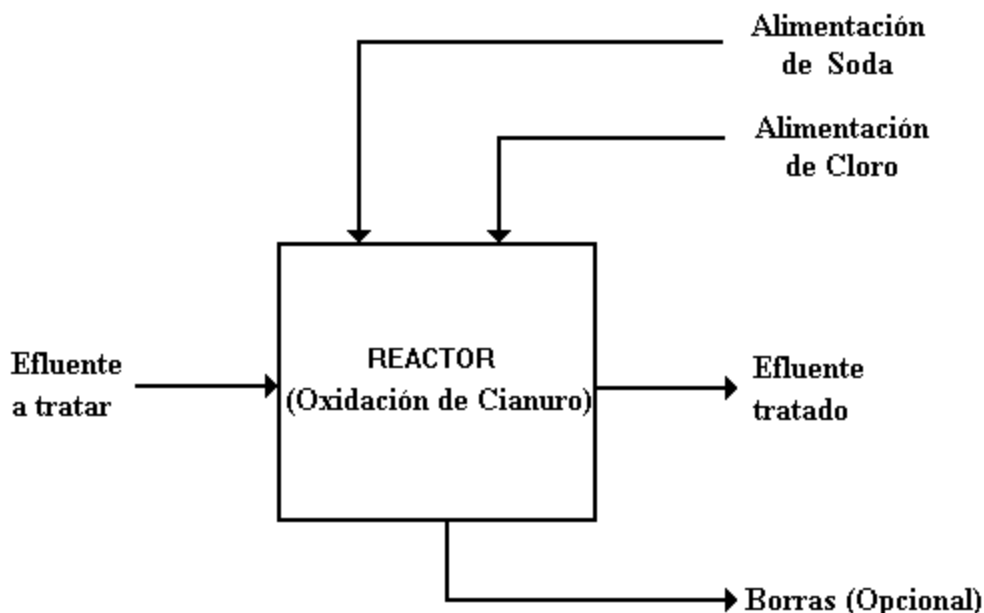


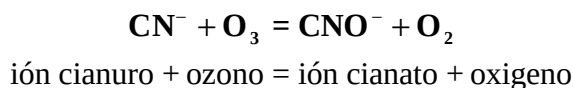
Figura 3.7 . Diagrama de flujo del proceso - oxidación química

b) Oxidación por ozono

El ozono (O_3), una molécula inestable, es altamente reactiva como agente oxidante y además es aproximadamente diez veces más soluble que el oxígeno, en porcentaje en peso. El ozono es usado en el tratamiento industrial de residuos para oxidar cianuro a

cianato y oxidar fenoles y compuestos coloreados a una variedad de compuestos no tóxicos y no coloreados. La ozonización es de mayor utilidad cuando las aguas residuales a tratar contienen pequeñas cantidades de material oxidable. No hay restricciones inherentes en los niveles de sólidos disueltos o suspendidos en el efluente en cuestión, debido a que estos no contienen material oxidable que pueda competir con el polutante a ser removido en su requerimiento de ozono.

La oxidación de cianuro se puede ilustrar en la siguiente ecuación iónica:



La reacción indicada en la ecuación anterior representa la oxidación de cianuros en cianatos. Si continua la exposición con ozono, se convertirá el cianato en dióxido de carbono, aunque esto generalmente no es económicamente práctico. Es debido a esto que la posterior degradación del residuo con cianato dependerá de procesos como hidrólisis y bio-oxidación.

Como ya se mencionó, el ozono es también efectivo en el tratamiento de fenoles. Es aproximadamente dos veces más poderoso que los demás agentes oxidantes, al igual que el peróxido de hidrógeno, pero sin ser tan selectivo, por lo que oxida un amplio rango de materiales. Para residuos fenólicos de bajas concentraciones, las prácticas usuales consisten en oxidar el compuesto fenólico a un compuesto orgánico intermedio que sigue siendo tóxico pero es más fácil de biodegradar. Para residuos con concentraciones altas o medias, la oxidación por ozono puede no ser tan económica comparándola con la oxidación biológica, aunque es de utilidad si se instala como apoyo posterior a un sistema biológico.

El ozono es más soluble y más estable en soluciones ácidas que en soluciones básicas. A pesar de esto, la velocidad de la reacción de ozonización es relativamente insensible al pH. De esta manera, es poco frecuente encontrar un previo ajuste de pH en el proceso de ozonización, debido a que el costo del proceso de neutralización frecuentemente compensa cualquier aumento en la eficiencia de la ozonización. Una excepción a esta generalización es la ozonización del cianuro. En esta, el cianato formado hidroliza inicialmente más rápidamente en medio alcalino. Si se requiere una conversión completa del cianuro a dióxido de carbono, corrientes de tipo ácida deben ser ajustadas a un pH de aproximadamente 9 antes de la ozonización.

Debido a que el ozono es inestable, este debe ser generado en el sitio en que será utilizado. Los generadores de ozono utilizan una descarga de corona que ocurre cuando la corriente alterna de alto voltaje se impone a través de un espacio (gap) de descarga. El ozono es generado tanto de oxígeno o de una corriente de aire. De dos a dos y media veces mayor será la cantidad de ozono producido a partir de una corriente de oxígeno puro en comparación con una corriente de aire. El aire ozonizado por el generador se introduce en una cámara de contacto diseñada para asegurar un buen mezclado del ozono con las corrientes de residuos.

Los dos sistemas de mezcla ozono/efluente de uso masivo son el mezclador Venturi y los difusores de poros. Con el mezclador Venturi, el gas ozonificado y los residuos fluyen en co-corriente, y el flujo de gas ozonificado esta limitado a un 30%-60% del flujo volumétrico de líquido. En un sistema de difusores de poros, se acostumbra usar un flujo en contra-corriente, siendo el flujo de gas hasta 20 veces mayor que el flujo de líquido. En algunos sistemas se utiliza una columna de contacto de lecho empaquetado. Esto aumenta el área superficial y acelera la velocidad de transferencia de masa del ozono a la solución. Un manufacturero de este tipo de equipamiento ha estado utilizando ultrasonido en conjunto con ozonización, con lo cual se aumenta de igual o mayor manera el área disponible para la transferencia de masa. Dependiendo de el rango de tratamiento que uno requiera, puede llegar a ser necesario el incorporar dos o más etapas de contacto, que pueden ser de distintas características. Si oxígeno es utilizado como alimentación de gas en vez de aire, el método de ozonización en circuito cerrado es la mejor alternativa. En este sistema el gas que sale del equipo de contacto se recicla de vuelta al generador siendo enriquecido en ozono.

Los sistemas de ozono modernos son completamente automatizados. Un monitor de ozono provee un monitoreo continuo en línea de la concentración de ozono en el efluente gaseoso del equipo de contacto. Si la concentración de ozono excede un nivel determinado (generalmente 0.05 ppm), el voltaje o la frecuencia del generador de ozono se reduce.

c) Oxidación por ozono con radiación ultravioleta (UV)

Una de las modificaciones hechas al proceso de ozonización es la aplicación simultánea de luz ultravioleta y ozono en la oxidación de cianuros, compuestos fenólicos y compuestos organoclorados. Algunos compuestos que son altamente resistentes al ozono por si solo, pueden ser ozonizados en presencia de luz UV. La radiación UV cataliza el proceso de ozonización siendo el modo de acción la activación del propio ozono. Además, la aplicación de luz UV reduce la cantidad de ozono que se requiere en comparación con los sistemas que utilizan ozono solo.

d) Oxidación por peróxido de hidrógeno

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2), conocido como agua oxigenada, es un agente oxidante poderoso que ha sido utilizado con bastante frecuencia en la oxidación de fenoles, cianuros, compuestos sulfurados, y iones metálicos. El peróxido de hidrógeno en presencia de un catalizador metálico (por ejemplo: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , Cr^{2+}) oxida efectivamente los fenoles en un amplio rango de temperaturas y concentraciones. El proceso es sensitivo al pH, con un pH óptimo de 3-4 y un eficiencia que decrece rápidamente para valores tanto menores como mayores (USEPA 1982a).

La oxidación de cianuro, con H_2O_2 se puede llevar acabo por medio de dos procesos. El primero de ellos involucra la reacción del peróxido de hidrógeno con cianuro a un pH alcalino y en la presencia de un catalizador de cobre.

El segundo proceso, conocido como proceso Kastone, utiliza una formulación que contiene un 41% de peróxido, con trazas de catalizador y estabilizadores, en conjunto con formaldehído. Los residuos con cianuro son calentados hasta aproximadamente 120 °C

(248 °F), tratados con solución oxidante y con formaldehído, y luego son agitados por una hora. Los productos principales de esta reacción son los cianatos, amoníaco, y ácido amido glicólico, La completa destrucción de los cianatos requiere de una hidrólisis ácida siguiendo a la reacción principal.

El peróxido de hidrógeno ha sido utilizado para la separación de iones metálicos por oxidación selectiva. De esta manera, ayuda a remover hierro o fierro de corrientes combinadas oxidando el ion ferroso a ion férrico, el cual luego se puede precipitar agregando la base apropiada. En soluciones diluidas (<30%), la descomposición del peróxido es acelerada por la presencia de iones metálicos contaminantes. Para concentraciones más elevada de peróxido de hidrógeno, estos contaminantes pueden catalizar una descomposición violenta. Es debido a esto que el peróxido debe ser añadido de manera lenta y cautelosa a la solución manteniendo un buen mezclado. Sulfuros, sulfitos, y el dióxido de azufre también pueden ser fácilmente oxidados con H_2O_2 . Cabe menciones que bajo condiciones de alcalinidad, los sulfatos son generalmente producidos.

e) Oxidación por permanganato de potasio ($KMnO_4$)

El permanganato de potasio ha sido utilizado para la destrucción de residuos orgánicos en aguas residuales y en agua potable. Este compuesto reacciona con aldehídos, mercaptanos, fenoles y ácidos insaturados. Se le considera como un agente oxidante relativamente poderoso. La forma reducida del permanganato es dióxido de manganeso (MnO_2), el cual puede ser removido por filtración.

El permanganato de potasio es principalmente usado en la destrucción de compuestos fenólicos presentes en la aguas residuales de la industria. Reacciona separando la estructura de anillo aromático del fenol produciendo una molécula alifática de cadena larga. La molécula alifática es posteriormente oxidada a dióxido de carbono y agua. La reacción inicial se lleva a cabo inmediatamente, y casi el 90% del fenol es oxidado en los primeros diez minutos. Un tiempo de reacción de 1-3 horas es suficiente para asegurar la completa oxidación del fenol (USEPA 1982a). El proceso es afectado por el pH, de manera de que a mayor pH (hasta 9.5) más rápida es la reacción.

Aplicaciones

La tecnología para la aplicación de la oxidación química a gran escala esta bien desarrollada. Residuos industriales como cianuros y otras especies peligrosas o tóxicas presentes en corrientes de desechos diluidas, por ejemplo fenoles y compuestos sulfurados, son por lo general tratados por oxidación química. La oxidación de residuos con cianuro usando cloro es un proceso clásico que se puede encontrar en la mayoría de las plantas que usan cianuros en operaciones de electroplateado.

La oxidación química puede ser usada tanto para el tratamiento de residuos con compuestos orgánicos como inorgánicos. Las principales aplicaciones del proceso en general se describen a continuación:

a) Oxidación de un efluente con cianuro

Numerosas plantas de platinado y de terminación de metales usan métodos de oxidación química para tratar sus residuos con cianuro. Cianuros y metales generalmente están juntos en los desechos de las industrias de platinado y recubrimiento con metales. Su concentración y su valor agregado influyen en la selección del proceso de tratamiento. Si el cianuro y los metales pesados no son económicamente recuperables por un método como el intercambio iónico, el radical cianuro se convierte ya sea en el menos tóxico cianato o en dióxido de carbono y nitrógeno por oxidación, mientras que los metales pesados son precipitados y removidos como borras o lodos. En el tratamiento de residuos con cianuro por oxidación, se puede usar hipoclorito o soda más cloro (cloración alcalina) o también se puede usar ozono, o la variante de usar ozono con radiación UV. El tratamiento de cianuros por oxidación química es hoy en día una práctica regular en las siguientes industrias de gran difusión a nivel mundial:

- Manufactureras de Compuestos Químicos Inorgánicos.
- Industrias de Terminación con Metales.
- Industrias Textiles.

También es utilizada, pero en menor escala, en las siguientes industrias:

- Industrias del Acero y el Hierro.
- Recubrimientos de espirales metálicos
- Equipamiento y Suministros Fotográficos.
- Industrias de Metales No-Ferrosos.
- Industrias Mineras de Extracción y Refinamiento.
- Industrias de Refinamiento de Petróleo.

b) Oxidación de un efluente con fenol

La oxidación química de fenoles ha encontrado su aplicación hasta hoy en día solo en corrientes de desechos diluidas. El permanganato de potasio, uno de los oxidantes usados, se reduce a dióxido de manganeso (MnO_2) el cual es un sólido filtrable. El cloro gaseoso no es usado con frecuencia debido al alto potencial de formación de los clorofenoles. Un proceso de ozonización para la oxidación de fenoles es llevado a cabo en las industrias de producción y elaboración de Acero y Hierro.

c) Oxidación de otros compuestos orgánicos

Agentes químicos oxidantes han sido utilizados para el control de desechos orgánicos en aguas residuales y en el tratamiento de agua potable. Dentro de los compuestos orgánicos para los cuales se conoce tratamiento oxidativo, tenemos a los aldehídos, mercaptanos, bencidina y ácidos insaturados. Para estas aplicaciones, el

hipoclorito de sodio y de calcio, el permanganato de potasio y el peróxido de hidrógeno son reconocidos como agentes oxidantes. Se ha usado en alguna ocasión ácido nitroso.

En adición a las aplicaciones masivas ya descritas, la oxidación química usando cloro e hipoclorito de sodio ha sido usado para prevenir la acumulación de sulfuros solubles en líneas de alcantarillado. La oxidación de pesticidas ha sido también una rama de mucha investigación buscando lograr la remoción de residuos de “Diquat” y “Paraquat” del agua.

Ventajas y limitaciones

Algunas ventajas de la oxidación con cloro son la operación a temperatura ambiente, la posibilidad de controlar automáticamente y los bajos costos involucrados. Las limitaciones que tiene este tipo de proceso incluyen la necesidad de un control riguroso de pH, la posibilidad de interferencia química en el tratamiento de residuos mezclados y el potencial peligro involucrado en el almacenamiento y manejo de cloro gaseoso. A esto se le suma el hecho que al oxidar fenoles, el uso de cloro puede ocasionar la formación de los peligroso y aún más tóxicos clorofenoles, si el agua residual a tratar es de bajo contenido en cloro.

Algunas ventajas de la oxidación de ozono son, el hecho de que sea aplicable de muy buena manera el control automático, la eliminación de los problemas de almacenaje y tratamiento debido a la producción del ozono en la localidad de utilización, la no producción de compuestos orgánicos clorados, y el que se evita agregar sólidos disueltos en la etapa de tratamiento. Algunas limitaciones o desventajas que podemos mencionar son los altos costos de capital involucrados en el proceso, la posibilidad de interferencia química en el tratamiento de mezclas de residuos, y un requerimiento elevado de energía (25 kWh/kg de ozono generado).

Características operacionales

El proceso de oxidación es altamente confiable si se lleva a cabo con el monitoreo y el control apropiado. Además se debe hacer un pre-tratamiento para controlar sustancias que podrían interferir.

Químicos requeridos

Por otro lado, se puede hacer un listado resumen de los agentes oxidantes que son más utilizados:

- Cloro (Cl_2).
- Hipoclorito de Sodio (NaOCl).
- Hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}[\text{OCl}]_2$).
- Permanganato de Potasio (KMnO_4).
- Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2).
- Ozono (O_3).

Residuos generados

La mayoría de las oxidaciones químicas generarán algún tipo de residuo que deberá ser removido por tratamientos químicos posteriores a la oxidación. La generación más significativa ocurre debido al uso de soda cáustica o cal con cloro gaseoso en la cloración alcalina. Cantidades menores de residuos resultan de oxidaciones llevadas a cabo con hipocloritos.

Criterios de diseño

Se pueden usar tanto operaciones batch como continuas en los procesos de oxidación. El tratamiento batch es utilizado preferentemente para flujos menores o entre 190000 a 380000 litros por día (50000 a 100000 galones por día). El consumo de reactivos oxidantes y la elección de este reactivo dependerá en la eficiencia del proceso, la presencia de material oxidable competitivo, y por último la temperatura; y deberá ser determinado a partir de pruebas realizadas en planta piloto.

Cabe mencionar que en general el equipamiento necesario para la oxidación química es de mucha simpleza y facilidad de uso. Esto incluye estanques de almacenamiento para los agentes oxidantes e incluso para los residuos generados, equipos de medición de las características de ambas corrientes ya mencionadas, y estanques con agitadores para proveer un contacto apropiado entre el agente oxidante y el residuo a tratar. Cierta tipo de instrumentación es requerida para determinar las concentraciones de los Contaminantes, el pH del efluente, y el grado de conversión de la reacción de oxidación. El proceso puede ser monitoreado con un electrodo de potencial de oxidación-reducción (ORP). Este electrodo consiste generalmente en un pedazo de metal noble (generalmente Platino) que se expone en el medio de reacción. El electrodo produce una fuerza electromotriz (FEM) que se relaciona empíricamente con la razón de constituyentes oxidados y reducidos en la solución.

Una condición típica para la cloración alcalina de un kilogramo (2.2 libras) de cianuro a cianato, es la necesidad de seis kilogramos (13.2 libras) de tanto hidróxido de sodio y cloro. La reacción se lleva a cabo a un pH de 10, y al menos un tiempo de contacto de 15 minutos es necesario para completar la reacción.

Si se tiene la presencia de complejos metálicos de cianuro, puede ser necesaria la extensión de la cloración por un periodo mayor de tiempo. La destrucción completa del cianato requiere de una segunda etapa de oxidación con un tiempo de retención de aproximadamente 45 minutos a un pH inferior a 8.5. El requerimiento teórico de reactivo para esta segunda etapa es de 4.1 kilogramos (9.0 libras) de cloro y 1.1 kilogramos (2.4 libras) de soda cáustica por kilogramo (2.2 libras) de cianuro (USEPA 1982a).

La oxidación de cianuro a cianato con ozono requiere aproximadamente 2 kilogramos (4.4 libras) de ozono por kilogramo (2.2 libras) de cianuro, y una oxidación completa necesita 5 kilogramos (11 libras) de ozono por kilogramo (2.2 libras) de cianuro. Cabe mencionar que la oxidación de cianuro a cianato es bastante rápida (10 a 15 minutos)

a un pH de 9 a 12, siendo prácticamente instantáneo en la presencia de trazas de cobre (USEPA 1982a).

Los requerimientos del ozono para una destrucción parcial de los fenoles presentes en una corriente, varían de una a cinco partes de ozono por parte de fenol. La demanda actual es una función de la concentración de fenol, del pH y del tiempo de retención o reacción.

Rendimientos y eficiencias

La oxidación química es muy efectiva en la destrucción de cianuros libres como también en lo que se refiere al cadmio, cobre y complejos de cianuro-zinc. Es importante hacer notar que la oxidación química solo destruye la parte del complejo correspondiente al cianuro. A pesar de esto, el cianuro de níquel es destruido incompletamente, y los complejos de hierro-cianuro no son afectados aparentemente por el cloro o el ozono (USEPA 1982a). El proceso con ozono combinado con radiación UV es efectivo para el tratamiento de cianuros complejos como el cianuro férrico, el cianuro de cobre y el cianuro de níquel. Se tiene información del rendimiento del proceso de oxidación de las siguientes industrias y/o sus corrientes de desechos:

- Manufactureras de Compuestos Químicos Inorgánicos.
- Industrias Textiles.
- Industrias Mineras de Extracción y Refinamiento.
- Desechos Orgánicos e Inorgánicos.
- Compuestos Químicos Orgánicos
- Adhesivos y Sellantes.

Por último se muestran en las tablas 3.6 y 3.7 las eficiencias de remoción para las oxidaciones con cloro y ozono respectivamente:

Tabla 3.6. Sumario de control tecnológico para la oxidación con cloro

Contaminantes	Puntos o Datos		Concentración del Efluente		Porcentaje de Remoción (%)	
	Escala piloto	Gran Escala	Rango	Media	Rango	Media
Clásicos (mg/l)						
DQO	—	1	—	980	—	35
SST	—	2	33–160	97	—	97
Nitrato de Amonio	—	1	—	120	—	37

Contaminantes	Puntos o Datos		Concentración del Efluente		Porcentaje de Remoción (%)	
Tóxicos (µg/l)	Escala piloto	Gran Escala	Rango	Media	Rango	Media
Cobre	—	1	—	320	—	14
Cianuro	1	2	<2-130	35	82->99	>99
Plomo	—	1	—	2500	—	0

Tabla 3.7. Sumario de control tecnológico para la oxidación con ozono

Contaminantes	Puntos o Datos		Concentración del Efluente		Porcentaje de Remoción (%)	
Clásicos (mg/l)	Escala piloto	Gran Escala	Rango	Media	Rango	Media
DBO (5)	2	1	610–5200	2900	—	10
DQO	2	—	76–12000	6000	—	84
SST	2	—	12–140	76	—	PS ¹
COT	3	—	200–980	540	5–52	11
Grasas y aceites	1	—	—	4	—	97
Fósforo Total	2	—	0.16–1.1	0.63	—	0
Fenoles Totales	2	—	0.01–0.13	0.07	50->99	>74
Aluminio	2	—	0.13–7	3.6	—	PS
Manganeso	2	—	0.07–0.09	0.08	—	12
Vanadio	2	—	0.02–0.54	0.28	—	PS
Bario	2	—	0.01–0.12	0.06	—	0
Hierro	2	—	0.25–2.3	1.3	—	4
Silicona	2	—	2.6–4.7	3.6	2–4	3
Titanio	2	—	0.002–0.18	0.09	—	PS
Boro	2	—	0.74–1.0	0.87	—	0
Calcio	2	—	4.8–30	17	—	9
Magnesio	2	—	2.2–6.1	4.2	0–8	4
Sodio	2	—	53–56	54	2–8	5
Molibdeno	2	—	<0.01–<0.4	<0.2	—	PS
Cobalto	2	—	0.008–0.38	0.19	—	PS
Estroncio	2	—	0.002–0.18	0.016	0–99	50
Amoníaco	2	—	0.26–5.5	2.9	—	PS
Nitrato	2	—	1.8–8.8	5.3	—	47
Estaño	1	—	—	<0.02	—	PS

¹PS = Poco Significativo.

Contaminantes	Puntos o Datos		Concentración del Efluente		Porcentaje de Remoción (%)	
	Escala piloto	Gran Escala	Rango	Media	Rango	Media
Tóxicos (µg/l)						
Antimonio	2	—	25–1200	610	—	PS
Arsénico	2	—	4–43	24	0–48	24
Berilio	2	—	<0.04–<4	<2.0	—	PS
Cadmio	3	—	<2–250	<130	—	PS
Cromo	1	—	6.3–<200	<100	—	PS
Cobre	2	—	89–590	340	—	PS
Cianuro	4	—	<2–1500	<24	>33–>98	78
Acero	2	—	<22–<900	<460	—	>29
Mercurio	1	—	—	<1.1	—	PS
Níquel	2	—	66–5000	2500	—	PS
Selenio	1	—	—	<1	—	PS
Plata	2	—	16–1300	660	—	PS
Talio	1	—	—	<50	—	PS
Zinc	3	—	90–460	240	—	96
2-etil-hexil-ftalato”	2	—	90–110	100	—	PS
Butil-benzil-ftalato	1	—	—	BLD ²	—	98* ³
Di-n-butil-ftalato	1	—	—	2.7	—	47
Benceno	1	—	—	BLD	—	80*
Etilbenceno	2	—	BLD–0.1	0.05	—	PS
Tolueno	2	—	90.9–1.2	1.0	—	31
Antraceno	2	—	BLD–0.4	0.2	—	98*
Benzo(a)pireno	1	—	—	BLD	—	95*
Benzo(k)fluoranteno	1	—	—	BLD	—	90*
Fluoranteno	1	—	—	0.1	—	50
Pireno	1	—	—	0.1	—	67
Cloroformo	1	—	—	BLD	—	PS
1,2-Z-Di-cloro-etileno	1	—	—	2.1	—	PS
Cloruro de Metileno	2	—	15–61	38	—	PS
Tricloro etileno	1	—	—	0.9	—	PS

²BLD = Bajo el Limite de Detección.

³* = Valor Aproximado.

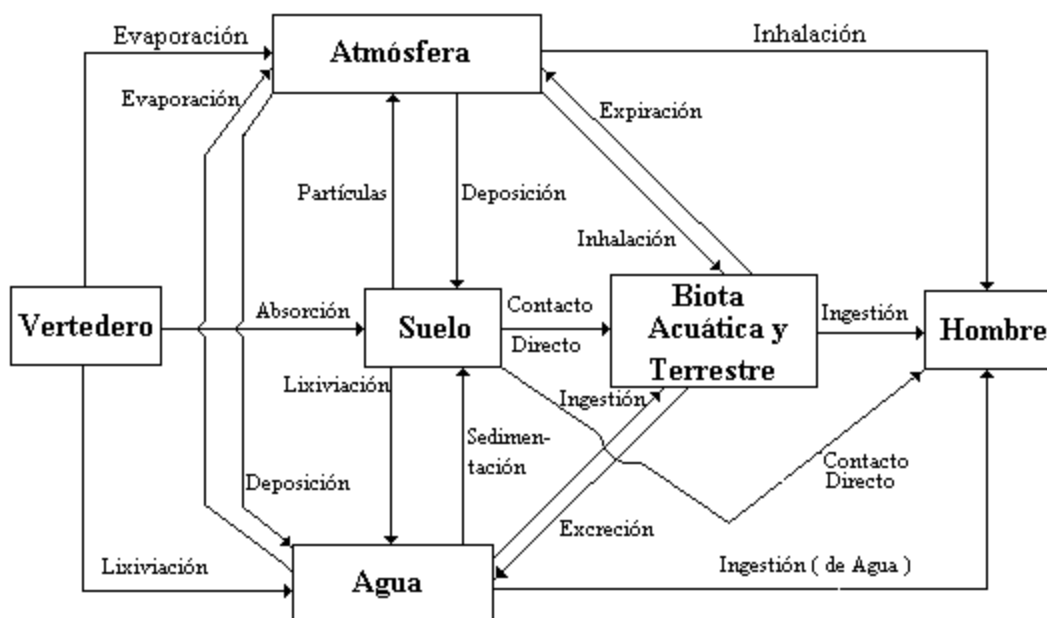
CAPÍTULO IV

EFFECTOS EN LA SALUD Y EL AMBIENTE DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS Y PRODUCTOS TÓXICOS

4.1. RUTAS POTENCIALES DE LOS RESIDUOS AL AMBIENTE

Las rutas potenciales de los residuos peligrosos hacia el ambiente humano son los resumidos en la Figura 4.1. La importancia relativa de cada ruta depende no solo de las propiedades físicas o químicas sino que también en las características tanto del depósito de residuos como de la geología del suelo.

Figura 4.1. Rutas físicas y biológicas de transporte de sustancias peligrosas, sus fuentes y disposición, y potencial de exposición humana



4.1.1. Contaminación de aguas subterráneas

Las características del ambiente bajo la superficie tienen una gran influencia sobre el transporte acuoso de los contaminantes químicos y microorganismos en los lugares de depósitos de residuos. Existen tanto una zona saturada como no-saturada bajo la superficie de disposición de residuos. En zona no-saturada donde el agua se mueve en forma vertical hasta que encuentra el agua subterránea donde se mueve en forma horizontal.

4.1.2. Contaminación de aguas superficiales

Los cuerpos de aguas superficiales cercanos a lugares de disposición de residuos pueden recibir residuos peligrosos directamente de aguas de desagüe. También las aguas subterráneas pueden ser fuentes de contaminantes a las aguas superficiales.

Las condiciones aeróbicas de las aguas superficiales, pueden facilitar la degradación biológica y química de los compuestos orgánicos, mientras que la volatilización será más pronunciada en aguas superficiales que en aguas subterráneas. Existe preocupación acerca de la posible bioacumulación y toxicidad de algunos residuos en bajas concentraciones sobre los peces de la biota acuática.

4.1.3. Otros mecanismos de contaminación

Los compuestos orgánicos con altas presiones de vapor tendrán una gran tendencia a escapar a la atmósfera en lugares de disposición. Los incendios y el viento son factores que incrementan la vaporización de compuestos volátiles. La dispersión por efecto del viento también es un agente potencial de contaminación, afectando a la gente a través de la inhalación. Ciertos residuos sólidos, como el asbesto por ejemplo, son especialmente susceptible de ser dispersados por el viento. La movilización de suelos contaminados también pueden presentar un problema en particular, en sitios manejados pobremente o en lugares con movimientos de vehículos pesados.

La vegetación que crece en lugares cercanos a los sitios de disposición de residuos, absorberán productos químicos peligrosos vía las raíces o del propio contaminante, y podrán transportarlos a las partes superiores de la planta. La deposición de partículas de suelos contaminados en la superficie de las plantas es otra vía de exposición potencial particularmente en la vecindad de sitios de manejo de residuos.

4.2. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

4.2.1. Factores físicos y químicos

Un número de factores físicos y químicos son importantes para determinar el comportamiento de las sustancias químicas en el ambiente. Ellos son:

- **Lixiviación; Adsorción / Desorción; Volatilización; Bioacumulación.**

Generalmente, mientras mayor es la solubilidad en agua de un compuesto, mayor es el potencial para lixiviar en una sitio de vertedero. Muchos compuestos orgánicos peligrosos son

poco solubles en agua, pero la presencia de solventes parcialmente miscibles como cloroformo, pueden ayudar a la lixiviación de compuestos orgánicos.

La adsorción de compuestos las partículas del suelo o en material de desecho es un fenómeno importante que tiende a restringir el movimiento de tanto productos orgánicos como inorgánicos en un vertedero. Además la adsorción es un factor importante en el retardo de la migración de residuos aceitosos.

La volatilización es una ruta potencial por medio de la cual los residuos pueden migrar en los vertederos. Es particularmente importante en ciertos compuestos orgánicos tales como cloroformo, los cuales tienen alta presión de vapor.

Las características del vertedero tales como temperatura, humedad del suelo, pH del suelo, solubilidad en agua de los compuestos, tienen gran influencia en la extensión de la volatilización. Algunas sustancias como cloruro de metileno y dicloruro de etileno, tienen altas presiones de vapor y altas solubilidades y pueden ser perdidos por lixiviación y volatilización.

Para compuestos orgánicos, el coeficiente de partición P de octanol/agua es a menudo usado como un índice de bioacumulación potencial para un producto químico en un ambiente acuático. Este coeficiente está correlacionado con el peso molecular del compuesto, así por ejemplo compuestos como el DDT que tienen un coeficiente P alto, muestran un marcado potencial para bioacumulación en organismos acuáticos.

4.2.2. Degradación de productos químicos

La persistencia de los productos químicos orgánicos peligrosos es muy importante para su efecto en el medio ambiente. Ciertos compuestos pueden sufrir degradación química o biológica en los sitios de disposición, mientras que otros son resistentes a cualquier transformación y pueden aún ser tóxicos a microorganismos del suelo.

Los principales procesos químicos asociados con la degradación de contaminantes orgánicos en sitios de disposición han sido identificados como hidrólisis, biodegradación, fotólisis, y oxidación, esta última es de especial importancia en la degradación de fenoles y aminas aromáticas.

En ciertas instancias, los reactivos químicos pueden ponerse en contacto en los mismos sitios de disposición o vertederos, resultando en fuegos o explosiones. La **Tabla 4.1** resume las reacciones indeseables que pueden ocurrir cuando residuos incompatibles conteniendo compuestos peligrosos se mezclan.

Estas reacciones incluyen:

- Reacciones exotérmicas que pueden resultar en fuegos o explosiones; estas pueden ser causadas por metales alcalinos y agentes oxidantes fuertes.
- Producción de gases tóxicos tales como **sulfuro de hidrogeno, cianuro de hidrógeno y cloro.**
- Producción de gases inflamables tales como **hidrogeno, metano, acetileno.**

Existen por lo tanto variados peligros asociados con ciertos tipos de residuos que son inestables bajo condiciones ambientales o en movimiento, tales como **metales hídridos, aleaciones de metales y álcalis y peróxidos orgánicos.** También hay otros mecanismo de degradación como la **Fotodegradación**, la **Transformación Biológica**, y la **Digestión**

Anaeróbica, que producen cambios en los residuos. La Fotodegradación se identifica como un importante mecanismo de rompimiento de compuestos orgánicos. La transformación biológica puede conducir a la degradación de un contaminante hacia un producto inocuo o menos peligroso, pero también puede resultar en la biosíntesis de un producto persistente o un compuesto tóxico. Las condiciones anaeróbicas favorecen la reducción bacteriana de sulfatos, nitratos y carbohidratos, y son responsables de la producción de gas en los vertederos, cuyos constituyentes son principalmente dióxido de carbono y metano, pero pueden tener pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno. El mayor riesgo asociado con la producción de gas por el proceso anaeróbico es el riesgo serio de fuego y explosión que ocurre cuando la concentración de metano está en el rango de 5-15 %.

Tabla 4.1. Compatibilidad de residuos peligrosos

1	Ácidos-Minerales Oxidantes	1										
2	Sustancias Cáusticas	C	2									
3	Hidrocarburos Aromáticos	C F		3								
4	Orgánicos Halogenados	C F GT	CG I		4							
5	Metales	GI C F			C F	5						
6	Metales Tóxicos	S	S				6					
7	Hidrocarburos Alifáticos Saturados	C F						7				
8	Fenoles y Cresoles	C F							8			
9	Agentes Oxidantes Fuertes		C	C F		C F		C		9		
10	Agentes Reductores Fuertes	C F GT			C GT				GI C	C F E	10	
11	Agua y Mezclas con Agua	C			C E		S				GI GT	11

12	Sustancias Reactivas con Agua	Extremadamente reactivas, no mezclar con ningún producto químico, material o residuo peligrosos	12
		E Explosivo	
		F Fuego	
		GI Gas Inflamable	
		GT Gas Tóxico	
		C Generación de Calor	
		S Solubilización de Toxinas	

4.3. EFECTOS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LA SALUD Y EL AMBIENTE

La mezcla de residuos que contienen compuestos incompatibles pueden causar explosiones e incendios. El contacto con ácidos fuertes o álcalis pueden causar corrosión y daños en la piel así como severos daños en las corneas. La absorción de ciertos pesticidas pueden causar envenenamiento agudo. Los envases y contenedores de productos químicos peligrosos pueden, si no son adecuadamente descartados, resultar en severos accidentes de envenenamiento si se dejan sin cuidado en lugares como vertederos y depósitos. En los países en desarrollo, una de las mayores causas de la mortalidad infantil entre las edades de 1 a 10 años, son accidentes con envenenamiento accidental.

El derrame de residuos químicos al ambiente puede resultar en exposiciones de largo tiempo para la población, causando efectos adversos para la salud debido a envenenamiento. Los siguientes ejemplos son ilustrativos:

- Agua conteniendo grandes cantidades de **Cadmio** fue descargada desde la Mina de Zinc Kamioka en Japón en un río que se utilizaba para agua potable aguas abajo de la ubicación de la mina. Debido a las grandes cantidades de agua utilizada para beber e irrigación de plantaciones de arroz, la prolongada exposición de la población resultó en serios malfuncionamiento de riñones en gran parte de la población. Los efectos más severos fueron en mujeres embarazadas, e incluyeron descalcificación del esqueleto, múltiples fracturas de huesos, invalidez, y muertes (mal de Itai-itai).
- En otras áreas de Japón, el uso industrial de **catalizadores de Mercurio** resultó en la presencia de mercurio en los efluentes de las plantas de tratamiento de la zona costera. El mercurio fue convertido por microorganismos presentes en el agua, en **metilmercurio**, una forma altamente tóxica. En la Bahía de Minamata y en el río Agano, el metilmercurio se acumuló en los peces y mariscos. Como los mariscos y peces son una parte importante de la dieta japonesa, muchos habitantes locales sufrieron envenenamiento y severos síntomas neurológicos, como visión disminuida, pérdidas de audición y dificultades al caminar. Este es uno de los accidentes mejor documentados y sin embargo accidentes similares han ocurrido en otros países.

Algunos elementos químicos como el mercurio, son indestructibles y por lo tanto sólo pueden ser redistribuidos en el medio ambiente. Por el contrario los compuestos químicos orgánicos son a menudo degradados por el ambiente a componentes elementales o compuestos simples como dióxido de carbono y agua. Sin embargo algunos compuestos orgánicos clorinados o halogenados son extremadamente persistentes en el ambiente y tienden a acumularse en la cadena alimenticia o en la biosfera en general. Ejemplos de este tipo de compuestos incluyen: **Bifenilos Policlorinados (PCBs), Dioxinas e Hidrocarburos Clorinados**; estos últimos se han utilizados extensivamente en **pesticidas (DDT, Dieldrin, y Aldrin)**. Los PCBs y las dioxinas se pueden formar por incineración de residuos que contienen hidrocarburos y cloruros. Estos compuestos se trasladan con las emisiones atmosféricas y se precipitan en el ambiente llegando a través de la cadena de alimentos a los humanos almacenándose en los tejidos grasos de los humanos y animales. El significado en la salud de esta acumulación es aún incierta, pero la experiencia de niveles accidentales altos de exposición a estos compuestos ha demostrado que pueden causar serios efectos en los seres vivos.

Las fugas de vertederos o lugares de disposición a menudo contienen grandes cantidades de **nitratos**, lo cual resulta en altos niveles de estos compuestos en pozos de agua potable adyacentes. Los niveles de nitratos en agua potable superiores a 45 mg/l (ppm) podrían suponer un riesgo de meteglobinemia en infantes, enfermedad que interfiere con el transporte de oxígeno en la corriente sanguínea y que puede ser fatal.

Otros ejemplos de catástrofes de residuos tóxicos es el caso de Love Canal en el Estado de Nueva York, EE.UU., donde productos químicos y gases de un depósito bajo tierra de residuos tóxicos comenzaron a llegar a casas y escuelas provocando efectos adversos en la salud de la población y eventualmente resultó en la total evacuación de la ciudad. El Reino Unido, tambores conteniendo sales con cianuros fueron descubiertos en terrenos usados como parque de juegos infantiles

4.3.1. Identificación de sustancias peligrosas y evaluación de los riesgos

Para prevenir y/o controlar los efectos adversos sobre la salud y el ambiente de los productos tóxicos, es necesario controlar todos los materiales químicos e infecciosos introducidos en el ambiente humano. La naturaleza química de cada producto debe ser determinada, junto con las impurezas, subproductos y residuos. Los efectos potenciales de estas sustancias sobre la salud y el ambiente deben ser establecidas junto con una estimación cuantitativa de los niveles presentes en el ambiente. Los niveles de exposición tanto de los seres humanos como otros organismos deben ser evaluados y se deben tomar medidas para asegurar que se eviten efectos adversos. Estas medidas de control deben ser monitoreadas continuamente.

a) Identificación de las sustancias peligrosas

Todo material peligroso o residuo debe ser evaluado con respecto a organismos que son patogénicos para el hombre y los animales, así como también la procedencia de los mismos. La composición química de los residuos debe ser determinada para evaluar la toxicidad potencial sistémica junto, con otros efectos tales como mutagénicos, citogénicos y carcinogénicos, así como también como efectos en la reproducción y crecimiento y desarrollo fetal/neonatal. En la mayoría de los casos, esta información se encuentra en la literatura, como documentos de la OMS, OIT u otras fuentes de literatura toxicológica. Cuando no exista información será necesario efectuar análisis de laboratorio como por ejemplo el TLCP (El Procedimiento de Toxicidad Característica de Lixiviado de Estados Unidos, U.S. Toxicity Characteristic Leaching Procedure, TCLP).

Todos los contaminantes estudiados en el TLCP son peligrosos en el agua potable debido a sus efectos adversos sobre la salud. Productos tales como arsénico, cadmio, cromo y plomo son de cuidado debido a su posible efecto cancerígeno, mientras que el bario afecta los músculos y puede causar gastroenteritis o parálisis muscular. El pesticida Endrin es una potente toxina teratogénica y reproductiva y una exposición crónica puede afectar el sistema nervioso, el corazón, los pulmones el hígado y riñones. La tabla siguiente entrega una lista de las 25 sustancias más frecuentemente identificadas en un gran número de sitios de disposición de sustancias tóxicas en EE.UU.:

Tabla 4.2
25 Sustancias identificadas en 546 sitios de disposición de residuos

Nivel	Sustancia	%
1	Tricloroetileno	33
2	Compuestos de Plomo	30
3	Tolueno	28
4	Benceno	26
5	Bifenilos Policlorinados (PCBs)	22
6	Cloroformo	20
7	Tetracloroetileno	16
8	Fenol	15
9	Compuestos de Arsénico	15
10	Compuestos de Cadmio	15
11	Compuestos de Cromo	15
12	1,1,1-Tricloroetano	14
13	Compuestos de Zinc	14
14	Etilbenceno	13
15	Xileno	13
16	Cloruro de Metileno	12
17	Trans-1,2-Dicloroetileno	11
18	Mercurio	10
19	Compuestos de Cobre	9
20	Cianuros (Sales Solubles)	8

21	Cloruro de Vinilo	8
22	1,2-Dicloroetano	8
23	Clorobenceno	8
24	1,1-Dicloroetano	8
25	Tetracloruro de Carbono	8

b) Exposiciones al hombre y los animales

Los residuos peligrosos pueden afectar a la salud del hombre y los animales a través de distintos mecanismos y vías de exposición. La ruta más obvia es el contacto directo con los agentes peligrosos durante el manejo de los residuos, o con los envases o material absorbente de residuos, o todo tipo de contenedores de sustancias tóxicas. Los niños son un grupo especial vulnerable, debido a que juegan alrededor de los sitios de disposición y ponen las manos en material contaminado así como también los llevan a la boca. La inhalación del polvo de estos lugares también constituye un peligro debido a los materiales con asbesto o la vaporización de residuos químicos.

Las aguas subterráneas pueden contaminarse a partir de vertederos o lugares de disposición. Agentes peligrosos como bacterias, virus, y productos químicos pueden ser transferidos al agua potable de esta forma. Ciertos virus y bacterias pueden sobrevivir entre semanas y meses en el suelo y/o en las borras de plantas de tratamiento, incrementando el riesgo de que estos agentes sean transferidos al agua potable.

El transporte de contaminantes a las aguas superficiales resulta en una dispersión extensiva y rápida, que puede ser causada por transferencia directa de los sitios de disposición o por animales como pájaros, ratas, insectos, etc. También se pueden producir transferencia de las descargas costeras de aguas servidas o plantas de tratamiento a los recursos de aguas potables.

4.4. LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y LOS PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS

La contaminación atmosférica causa problemas a la salud por todos conocidos. A través del mundo son muchos los ejemplos que demuestran este efecto: Ciudad de México (20 millones de habitantes), la Ciudad de Los Ángeles en U.S.A., Santiago de Chile, y la ciudad de Talcahuano en Chile, se pueden indicar como ciudades de un nivel muy bajo de calidad de vida en función de la contaminación aérea. Por lo anterior se podría considerar que la contaminación aérea estaría asociada fundamentalmente con las fuentes de contaminación industriales y de transporte, pero como se demostrará a continuación las mayores fuentes de contaminación del aire corresponde al humo del cigarrillo. Más aún, es posible demostrar que los peligros para la salud a partir del aire contaminado dentro de nuestros hogares, oficinas, etc, es a menudo mayor que en el caso de aire exterior, aún en una ciudad industrializada.

4.4.1. Contaminación aérea y la salud

La contaminación atmosférica principalmente causa problemas en los pulmones y vías respiratorias, aunque también se pueden producir daños a otros órganos del cuerpo humano. A pesar de que el famoso “smog” puede causar grandes trastornos, así como también la posible contaminación por elementos químicos (pesticidas, cloro gaseoso, amoníaco, etc.), es de mayor

preocupación los efectos causados por los contaminantes aéreos en espacios cerrados, en especial por la gran cantidad de tiempo que el ser humano está en estos lugares.

4.4.2. El humo del cigarrillo y la salud

El Cigarrillo es la causa particular de muerte que más se puede prevenir en nuestra sociedad. Una de cada seis muertes en los Estados Unidos se atribuye al cigarrillo, es decir alrededor de 390.000 por año. A cualquier edad mueren proporcionalmente más fumadores que no fumadores, contribuyendo el tabaco al 30 % de las muertes por cáncer al año, lo que incluye un 85 % de las muertes por cáncer al pulmón. Los fumadores en general tienen un 70 % más de muerte por infartos al corazón (la mayor causa de fallecimientos en el mundo) que los no-fumadores. Un número adicional de 10 millones de Norteamericanos sufren enfermedades que van en aumento, que son causadas por el cigarrillo, incluyendo **Bronquitis, Enfisemas, y Arteriosclerosis**. El inhalar el humo de los fumadores, es decir el "fumador pasivo" es una de las causas de enfermedades, especialmente cáncer al pulmón, entre los no-fumadores.

a) Quiénes fuman y tendencias en los hábitos de fumar

La tendencia mundial entre los adultos que fuman ha sido una disminución en los últimos años, y aunque las estadísticas indican que todavía fuman más hombres que mujeres, esta diferencia se está revirtiendo especialmente en las escuelas secundarias donde fuman más mujeres que hombres. El mayor aumento se ha producido en el sexo femenino entre las edades de 20 y 35 años y el progreso logrado en la reducción global del número de fumadores se debe principalmente a las personas que lo han dejado y no a un menor número de personas que comienzan con el hábito de fumar. Cerca de la mitad de los adultos que alguna vez fumaron han eliminado este hábito, pero la información más reciente indica que entre jóvenes la prevención primaria, (nunca fumar) está logrando un gran efecto en la disminución de la tasa de fumadores.

El nivel de educación tiene una gran importancia entre los fumadores y no-fumadores, ya que mientras mayor es el nivel de educación, menor es la posibilidad de ser un fumador. El fumar comienza principalmente durante la niñez y la adolescencia. Un 25 % de los estudiantes que han fumado, experimentaron su primer cigarrillo a nivel de 6° básico, y un 50 % a nivel de octavo básico. Para quienes comienzan a fumar antes de los 20 años, mientras más jóvenes sean, más posibilidades tienen de continuar con el hábito y de ser fumadores crónicos (por un periodo muy extenso). Lo anterior indica cuán importante son las campañas preventivas de educación a las edades más tempranas posibles.

b) Enfermedades causadas por el cigarrillo

El cáncer al pulmón es la enfermedad más identificada con el hábito de fumar. En 1985, el cigarrillo fue el causante de un 87 % de todas las muertes por cáncer al pulmón. Entre las mujeres, el cáncer al pulmón ha sobrepasado al cáncer a las glándulas mamarias como causa

principal de cáncer fatal, como un resultado directo del aumento en las últimas tres décadas del número de mujeres que fuman.

Otras enfermedades que se conocen como causadas por el cigarrillo, incluyen infartos coronarios, problemas vasculares periféricos, cáncer de la laringe, de la boca, y del esófago; enfermedades crónicas obstructivas del pulmón; retardo de crecimiento fetal; y bajo índice de peso al nacer en niños. El cigarrillo es considerado actualmente en ser probablemente una de las causas principales de no fertilidad, aumento en la mortalidad infantil, y muertes por ulcera péptica; de ser un factor de contribución en el cáncer del bazo, páncreas, y del riñón, además de estar asociado con el cáncer al estómago. El humo del tabaco también interactúa con otras sustancias en los lugares de trabajo y con el alcohol en un aumento del riesgo de contraer cáncer.

Existen alrededor de **4000 compuestos** presentes en el humo del cigarrillo, muchos de los cuales se ha comprobado científicamente que son tóxicos o que causan cáncer y mutaciones. Un total de **43 compuestos carcinogénicos** se han identificados, incluyendo varias **nitroaminas, benzo[a]pireno, cadmio, níquel y zinc**. Entre otras sustancias presentes se encuentran el **Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno, y material particulado**.

c) El “fumador pasivo” y la “exposición involuntaria”

Respirar el humo de cigarrillo producido cuando otras personas fuman se denomina el efecto del “fumador pasivo”. Prácticamente todas las sustancias inhaladas por los fumadores están presentes en los humos del cigarrillo o del humo exhalado por la persona que fuma. A pesar de que las concentraciones de productos tóxicos son menores debido al efecto de dilución en el aire, se ha establecido que estos humos tienen un efecto sobre la salud. En Estados Unidos, La EPA (Agencia de Protección Ambiental) ha clasificado al humo del cigarrillo como un agente cancerígeno de clase A (Clasificación que indicaría que existe suficiente evidencia de estudios epidemiológicos para corroborar la relación causa-efecto entre la sustancia y el cáncer). El cáncer al pulmón en personas no-fumadoras sanas es la mayor demostración de este efecto en familias de fumadores. Un aumento en las infecciones respiratorias y en los síntomas entre hijos de fumadores, aumento de síntomas de alergias, condiciones crónicas de los pulmones, y dolores del pecho son claros indicadores del efecto del fumador pasivo, así como también dolores de cabeza, e irritaciones de ojos y nariz.

La exposición involuntaria a sustancias producidas por el humo del tabaco se produce en el desarrollo del embrión de una mujer embarazada que ha fumado, y también en los infantes de mujeres que amamantan y fuman. Muchas de las sustancias pueden cruzar la placenta y llegar al feto; otras sustancias aparecen en la leche materna. Algunas de las consecuencias de estas exposiciones incluyen pérdidas, nacimientos prematuros, bajo peso de los infantes, y retardo en el desarrollo.

El problema del fumador pasivo a ido incrementando las restricciones a los fumadores tanto a nivel casero como público, debido al mayor conocimiento de los efectos directos e indirectos del humo del cigarrillo.

Existen cada vez mayores regulaciones en escuelas, bibliotecas, restoranes, medios de transporte, oficinas, etc., que impiden el uso indiscriminado de cualquier ambiente para emitir las conocidas sustancias tóxicas que produce el humo del tabaco.

4.4.3. Contaminación de ambientes interiores

A mediados de los 70, algunos informes científicos comenzaron a plantear la posibilidad de que la contaminación del aire podría ser más peligrosa en cualquier cocina de una casa común, que en la que se podría encontrar en el aire de las ciudades más pobladas. Hoy en día, después de muchos trabajos efectuados sobre este tema, el problema de la contaminación de ambientes interiores está claramente establecido.

a) Fuentes de contaminación interior

Existen cinco tipos de fuentes de contaminación en un hogar común. La primera en ser reconocida fue la **combustión de combustibles para calentamiento y cocción de alimentos**. Los gases más utilizados como combustible son el **Gas Natural (Metano)** y el **Gas Licuado (Propano-Butano)**, que principalmente producen **Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono** junto a otros productos de la combustión que no tienen efectos nocivos. Si se utiliza madera tanto para calefacción en chimeneas o para cocción (es el caso de muchos países en el mundo), en este caso además de los dos contaminantes nombrados se agregan material particulado y una serie de hidrocarburos potencialmente riesgosos para la salud. Estos hidrocarburos incluyen al grupo de los **benzo[alpirenos** que son conocidos como **potentes cancerígenos**.

La combustión de **Carbón o Petróleo** produce todos los contaminantes anteriores además de la producción de **Dióxido de Azufre**. En la mayoría de los países desarrollados se utiliza petróleo de bajo contenido de Azufre como elemento de calefacción, por lo cual lo anterior no es un problema mayor. Sin embargo en muchos otros países como China por ejemplo, se utiliza en grandes cantidades Carbón en la mayoría de los hogares, y por lo tanto el espectro de contaminantes que se producen provocan una serie de daños a la salud de la población. En las naciones en desarrollo donde el uso de cocinas con mala ventilación y de uso común de combustión directa en el interior de las casas, la contaminación a partir de estos combustibles se cree que puede ser una gran fuente de peligro para la salud.

Una segunda fuente de contaminación interna es la resultante de **materiales naturales y sintéticos** utilizados en alfombras, aislantes de espumas, papeles de decoración interior, y

muebles. Los pegamentos utilizados en maderas aglomeradas por ejemplo, producen **formaldehído**. Las alfombras de Látex son fuente de emisiones de fenil- ciclohexano. **Asbesto**, utilizados en materiales de construcción por sus propiedades de resistencia al calor, pueden provocar la emisión de fibras de asbesto al aire interior si no están apropiadamente selladas. En oficinas algunos tipos de fotocopadoras e impresoras de computadores son una fuente de sustancias orgánicas tóxicas tales **tolueno**. En efecto, el aire en muchos de los edificios modernos está particularmente contaminado debido a la combinación de equipos de oficina, alfombras sintéticas, y mala ventilación.

La tercera fuente posible de contaminación interna es la fuga de gases tóxicos a través del suelo bajo las casas o de los servicios de aguas servidas por posible contaminación en estos conductos. En Estados Unidos la mayor fuente de emisión de gases a través del suelo lo constituye las emisiones de **gas radioactivo Radón**. Cierta evidencia reciente ha demostrado que es posible que gases tóxicos emitidos de lugares de almacenamiento de desechos puedan afectar sitios poblados, y también hay casos documentados de problemas por emisiones a través de los servicios de alcantarillados.

Muchos de los productos comerciales utilizados domésticamente tales como **limpiamuebles, pegamentos, agentes de limpieza, cosméticos, desodorizantes, pesticidas, y solventes** utilizados en el hogar contribuyen a la toxicidad del aire ambiente interior. Más aún, las ropas limpiadas en seco, son una fuente de **tetracloroetileno**. Estos productos de usual consumo son la cuarta fuente de producción de contaminación interna. La quinta fuente de contaminación es el humo del cigarrillo. No solo es un contaminante por si solo, sino que aumenta los riesgos de enfermedades a partir de otros compuestos tóxicos presentes en los ambientes internos.

b) Reducción de la contaminación interna

La contaminación interna de las cinco fuentes mencionadas puede ser reducida por medio del aumento de la ventilación de los ambientes interiores. Desafortunadamente, esta estrategia puede ser altamente costosa, especialmente en lugares de baja temperatura, donde se enfría rápidamente el ambiente interno, y los consumos de combustible aumentan notoriamente. Mucho del interés por la contaminación interna ha nacido de la preocupación de que al sellar las pérdidas de calor de para efecto de una mejor conservación de la energía, se produce a su vez la acumulación de gases contaminantes y de aire caliente.

Afortunadamente, existen otros caminos para reducir los niveles de contaminación interna en vez de permitir la excesiva infiltración de aire y consecuente pérdida de energía. Las cocinas interiores pueden ser ventiladas con campanas eficientes lo que aumenta la ventilación en la fuente directa de contaminación, que es donde más se necesita. Alternativamente, el uso de cocinas eléctricas disminuye notablemente la contaminación interna, aunque esto puede significar una mayor fuente de contaminación externa si la producción de electricidad es a partir de

combustibles fósiles (petróleo, carbón). La contaminación interna producida por la calefacción puede ser reducida aunque no totalmente eliminada si se utilizan sistemas eficientes en las calderas y en los calefactores puntuales. La contaminación producida por materiales sintéticos puede ser evitada disminuyendo su uso, o eliminando por medio de buena ventilación las emisiones producidas por elementos nuevos. Los muebles nuevos, especialmente los que contienen espumas, son fuentes de mayor contaminación interna que los muebles usados. La razón es que a medida de que aumenta el uso de los muebles con espuma, la emisión de **formaldehído** disminuye. También es posible utilizar algunos compuestos sellantes de materiales de construcción de modo de prevenir la emisión de sustancias tales como el **formaldehído** o **asbesto**.

Recientes estudios hechos por la **NASA (Agencia Nacional de Administración y Aeronáutica, U.S.A.)** indican que existiría otra forma de reducir al menos parcialmente los niveles de contaminación interna. Los científicos de la NASA han demostrado que las plantas comunes de interiores pueden absorber algunos gases de compuestos como **formaldehído, benceno y monóxido de carbono** (New York Time, Julio 26, 1988). Es aparente de estos estudios de que algunas plantas están mejor adaptadas para este efecto que otras. los **Filodendros** son las que sería particularmente efectivas para remover estos gases. Otras plantas que muestran esta habilidad son la **planta araña** (remueve **monóxido de carbono**), la **aloe veras** (para **formaldehído**), y las **margaritas (gerbera daisies)**, (para **benceno**). Aunque los análisis se han efectuado para condiciones que se tienen en las cápsulas espaciales y no para situaciones interiores en tierra, los resultados sugieren que estas plantas pueden tener una utilidad alternativa a la ornamental.

A pesar de las estrategias que hemos descrito, el problema de la contaminación interna permanece latente en ciertas situaciones. Algunos lugares interiores contienen materiales de construcción que son grandes fuentes de contaminación tales como **asbesto**, los cuales no pueden ser extraídos sino es a grandes costos. Otras casas y edificios pueden estar localizados en lugares cercanos a acumulaciones de desechos tóxicos, de modo de que no existe una solución a corto plazo.

4.5. Grados del concepto de peligro

En la identificación y clasificación de los residuos peligrosos, es importante reconocer que existen varios grados de peligrosidad asociados con los diferentes tipos de productos. Existen muchas formas de clasificar el grado de peligro, una de ellas es la siguiente, que define tres categorías:

- La primera categoría incluye aquellos residuos de principal preocupación (Categoría I) y que contengan concentraciones significantes de los constituyentes que son más tóxicos, móviles, persistentes o bioacumulables. Ejemplos de esta Categoría I incluyen los siguientes:

- a) **Residuos de Solventes Clorinados** del desengrasamiento de metales. Estos son incluidos debido a su toxicidad, movilidad y también a su posible persistencia en el ambiente;
 - b) **Residuos de Cianuros** se incluyen debido a toxicidad aguda;
 - c) **Residuos de PCBs** están en la lista debido a su persistencia y propiedades bioacumulativas.
- En la segunda categoría (Categoría II) se incluyen los que no requieren especial atención, e incluyen las **borras de hidróxidos metálicos** (excluyendo cromo hexavalente) en las cuales los metales tóxicos están en una forma relativamente insoluble y una baja movilidad.
 - La tercera categoría (Categoría III) incluye un gran volumen de residuos, incluyendo productos de bajo peligro y algunos materiales putrescibles, para los cuales el corte entre peligroso y no-peligroso es menos claro.

4.6. Efectos ambientales de la disposición de residuos peligrosos

Efectos adversos en la biota pueden suceder en los lugares de disposición como resultados de actividades de construcción y la subsecuente entrega de químicos tóxicos al medio ambiente. Los animales y plantas que habitan en la vecindad de estos sitios pueden ser usados para evaluar la extensión e intensidad de la contaminación; esta actividad denominada monitores biológico, generalmente se fundamenta en la medición de la concentración de los contaminantes en las especies seleccionadas para la examinación. El monitoreo biológico tiene la ventaja que los niveles de contaminantes en la biota son mucho mayores que en el ambiente físico. Esto es de particular importancia en el ambiente acuático, donde la pronunciada bioacumulación resulta en niveles marcadamente elevados de ciertos compuestos orgánicos en peces, aún en aguas que contengan bajo niveles de estos compuestos. Un aumento de la mortalidad de biota, particularmente grandes animales, puede entregar un aviso importante de la contaminación por residuos tóxicos de algún lugar de disposición. Es el caso de la muerte de peces en entregas periódicas de productos químicos a las aguas superficiales o de bahías.

4.6.1. Efecto en el ambiente terrestre

Los efectos en el ambiente terrestre usualmente son de naturaleza local. Uno efecto de importancia es que la producción de gases en los vertederos disminuye el suministro de oxígeno en las capas superiores del suelo, provocando la muerte de la vegetación. Los residuos ricos en metales también inhiben la vegetación, lo cual hace susceptible a los terrenos a la erosión por el viento y las inundaciones lo cual puede provocar escape de sustancias contaminantes. Si se cubren los terrenos con residuos industriales esto puede resultar en grandes cantidades de metales y compuestos orgánicos a terrenos agrícolas. Como ciertos metales son fototóxicos y pueden reducir el rendimiento de cultivos, y aún acumularse en los propios cultivos lo cual puede causar problemas a los consumidores humanos o animales.

4.6.2. Efectos en el ambiente acuático

La eficiente dispersión que ocurre cuando los contaminantes entran a las aguas superficiales es una importante característica del compartimento ambiental. La contaminación puede llegar desde una fuente puntual de descarga, particularmente en ríos, canales de drenaje, aguas costeras, etc. Como se menciona anteriormente, la muerte de peces es la forma más visible del impacto en el ambiente.

Se debe prestar especial atención a peces recogidos en zonas cercanas a lugares de disposición. Los efectos que se observan incluyen lesiones epidermales y neoplasmas del hígado; en algunas zonas costeras estos efectos se han relacionados con elevados niveles de hidrocarburos en los sedimentos.

4.7 REACTIVIDAD QUIMICA DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

4.7.1 Factores Físicoquímicos

Enlaces Químicos

La estabilidad de un compuesto químico depende únicamente de la resistencia de los enlaces químicos entre los átomos o los iones de los que está formado.

Otro aspecto a considerar es la longitud de los enlaces, que disminuye con el número de los mismos. La fragilidad aumenta con la longitud. Si tiene lugar una excitación aumenta la longitud y la fragilidad.

Tabla 4.3 . Longitudes de Enlaces

Tipo de Enlace	Longitud en Å	Tipo de Enlace	Longitud en Å
H-H	0.70	O=O exc	1.61
H-H-exc	1.06	O-O	1.32
F-F	1.28	C≡C	1.20
Cl-Cl	1.98	C=C	1.34
Br-Br	2.28	C-C	1.54
I-I	2.66	N≡N	1.10
O≡O	1.00	N=N	1.20
O=O	1.14	N-N	1.40

Fuentes de Energía en las Reacciones

Energía de Activación [Ley de Arrhenius]

$$k = A e^{-E/RT}$$

A: factor de frecuencia

E : energía de activación

R : constante de los gases

Energía Liberada por las Reacciones

La energía de enlace es la energía necesaria para romper un enlace químico entre dos átomos. La energía de enlace puede dar una idea de la estabilidad de los compuestos, aunque la energía total de una molécula no es exactamente la suma de energías de todos los enlaces.

Tabla 4.4 . Energía de Algunos Tipos de Enlaces

Tipo de Enlace	Energía kcal/mol	Tipo de Enlace	Energía kcal/mol	Tipo de Enlace	Energía kcal/mol
C-F	116	C=O	192	O=O	119
C-Cl	81	C-C	59	O-O	35
C-Br	68	C=C	100	N≡N	170
C-I	51	C≡C	123	N=N	80
				N=N	20

4.7.2. Previsión de las reacciones químicas

Examen de los Grupos Químicos de las Moléculas

Cuando se conoce la fórmula química de un compuesto, el examen de los grupos químicos que lo constituyen puede dar una idea bastante aproximada de su reactividad.

Tabla 4.5 . Grupos Químicos de Caracter Inestable

• Compuestos acetilénicos • Hidroperóxidos, ácidos orgánicos peroxidados • Perácidos, persales, perésteres • Peróxidos de dialquilo • Peróxidos de diácilo • 1,2-Epóxidos • Peróxidos metálicos, sales de ácidos orgánicos peroxidados • Ácido inorgánico peroxidado • Hipohalogenito, halogenito, halogenato, perhalogenato • Sales de perclorilo • Compuestos nitrosados • Compuestos Nitrados • Compuestos polinitrados • Nitritos de alquilo o acilo	• Nitratos de alquilo o acilo • Fulminatos • Nitruros • Azoduros, compuestos azido • Compuestos azo • Compuestos diazo • Sales de diazonio • Diazirina • Compuestos N-nitrosado • Compuestos N-nitrado • Halógenoaminas • Nitraminas • Alquilmetales • Hidruros de alquilmetal • Halógenoalquilmetales • Hidruros metálicos • Borano, arsina, fosfina, silano
---	---

Cálculo Termodinámico del Nivel de Riesgo

Se puede establecer un nivel de riesgo relativo al carácter inestable de un producto o de una reacción a partir de datos termodinámicos conocidos o medidos de los elementos, grupos químicos o moléculas que constituyen el producto o los reactivos.

$$\Delta G_f = \Delta H_f - T \Delta S_f$$

ΔS_f = Entropía de formación

ΔH_f = Entalpía de formación

ΔG_f = Entalpía Libre de formación

Un valor muy negativo de ΔG_f revela un producto muy inestable o una reacción muy exotérmica.

Otros parámetros termodinámicos a tener en cuenta son :

ΔH_d = Entalpía de Descomposición : Se usa para los compuestos en los que se sospecha que pueden descomponerse espontáneamente bajo el efecto de un choque o del calor.

ΔH_c = Entalpía de Combustión : Se compara con la de descomposición en el caso de las sustancias explosivas

Tabla 4.6 : ΔG_f de algunos Compuestos en Kcal/mol

Formula	ΔG_f a 298 °K kcal/mol	Reactividad
MgH	+34	Inflamación espontánea
MgO	-136	Oxido muy estable
AgN ₃	+90	Compuesto muy explosivo
Ag ₂ SO ₄	-147	Compuesto muy estable
NH ₂ -NH ₂	+31	Compuesto muy reductor

Si se expresa ΔG_f en kcal/g se puede juzgar aún mejor la estabilidad de un compuesto por la energía interna que se libera en el curso de su formación.

**Tabla 4.7 : DG_f de algunos Compuestos en Kcal/mol
y en Kcal/g**

Formula	DG _f a 298 ° K		Comentario
	kcal/mol	kcal/g	
CH ₄	-12	-0.75	Hidrocarburo inflamable
HCO ₂ H	-80	-17.4	Producto de Oxidación parcial
CO ₂	-94	-21.4	Producto de Oxidación total

4.7.3. Reacciones químicas peligrosas

Existen en la literatura un elevado número de reacciones peligrosas. Las tablas siguientes citan algunos ejemplos.

Tabla 4.8 . Compuestos que Reaccionan Fuertemente con el Agua

• Ácidos fuertes anhídros • Alquilmetales y metaloides • Amiduros • Anhídridos • Carburos • Halogenuros de ácido • Halogenuros de acilo • Halogenuros inorgánicos anhídridos (excepto alcalinos) • Fluor	• Hidróxidos alcalinos • Hidruros • Imiduros • Metales alcalinos • Óxidos alcalinos • Peróxidos inorgánicos • Fosfuros • Siliciuros • Calcio
--	--

Tabla 4.9 . Compuestos que Reaccionan Violentamente con el Aire u Oxígeno [Inflamación Espontánea]

• Alquilmetales y metaloides • Arsinas • Boranos • Hidruros	• Metales finamente divididos • Metales carbonilados • Nitruros alcalinos • Fosfinas	• Fósforo blanco • Fosfuros • Silenios • siliciuros
--	---	--

Tabla 4.10 . Sustancias Incompatibles de Elevada Afinidad

Oxidantes con :	Nitratos, halogenatos, óxidos, peróxidos, flúor
Reductores con :	Materias inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquilmetales, aluminio, magnesio y circonio
Acidos fuertes con :	Bases fuertes
Acido Sulfúrico con :	Azucar, celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos, sulfocianuros

Tabla 4.11 . Reacciones Peligrosas de los Acidos

Reactivo	Reactivo	Se desprende
Acido Sulfúrico	Acido fórmico Acido oxálico Alcohol etílico Bromuro sódico Cianuro Sódico Sulfocianuro sódico Ioduro de hidrógeno Algunos metales	Monóxido de carbono Monóxido de carbono Etano Bromo y CO ₂ Monóxido de carbono Sulfuro de carbonilo Sufuro de hidrógeno Dióxido de azufre
Acido Nítrico	Algunos metales	Dióxido de nitrógeno
Acido Clorhídrico	Sulfuros Hipocloritos Cianuros	Sulfuro de hidrógeno Cloro Cianuro de hidrógeno

Tabla 4.12 . Sustancias Facilmente Peroxidables

• Eteres • Compuestos isopropílicos • Compuestos alílicos • Haloalquenos • Compuestos vinílicos	• Compuestos diénicos • Compuestos vinilacetilénicos • Cumeno, estireno, tetrahidronaftalenos • N.alquilamidas, ureas, lactamas • 2-Butanol, metilisobutilcetona
---	--

CAPÍTULO V

PLANIFICACIÓN PARA EL MANEJO SEGUROS DE SUSTANCIAS Y RESIDUOS PELIGROSOS

5.1. LOCALIZACIÓN Y EDIFICIOS

Idealmente todo lugar de almacenamiento de sustancias peligrosas deberá estar ubicada alejada de zonas densamente pobladas, de fuentes de aguas potables, de áreas con posibilidad de anegamiento y de posibles fuentes externas de peligro.

La localización debe tener un fácil acceso a los servicios de transporte y emergencia sobre terrenos estables y que soporten edificios y caminos seguros. Se deben proveer servicios adecuados tales como electricidad con suministro de emergencia si es necesario, agua potable y red de agua contra incendio, sistemas de drenajes segregados de los públicos y de aguas lluvias para evitar toda posible contaminación.

5.1.2. Ubicación en planta

La ubicación en planta o en el lugar designado debe ser diseñado de tal manera de permitir la separación de materiales incompatibles utilizando edificios o lugares separados, murallas contrafuego u otras precauciones aceptables, así como también permitir movimientos y manejo seguro de los materiales peligrosos; debe existir espacio suficiente para las condiciones de trabajo y permitir el acceso expedito por varios lados.

5.1.3. Seguridad

Se debe proteger los lugares de almacenamiento de posibles robos mediante medidas de seguridad como rejas y alarmas. Las medidas de seguridad pueden variar según la localización del almacenamiento particularmente si se trata de lugares aislados o de lugares que forman parte de un complejo de almacenaje. Con respecto a los límites el lugar de almacenamiento debe estar rodeado por una cerca o muralla protectora que debe mantenerse en buen estado. La línea de la cerca debe dejar suficiente espacio para las posibles emergencias en caso de derrames. Durante la noche se debe tener personal de seguridad o sistema de alarmas o de iluminación.

El número de puertas de acceso deben ser las mínimas consistentes con una operación eficiente. Desde el punto de vista de seguridad el número ideal de puertas es uno, pero se debe tener en cuenta del manejo de emergencias donde se pueden requerir otras puertas que permitan el paso de vehículos de emergencia de diferentes direcciones.

En cuanto al acceso al lugar de almacenamiento este debe estar implementado con sistemas de rejas y candados para cuando no este en uso. Las partes bajas deben estar construidas de materiales seguros. Las llaves deben ser colocadas en un lugar conveniente como la portería o una oficina. Cada llave debe estar claramente identificada, y no deben ser de fácil acceso al público y se debe tener una llave maestra en caso de extravió de las principales. Debe existir un número limitado de llaves maestras para el personal que puede ser llamado en un caso de emergencia.

5.1.4. Diseño de sitios de almacenamiento

El diseño del lugar de almacenamiento debe ser hecho de acuerdo con la naturaleza de los materiales a ser almacenados y con adecuados lugares de salida. Si es necesario se debe dividir las áreas y el volumen almacenado en zonas compartamentalizadas en orden de efectuar la necesaria segregación de materiales incompatibles. Los lugares deben estar suficientemente cerrados y con la posibilidad de ser protegidos. Los materiales de construcción deben ser no inflamables y el edificio debe ser de concreto armado o acero. Si es de una estructura de acero, esta debe estar protegida por aislación.

- **Paredes Cortafuego:** Las paredes externas deben estar cubiertas con acero o planchas de metal, o cuando exista riesgo de fuego deben ser de material sólido. Los materiales aislantes deben ser de elementos no-combustibles, lana mineral o fibra de vidrio. Las divisiones internas, diseñadas para actuar como rompedores de fuego deben proveer al menos 60 minutos de resistencia y se deben construir con una altura de un metro sobre el techo o tener algún otro medio de impedir la propagación del fuego. Los materiales más adecuados para combinar resistencia al fuego con resistencia física y estabilidad son el concreto, ladrillos o bloques de cemento. Para lograr la deseada resistencia al fuego, las paredes reforzadas de concreto deben tener al menos 15 cm. de espesor y las paredes de ladrillos deben ser de al menos 23 cm. Los ladrillos huecos no son apropiados. Los bloques de concreto sin reforzamiento requieren de un espesor mínimo de 30 cm. para lograr la estabilidad y fuerza requeridas. Para lograr una mayor estabilidad estructural, se recomiendan columnas de reforzamiento (pilastras) en las paredes. Las paredes contrafuegos deben ser independientes de la estructura para evitar su colapso en caso de incendios. Cuando existen cañerías, ductos y cables eléctricos, se deben colocar con sustancias retardantes del fuego. Las puertas en las paredes interiores deben tener resistencia al fuego similar a las paredes y se deben cerrar automáticamente, es decir con un sistema de fusibles activados por el sistema de detección automático de incendio. El espacio requerido para cerrar debe mantenerse libre de toda obstrucción.
- **Salidas de Emergencia:** Deben existir salidas de emergencias distintas de las puertas principales. Al planificar estas salidas debe tomarse en cuenta toda posible emergencia, siendo el requisito primario que nadie pueda quedar atrapado en el lugar. Deben estar claramente indicadas y de un diseño consistente con la seguridad de un fácil escape en caso de emergencia. Deben ser fáciles de abrir en la oscuridad o con humo denso y equipadas con

pasamanos de emergencia. El escape debe ser posible de toda área cerrada al menos en dos direcciones.

- **Pisos:** Los pisos deben ser impermeables a los líquidos. Deben ser lisos, pero no resbalosos, y libres de hendiduras para permitir una limpieza fácil y estar diseñados para la contención de derrames y aguas contaminadas en caso de incendio.
- **Drenaje:** Los drenajes o desagües abiertos deben evitarse en los lugares que almacenan sustancias tóxicas para prevenir la liberación de aguas contaminadas en caso de incendio o derrames, ya que al estar conectadas directamente al alcantarillado o río pueden causar contaminación ambiental. Sin embargo se deben diseñar desagües para las aguas lluvias en los techos y lugares exteriores. Los ductos de aguas lluvias deben ser externos en lo posible y si son internos deben ser no combustibles. Los drenajes deben estar sellados y protegidos del posible daño de vehículos. Esto se puede lograr por medio de canalizaciones de ladrillos o concreto que protejan los ductos con una altura de la menos 20 cm. Todo drenaje debe estar conectado a un pozo colector que esté protegido de aguas lluvias, para una posterior disposición.
- **Terraplenes:** En el caso de un fuego mayor que implique productos tóxicos es esencial que el agua del combate de incendio sea retenida y que no se permita que se desparrame contaminando los cursos acuáticos adyacentes. Esto se logra por medio de terraplenes o embancamientos que se pueden definir como la retención física del agua de incendios o derrames. Todos los lugares de almacenamiento de productos tóxicos deben tener terraplenes, cuyos volúmenes de retención dependen de las características peligrosas de los productos almacenados. Los siguientes valores normalizados para grandes almacenes equipados con rociadores se pueden tomar como guía.

Tabla 5.1. Volúmenes de retención de agua de incendio en el combate de sustancias peligrosas

Características Peligrosas de los Productos Almacenados	Volumen de Retención de Agua de Incendio m ³ / ton, de material
Sustancias Explosivas, de fácil inflamación	3
Sustancia de posible combustión espontánea	5
Sustancias Inflamables con punto de inflamación menor a 55 ° C	5
Sustancias Ecotóxicas, ej.: Pesticidas, Preservantes de Madera, Derivados Organoclorados, etc.	5
Sólidos Inflamables	5

Referencia: NCh389.Of72: Sustancias Peligrosas - Almacenamiento de Sólidos, Líquidos y Gases Inflamables- Medidas Generales de Seguridad.

5.1.5. Almacenamiento exterior

Cuando se almacenan productos peligrosos en áreas exteriores, se deben tomar precauciones para contener cualquier derrame con pretilos o sacos de arena, además de un techo o cubierta que proteja los productos del sol y la lluvia. Esto se efectúa debido a los siguientes problemas:

- a) El almacenamiento de sustancias químicas en lugares de clima caluroso exponen estos productos a altas temperaturas que pueden causar degradación o incendios. Se debe seleccionar los productos de acuerdo a la hoja de seguridad.
- b) Para evitar la contaminación del suelo o de las aguas, la superficie de almacenamiento debe ser impermeable, y resistente al calor y al agua, evitando el uso de asfalto por su reblandecimiento en climas cálidos y el efecto de solventes.
- c) Si se usan pretilos, estos deben estar conectados con drenajes controlados por válvulas.
- d) Los materiales almacenados en esta forma deben ser revisados constantemente en cuanto a fugas para evitar contaminación de los drenajes.

5.2. MANEJO DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

5.2.1. Condiciones de la operación

Para el manejo de sustancias peligrosas se deben tener instrucciones escritas para todo el personal que incluyan:

- a) Instrucciones de la operación segura y correcta de todos los equipos y del almacenamiento de los materiales peligrosos;
- b) Hojas de datos de Seguridad para todos los productos transportados y almacenados;
- c) Instrucciones y procedimientos sobre Higiene y Seguridad;
- d) Instrucciones y procedimientos sobre emergencias.

5.2.2. Recepción, despacho y transporte de sustancias

Cuando se recepcionen sustancias peligrosas se debe tener una clara identificación de los productos por medio de la hoja de seguridad y por la especificación de la factura. Se deben incluir las características del producto, la cantidad y la condición de transporte. Si las sustancias o los envases no están en buenas condiciones y presentan un posible peligro, se deben tomar las acciones necesarias para evitar accidentes. Los productos químicos peligrosos nunca se deben transportar junto a productos de otro tipo como alimentos por ejemplo.

Los vehículos que transportan sustancias peligrosas deben tener toda la documentación apropiada, como la hojas de seguridad, tarjetas de emergencia en transporte, etc.

Esta tarjeta debe incluir:

- a) La compañía que envía el producto, con su dirección, número de teléfonos y personas de contacto en caso de emergencia;
- b) el producto que se está transportando;
- c) los peligros básicos y las precauciones a ser tomadas;
- d) las acciones a tomar en caso de accidente o derrames de los productos.

Debe contar también el vehículo, con extinguidor de incendios, y con equipo protector para ser utilizado por el conductor.

5.3. PLANIFICACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Si se almacenan grandes cantidades de productos peligrosos, se debe dejar espacio entre las paredes externas y los envases o paquetes, para permitir un acceso a la inspección, un libre movimiento del aire y espacio para combate de incendios. Los productos se deben ordenar de manera que las grúas horquillas puedan moverse libremente y también los equipos de emergencia. Se deben marcar las rutas de movimiento de el piso claramente y mantenerlas libres de obstrucción para evitar accidentes.

La altura de los paquetes no debe exceder los tres metros a menos que se utilice un sistema de repisas con escaleras que evite que puedan caer los productos y asegure su estabilidad. Se debe prestar especial atención a los productos que tengan signos de “Este lado hacia arriba”.

Se debe tener una clara distribución de los productos almacenados y de la naturaleza de su peligrosidad en cada sección del almacenamiento; se deben separar por materiales con similares características y por números en cada sub-sección o área separada. Esta información se debe tener a mano en las oficinas principales y ser actualizada constantemente. Un inventario completo de los materiales almacenados y su ubicación se debe tener en forma actualizada y completa.

5.3.1. Separación y segregación de productos

La palabra “**separación**” significa la colocación de diferentes grupos de productos en áreas separadas en el sitio de almacenamiento. El uso de la palabra “**segregación**” significa la separación física de diferentes grupos de productos, es decir en lugares de almacenamiento distintos o separados por una pared contra fuego en un mismo lugar de almacenamiento.

El objetivo principal de la separación y segregación de productos es para minimizar los riesgos de incendio o contaminación que a menudo se presentan en lugares de almacenamiento

mixto de sustancias incompatibles. La correcta separación también minimizará las zonas de peligro y los requerimientos de pretilos y la instalación de equipo eléctrico protegido.

La regla básica en el almacenamiento de sustancias peligrosas es no mezclar envases o paquetes de diferentes tipos de riesgos de acuerdo a los símbolos de la Clasificación de Sustancias Peligrosas de las Naciones Unidas. Se debe considerar además:

- Los líquidos altamente inflamables y los cilindros de gas se deben almacenar o instalar en zonas externas;
- Los materiales que son posibles de explotar en un incendio (por ejemplo, cilindros de gases o aerosoles) deben mantenerse separados de otros materiales inflamables.

5.3.2. Transporte interno de sustancias

Si se utilizan grúas horquillas para trasladar sustancias peligrosas estas pueden ser del tipo diesel, eléctricas o a gas licuado o gasolina. Por lo tanto se deben de tomar las precauciones adecuadas para la protección contra-llamas de estos equipos en los escapes y los motores. Los servicios de cambio de baterías para las grúas operadas eléctricamente deben estar ubicadas en áreas ventiladas y no cercanas a los productos almacenados. Esta área se debe mantener limpia y libre de todo tipo de combustible y estar ubicada en una área segregada de la instalación. La ventilación del área de recargo de baterías debe localizarse en la parte superior de las paredes para permitir la dispersión adecuada del hidrógeno que se genera durante la carga. Esto también es válido para grúas del tipo a gas licuado.

5.3.3. Higiene personal y equipamiento de seguridad

Se deben tener las ropas adecuadas así como también las instalaciones de cambio y lavado de ropas en un área separada y limpia donde el personal pueda comer en forma segura. Se debe tener el cuidado de un lavado frecuente de las ropas contaminadas o sucias ya sea en la propia instalación o fuera de ella en entidades especiales.

No se debe permitir comer, beber o fumar en las áreas de trabajos donde existan sustancias peligrosas.

Para trabajo rutinario con sustancias peligrosas se debe contar al menos con el siguiente equipamiento de seguridad:

- a) Casco protector o gorro protector;
- b) Lentes de seguridad o anteojos de seguridad;
- c) Mascaras para polvo o gases peligrosos;
- d) Guardapolvo o traje de trabajo;
- e) Guantes de goma o plásticos;
- f) Delantal plástico o de goma;
- g) Zapatos o botas de seguridad.

El tipo de operaciones que se efectúan determinará que equipamiento de seguridad se debe utilizar. Equipo especial de emergencia debe mantenerse en la parte exterior de las instalaciones en proximidad a las entradas.

5.3.4. Derrames y fugas de contenedores y envases

Para minimizar los peligros, todos los derrames o fugas de materiales peligrosos deben atacados inmediatamente, con previa consulta a la hoja de seguridad de la sustancia. Para tratar con derrames, los siguientes equipos son recomendables:

- a) Equipo de protección personal;
- b) Tambores vacíos, de tamaño adecuado;
- c) Material autoadhesivo para etiquetar los tambores;
- d) Material absorbente: arena, polvo de ladrillo, aserrín;
- e) Soluciones con detergentes;
- f) Escobillones, palas, embudos, etc.

Todo el equipo de emergencia y seguridad debe ser revisado constantemente y mantenido en forma adecuada para su uso eventual. El equipamiento de protección personal debe estar descontaminado y debe ser limpiado después de ser utilizado.

Los derrames líquidos deben ser absorbidos en un sólido absorbente adecuado tales como arena, polvo de ladrillo o aserrín, los cuales no se deben usar sin embargo en el caso de líquidos inflamables ó líquidos fuertemente oxidantes. El área debe ser descontaminada de acuerdo a las instrucciones dadas en las hojas de seguridad, y los residuos deben ser descartados de acuerdo a instrucciones adecuadas.

Los sólidos derramados deben ser aspirados con aspiradoras industriales. Se pueden utilizar palas y escobillones pero minimizando la generación de polvo utilizando arena, etc.

5.3.5. Disposición de residuos

Todos los residuos incluyendo material de empaque, deberá ser desechado de una manera ambientalmente segura y responsable. Residuos potencialmente peligrosos incluyen productos obsoletos, productos fuera de especificación, material contaminado, residuos líquidos y material absorbente que ha sido utilizado para limpieza de derrames. La disposición ambientalmente segura de estos residuos es a menudo difícil y se debe consultar personal experto o a las autoridades responsables. A menudo las Hojas de Seguridad pueden indicar la forma más adecuada de disposición de sustancias químicas. Todos los recipientes contaminados que no se reutilicen deben ser descontaminados y descartados en forma adecuada.

5.3.6. Primeros auxilios

Toda instalación que maneje productos peligrosos debe tener servicios de primeros auxilios y personal entrenado en procedimientos de emergencia. Los equipos de primeros auxilios deben incluir:

- a) Duchas de emergencia y sistemas de lavado de ojos;
- b) Botiquines de primeros auxilios;
- c) Mantas de incendios;
- d) Alumbrado y linternas de emergencia.

El equipamiento de primeros auxilios debe ser frecuentemente revisado y en perfecta mantención para asegurar su uso. Se deben efectuar arreglos con hospitales locales para la asistencia inmediata en caso de emergencias, tales como intoxicaciones agudas. El hospital o los doctores deben estar informados de la naturaleza de los productos químicos manejados y deben manejar los antídotos necesarios. En caso de emergencia las etiquetas o las hojas de seguridad deben ser enviadas al doctor junto al paciente.

Para asesoría detallada sobre primeros auxilios en relación a productos determinados, se debe consultar la HOJA DE SEGURIDAD. Sin embargo lo siguiente se debe considerar como una guía general:

1. **Exposición a humos o vapores:** Remover la persona afectada inmediatamente al aire libre. Obtener asistencia médica.
2. **Contacto con ojos:** Lavar profusamente con agua por 15 minutos. Obtener asesoría médica.
3. **Contacto con la piel:** Lavar pronta y profusamente con agua, después de remover toda la ropa contaminada. Esta debe ser puesta en bolsas plásticas para posterior descontaminación o disposición. Obtener asesoría médica.
4. **Ingestión:** No induzca vómito a menos que sea indicado por asesoría médica o lo indique la hoja de seguridad.
5. **Quemaduras:** El área afectada debe ser enfriada lo más rápido posible con agua fría hasta que el dolor cese. Si la piel es afectada, cubrir con una gasa esterilizada. No se debe extraer la gasa adherida. Obtener asistencia médica.
6. En todos los casos, después del tratamiento de primeros auxilios se debe obtener asistencia médica profesional.

5.3.7. Entrenamiento, auditoria y permisos de trabajo

Es fundamental efectuar un entrenamiento en seguridad y manejo seguro de productos peligrosos para todo el personal. Reuniones regulares de seguridad, sesiones de entrenamiento y prácticas de emergencia se deben efectuar como una oportunidad para revisar las instrucciones, los planes de emergencia y la información relevante que sea de utilidad para el personal.

Todos los miembros de la brigada contra incendios deben ser entrenados en el uso del equipamiento contra incendios así como en los planes de emergencias. Una buena auditoría minimizará los daños, las fugas y los riesgos de incendios así como también conducirá a una operación segura y eficiente.

Las siguientes prácticas se deben observar:

- a) Los materiales deben ser frecuentemente inspeccionados para localizar fugas o daños mecánicos;
- b) Los pisos deben mantenerse limpios y libres de polvo con particular atención en superficies grasosas;
- c) Toda el área debe mantenerse libre de polvo, trapos, basura, disponiendo de recipientes adecuados metálicos o plásticos para recoger los residuos en forma regular.
- d) Todos los envases vacíos de combustibles deben mantenerse fuera del área de almacenamiento de productos peligrosos;
- e) Después de todo trabajo, incluida la mantención, los materiales y equipos se deben limpiar adecuadamente;
- f) Todas las vías de evacuación, y equipo de emergencia se debe mantener en forma adecuada.

Un “**permiso de trabajo**” consiste en un documento escrito autorizando al personal para trabajar en una labor no rutinaria, advirtiendo los posibles daños o peligros y detallando las medidas de prevención a tomar para asegurarse de que el trabajo será efectuado en forma segura. Esto se aplica particularmente, al acceso a estanques, o acciones que puedan suponer peligros de incendios tales como, quemado de pinturas, soldaduras, u operaciones similares que se efectúan en la cercanía de material inflamable, así como también trabajo eléctrico. Este control también se debe aplicar a personal contratista.

5.3.9. Inspecciones de seguridad

Es recomendable que inspecciones de seguridad se organicen regularmente para asegurar que los objetivos de seguridad son entendidos por el personal, y para que las deficiencias sean corregidas y para estimular la concientización y preparación para emergencias.

5.3.10. Señales y símbolos

El uso de signos y símbolos indicando restricciones para fumar, localización de equipo de emergencia, teléfonos y vías de escape son recomendables. Las instrucciones de seguridad debe estar en un lenguaje claro y en el idioma adecuado. El uso de símbolos fáciles de entender es altamente recomendable.

5.4. PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA GENERALES

Una emergencia en un laboratorio o cualquier lugar de almacenamiento de sustancias peligrosas, puede ser potencialmente una fuente de peligro para las personas, el ambiente y la población vecina, además de la pérdida de valiosos productos e instalaciones. Por ejemplo, un fuego o incendio que envuelva productos que pueden producir gases o humos nocivos o tóxicos o que puedan descomponerse cuando se calientan, pueden causar un alto riesgo, o al menos grandes trastornos a la comunidad. El uso excesivo de agua en el combate del incendio, puede también causar en caso de materiales tóxicos la contaminación de aguas superficiales, subterráneas o del suelo. Ocasionalmente, la correcta decisión puede ser la permitir el incendio total en vez de arriesgar una contaminación por el uso de un exceso de agua en el combate contra incendios.

La protección contra fuegos exitosa debe incluir los siguientes pasos:

- a) Una rápida detección del fuego;
- b) Una rápida alarma a los servicios de bomberos y de emergencia;
- c) Un rápido combate del fuego, pero sólo por personal entrenado.

En forma similar, una exitosa protección contra la contaminación ambiental ya sea por causa del fuego, derrames u otras causas, debe incluir:

- a) Una rápida detección de las emisiones/descargas (o riesgos);
- b) Una rápida contención de la descarga;
- c) Un rápido aviso a las autoridades;
- d) Una rápida absorción, neutralización, disposición del contaminante.

Debe efectuarse una eficiente coordinación con las brigadas de bomberos locales, en especial las de especialidad química, para tener una asistencia inmediata en caso de un incendio. Debe además contarse con una brigada contra incendio interna, de modo de tomar la responsabilidad de actuar en caso de incendio, de llevar inventarios o auditorías regulares, de estar informada de la naturaleza de los productos químicos o peligrosos existentes, además de conocer todos los riesgos asociados a la operación de las instalaciones.

El personal que trabaja en las instalaciones debe ser entrenado en el combate contra el fuego, debiéndose efectuar ejercicios o simulacros en forma regular para revisar las condiciones de los equipos de combate contra el fuego y familiarizar al personal en su uso.

5.4.1. Planes de emergencia

En conjunto con las Autoridades locales y el Cuerpo de Bomberos, el Plan de Emergencia debe incluir un sistema de alarma y un procedimiento de evacuación. Todo Plan de

Emergencia debe incluir dos partes: un plan de emergencia interno y un plan de emergencia externo.

a) Plan de emergencia interno

Un conjunto de procedimientos diseñados para proteger el personal que trabaja en las instalaciones, y para combatir y manejar las emergencias que puedan poner en riesgo las vidas y las propias instalaciones. Este plan debe ser preparado por personal a cargo de las instalaciones o un comité de seguridad.

b) Plan de emergencia externo

Este plan comprende un conjunto de procedimientos diseñados para proteger a la población, las propiedades y el ambiente que rodea las instalaciones, de las posibles consecuencias de una emergencia originada en el interior de la propiedad. Este conjunto de procedimiento debe ser preparado por la autoridad local apropiada en cooperación con la autoridad interna que debe proporcionar toda la información necesaria que este en su posesión, como por ejemplo, listado de materiales peligrosos, lugares de almacenamiento, etc. Con respecto a lo anterior, una guía de mucha utilidad lo entrega el manual del PNUMA sobre Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local, (APELL, Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level) diseñado para asistir a los niveles de gobierno local y personal técnico en mejorar la conciencia de la comunidad sobre las instalaciones peligrosas y en preparar los planes de respuesta en caso de que eventos no esperados en este tipo de instalaciones pueda poner en peligro vidas, la propiedad o el medio ambiente.

5.4.2. Detección de incendios y equipo de protección

Si se considera apropiado, se pueden instalar detectores de incendio que entregan un alarma temprana y que son particularmente útiles en instalaciones que permanecen sin personal durante los fines de semana o festivos o fuera de las horas de trabajo normal. Sin embargo, mucha de la ventaja inicial se pierde si las brigadas de bomberos llegan después de 15 minutos de iniciado el fuego al sitio de la emergencia.

a) Detectores de incendio

Existen distintos tipos de detectores de incendio, entre los que se pueden contar los **detectores de llamas**, que son del tipo infrarrojo o ultravioleta o ambos; **detectores de humo**, que son de dos tipos, por “ionización” o por “efecto óptico”, cada uno tiene su aplicación específica que debe ser consultada con un especialista; **detectores de calor**, que son generalmente menos afectados por falsas alarmas que los de humo, sin embargo, por definición solo responden cuando un fuego ha desarrollado suficiente calor y por lo tanto se pueden ver como de acción retardada.

b) Sistema de Rociadores (Sprinklers)

Un sistema de rociadores consiste en una red de cañerías y válvulas sensibles al calor llamados cabezales rociadores. En un sistema automático de rociadores, cada cabezal está equipado con un sensor térmico o bulbo de vidrio de cuarzo el cual, a una temperatura predeterminada, permitirá la salida de agua o agua-espuma al área inmediata. Por este medio, un fuego puede ser automáticamente detectado, dada la alarma, y mantener el fuego controlado hasta el arribo de la brigada contra incendios. La ventaja de este sistema, comparado con los detectores de calor y de humo, es que entrega una protección continua contra el fuego, y simultáneamente, puede ser utilizado para iniciar una alarma para la brigada de bomberos. Es decir, un sistema automático de rociadores tanto detecta como combate el incendio. La principal desventaja es el costo. El alto costo de instalación solo justifica su uso en grandes instalaciones industriales o comerciales, o cuando el riesgo es de alta magnitud, o cuando los tiempos de respuesta de las brigadas contra incendio son muy prolongados. También se debe tener en cuenta el hecho de que el agua no es siempre el mejor sistema de extinción.

c) Sistemas de Respuesta

Los sistemas de detección ya sean detectores de humo o de calor o de rociadores tienen un valor limitado si no gatillan una respuesta efectiva. Por lo tanto es esencial que la alarma este conectada a un punto de control, o mejor aún a una brigada del cuerpo de bomberos. Est es particularmente importante en el caso de instalaciones que permanecen sin personas en horas de noche o en fines de semana. Es de vital importancia que los sistemas de detección sean revisados continuamente por personal especializado.

Donde existan grifos contra incendios, estos deben estar adecuadamente indicados de modo que todas las áreas de riesgo puedan ser alcanzados al menos por dos mangueras, de grifos distintos. Una fuente de agua alternativa puede ser una estanque de agua contra incendio.

Si se requiere por el tipo especial de productos almacenados, se puede contar con sistemas de mangueras retráctiles, pitones de agua a presión o con espuma, y otros tipos de equipos como monitores de televisión, mantas contra el fuego, polvos químicos, etc.

Los extinguidores de tipo portátil deben ser seleccionados de acuerdo con los materiales almacenados, y deben ser colocados estratégicamente en lugares apropiados. Todo el material de detección y protección debe ser regularmente inspeccionado por personal competente al menos una vez al año y se debe efectuar la mantención adecuada para asegurar que se puedan usar satisfactoriamente. Un diagrama indicando la distribución del equipo contra incendio debe mostrarse al menos en dos lugares de las instalaciones, y también en las oficinas del director del establecimiento.

5.4.4. Medios de combate contra incendios

Los medios de combate contra incendios deben escogerse de acuerdo a su modo de acción y su uso en el combate o prevención del fuego, y también dependiendo de los materiales que se almacenen en las instalaciones.

a) Agua

El agua actúa como un medio enfriante, es decir reduce la temperatura del producto que se quema hasta un punto por debajo del punto de inflamación y por lo tanto extingue el fuego. El agua debe ser usada preferentemente en forma de rocío fino o de neblina en vez de un chorro. Esto permite aumentar el potencial de enfriamiento y prevenir la extensión del fuego. Además del uso como elemento de extinción, el agua actúa como elemento de minimización de la extensión del fuego al usarse en el enfriamiento de materiales, estanques, equipos, cañerías, etc.

Se debe tener el cuidado sin embargo, al usar grandes cantidades de agua para atacar incendios con productos tóxicos debido al problema de la contaminación o de los reactivos que pueden reaccionar con agua de manera peligrosa. Agua nunca debe utilizarse con reactivos tales como carburo de calcio, isocianatos, óxido de calcio (caliza), ciertos compuestos de halógenos tales como cloruro de acetilo, cloruro de aluminio, y metales como sodio y calcio. Cuando se almacenen este tipo de materiales se debe discutir los riesgos especiales con las brigadas de bomberos. El uso de agua con extinguidores debe dirigirse directamente a la base del fuego.

b) Polvos químicos secos

Estos son efectivos generalmente sobre solventes inflamables, aerosoles, y productos que reaccionan adversamente con agua y también en incendios eléctricos. Sin embargo los polvos químicos secos se utilizan normalmente en forma portátil en extinguidores para tratar fuegos pequeños y por lo tanto aunque se consideran de alto valor, son básicamente de uso en una primera etapa solamente. El uso de los polvos químicos se debe dirigir a la base del fuego y moverlo hacia arriba en el incendio.

c) Dióxido de carbono y halones

Los extinguidores de dióxido de carbono y los halones son generalmente efectivos para solventes inflamables y productos que reaccionan con agua y en incendios eléctricos. Sin embargo, al igual que los polvos químicos, solo se usan como ayuda primaria. Además debido al efecto de la destrucción del capa de ozono por los fluoroclorocarbonos (halones), el uso de los halones será progresivamente disminuido. En el uso de CO₂ y halones se debe descargar lo más cerca posible del fuego y moverlo de arriba hacia abajo.

d) Espumas

Un número de diferentes tipos de espumas existen en forma comercial y son recomendables para ciertas clase de productos químicos, pero se requiere una destreza especial para su aplicación, siendo preferible en la mayoría de los casos utilizar polvos químicos.

Para productos que son inmiscibles en agua, tales como petróleo, kerosene, petróleo combustible e hidrocarburos en general (hidrocarburos solventes, benceno, estireno, etc.) estos son atacados eficientemente con espuma de fluoroproteínas o espuma de film acuoso. Para productos que son miscibles en agua las espumas son efectivas en incendios en que intervengan productos tales como alcoholes, cetonas, éter glicol, etc.

Espumas resistentes al alcohol se recomiendan para incendios en que intervengan pesticidas. Sin embargo debido a que contienen agua, las espumas no deben utilizarse en productos que reaccionan con agua o en incendios eléctricos. Para el combate con espuma no se debe dejar caer la espuma en el líquido en fuego. Permitir que la espuma caiga sobre el fuego.

Tabla 5.2 Resumen del Uso de Extinguidores

Decida la Clase de Fuego que se esta Atacando							
Coordine Extinguidor con Clase de Fuego indicado a la izquierda							
TIPO DE EXTINGUIDOR							
Clase de Fuego	Espuma	CO ₂	Agua	Estanque bomba	Cartucho de Gas	Polvo Químico Multipropósito	Polvo Químico Ordinario
CLASE Combustibles Madera, Papel Textiles, Orgánicos	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO
CLASE Líquidos Inflamables Gasolina, Pinturas Aceites, etc.	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI
CLASE Equipo Eléctrico Motores, Circuitos Eléctricos, etc.	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI

5.4.5. Ubicación de extinguidores y mangueras

Los extinguidores para la protección general deben ser ubicados lo más cerca posible de las salidas de emergencia de los edificios. Sin embargo, donde existan riesgos específicos, los extinguidores apropiados deben ser ubicados cerca de estos riesgos, como por ejemplo extinguidores de CO₂ en asociación con unidades de recarga de baterías.

Donde existan áreas no divididas extensas y se necesiten varios extinguidores, estos se deben colocar en puntos intermedios en las rutas de escape. Se deben colocar unidades a 30 metros una de la otra excluyendo cualquier extinguidor instalado para riesgos especiales. Los extinguidores deben estar ubicados en posiciones claves y estar accesibles para su uso inmediato. Deben estar suspendidos en ganchos, de modo que el tope del extinguidor no esté a más de 1 metro del nivel del suelo. Se deben colocar avisos en las paredes para indicar claramente su posición.

Los extinguidores para protección general (de agua y/o polvo seco) deben estar distribuidos a través de las instalaciones en base a una unidad por cada 200 metros cuadrados, con un número no menor a dos unidades.

Los extinguidores llenos con agua deben tener una capacidad no menor a 9 litros (peso total 12-15 kg.) mientras que los de polvo seco no deben ser de menos de 10 kg. de capacidad (peso total 15-20 kg.). Estas unidades tendrán un tiempo de descarga de 60 y 20 segundos respectivamente.

Donde se instalen mangueras contra incendio, estas deben poder llegar a cualquier parte de las instalaciones.

5.4.6. Combate del fuego

En el caso de incendio, se deben efectuar las siguientes acciones en forma inmediata, y simultáneamente según el tipo de emergencia:

- a) Sonar la alarma y despejar el área de todo el personal excepto de los que participan en la emergencia;
- b) Llamar a las brigadas contra incendio especiales del cuerpo de bomberos;
- c) Tratar de extinguirlo, si es posible, y si no lo es, al menos limitarlo y prevenir que se extienda a otras instalaciones adyacentes hasta el arribo de bomberos, sin provocar el riesgo a las vidas humanas;
- d) Asegurarse que los encargados de las instalaciones sean avisados y estén pendientes de la llegada del cuerpo de bomberos;
- e) Considerar la posibilidad de evacuar las instalaciones y actuar de acuerdo a los riesgos envueltos;

- f) Avisar a los servicios médicos correspondientes;

Para combatir el incendio, se deben tomar las siguientes medidas:

- a) Trabajar con el viento a favor y no en contra.
- b) Trabajar lo más lejos posible de la fuente del fuego en caso de una posible explosión, y enfriar las instalaciones adyacentes con agua.

En incendios de gran tamaño, si no se puede contener el incendio y existe un serio riesgo de contaminación de los cursos de aguas, siempre que no exista posible daño a las personas u otras propiedades cercanas, la decisión de detener el combate del fuego puede causar un daño global menor. Si así se hace existe un menor riesgo de contaminación ambiental debido a aguas contaminadas y como no efectúa enfriamiento, la combustión de los productos tóxicos es más completa.

5.4.7. Protección ambiental y de la comunidad

Cuando se produce un incendio en instalaciones que almacenan sustancias peligrosas, los principales riesgos ambientales se deben a las emanaciones de gases de combustión, flujos de aguas de incendio contaminadas y contaminación del suelo por agua contaminada o por residuos de la combustión. Cuando existe el riesgo de contaminación ambiental por humos pesados, gases tóxicos u otros productos, las autoridades de bomberos pueden decidir pedir a la población que se quede en sus casas con puertas y ventanas cerradas, o dependiendo de la situación o del posible riesgo de explosión pueden decidir la evacuación. Este tipo de decisiones deben discutirse previamente entre las autoridades locales y bomberos de acuerdo a los planes de emergencia existentes.

La posible inundación de los drenajes con las aguas contaminadas del combate del incendio, puede producir contaminación de aguas superficiales o subterráneas y daño al medio ambiente. Es esencial por lo tanto que en estos casos se retengan las aguas del incendio por medio de pretilos o se utilicen cantidades limitadas de agua. Par prevenir una mayor contaminación del suelo y aguas subterráneas, toda el área de incendio debe ser cuidadosamente limpiada.

5.4.8. Operaciones de limpieza

Después de un incendio, se debe efectuar una limpieza total por personal experto para protección de las personas y para prevenir una mayor contaminación ambiental.

a) Acciones iniciales

El área afectada debe ser aislada y protegida para que no entre ninguna persona no autorizada. Se deben colocar señales de advertencia y solo se permitirá personal de limpieza en el área. Se deben tomar precauciones para asegurar que no se muevan productos tóxicos fuera del área, y que el personal físicamente envuelto en la limpieza esté en conocimiento de los riesgos y toxicidad de los productos y que cuente con la ropa de protección adecuada. Si existe una probabilidad de contaminación del agua de combate del incendio el área debe cercarse con un sistema de retención o pretilles de sacos de arena o tierra.

b) Procedimientos de limpieza

El objetivo inicial debe ser el de separar los restos del incendio en las siguientes categorías:

- a) Agua retenida del combate al incendio;
- b) Residuos o productos sólidos y líquidos;
- c) Restos de material contaminados;
- d) Objetos dañados y no dañados.

El segundo objetivo es la disposición segura de los restos del incendio, lo cual se debe efectuar por personal especializado, así como también el traslado del material no dañado. El agua retenida en el incendio debe ser analizada por una posible contaminación. Si está limpia, puede ser descargada en los drenajes, pero debe hacerse con la aprobación de las autoridades locales. Si está contaminada, debe descontaminarse, por medio de métodos adecuados y conforme a las indicaciones de las hojas de seguridad respectivas. Una forma de descontaminación puede ser por evaporación (climas cálidos) siempre que el contaminante no sea volátil, recolectando las borras obtenidas en contenedores especiales para ser tratados como residuos peligrosos.

Los residuos sólidos deben ser recolectados y puestos en contenedores herméticos, mientras que los productos líquidos deben ser absorbidos y recolectados y colocados en envases seguros y tratados como residuos peligrosos. Los productos químicos dañados deben ser decantados en contenedores especiales, etiquetados y tratados como material obsoleto, mientras que los productos químicos ni dañados deben ser re-localizados adecuadamente.

Siempre que sea posible, se debe utilizar equipamiento mecánico para manejar los restos del incendio y minimizar el contacto humano con los materiales contaminados. Se debe efectuar la notificación de las Autoridades respectivas, del plan de limpieza a efectuar,. En muchos casos la cooperación y ayuda de las autoridades es de muy útil, y deben estar completamente informadas. Se deben analizar todas las aguas superficiales o subterráneas posiblemente contaminadas así como también la contaminación aérea para determinar posibles productos tóxicos en el área afectada.

c) Descontaminación de instalaciones y equipos

Los equipos, herramientas, e instalaciones deben ser descontaminadas con una solución al 5 % de soda cáustica o una solución al 10 % de carbonato de sodio, y lavadas profusamente hasta que queden limpias.

d) Protección personal

Para la protección personal en las operaciones de limpieza, se deben tomar las siguientes precauciones:

- a) Entregar las ropas de protección limpias y el equipamiento adecuado;
- b) Cuando se abandone el área se debe lavar y utilizar duchas de lavado con abundante jabón y agua para remover todas las trazas de productos químicos tóxicos y cambiarse por ropas limpias;
- c) Lavar todas las ropas personales;
- d) Verificar todo posible síntoma de envenenamiento o intoxicación, ya que estos efectos pueden no aparecer inmediatamente.

5.5. PLANIFICACIÓN DEL MANEJO SEGURO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Una vez que los problemas de residuos peligrosos han sido reconocidos será necesario formular políticas y estrategias para atacarlos. Se debe desarrollar la legislación, regulaciones y planes para los lugares de reciclo, tratamiento y disposición de los residuos.

5.5.1 Planificación sistemática

Los pasos o etapas que intervienen en un plan de manejo de residuos peligrosos son los siguientes:

- | | |
|--------------------|--|
| Etapas 1. | Plan de Manejo General del Programa |
| Etapas 2. | Definición de Objetivos y Restricciones |
| Etapas 3. | Formulación de Preguntas Claves |
| Etapas 4. | Recolección de Información |
| Etapas 5. | Revisión de Situación Existente |
| Etapas 6.A. | Identificar y Analizar Opciones |
| Etapas 6.B. | Identificar y Evaluar Sitios Potenciales |
| Etapas 7. | Revisión y Retroalimentación |
| Etapas 8. | Generación y Evaluación de Alternativas |
| Etapas 9. | Toma de Decisiones |
| Etapas 10. | Implementación |

Etapas 1. Plan de manejo general del programa

Existe un gran número de elementos básicos que necesitan ser considerados para desarrollar el plan general. Estos incluyen:

- Cantidades y tipos de residuos a ser cubiertos;
- Componentes del sistema de manejo (ej.: almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición) a ser incluidos en el plan;
- Área geográfica para la cual debe prepararse el plan;
- El tiempo ha ser analizado;
- Responsabilidad del Gobierno versus Sector Privado.

Etapas 2. Definición de objetivos y restricciones

a) Criterios de evaluación de objetivos

Es importante desde un comienzo del proceso de planificación tener una clara idea de los objetivos que se desean lograr por medio de un plan de manejo de residuos peligrosos. Estos objetivos deben ser transformados en criterios simples y claros a ser utilizados para evaluar las opciones y planes alternativos.

El objetivo principal de cualquier plan de manejo de residuos peligrosos es asegurar la segura, eficiente y económica recolección, tratamiento y disposición de los residuos; y asegurar que el sistema es confiable ahora y en el futuro.

Este amplio objetivo significa tener en cuenta una serie de criterios entre los cuales se cuentan:

- **Efectos de Salud:** Reducir los riesgos asociados con el almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición de residuos.
- **Impacto Ambiental:** Reducir los riesgos de contaminación ambiental asociados con el tratamiento y disposición de residuos.
- **Seguridad Técnica:** Asegurar que las tecnologías de tratamiento sean probadas, seguras, flexibles y duraderas en las condiciones locales.
- **Aceptación Política:** Pueden ser objetivos locales, una maximización del número de trabajos creados; y la aceptación pública de las instalaciones.
- **Recuperación de Recursos:** Para maximizar la utilización de tanto los materiales como el valor de combustible de los residuos. Minimizar el uso de terrenos o recuperar terrenos de poca calidad.
- **Viabilidad Económica:** Tratar de minimizar costos comparado con otras alternativas.

- **Conservación de Recursos:** Para minimizar la cantidad de residuos generados y asegurar que todos los residuos son recogidos, tratados y dispuestos apropiadamente.

b) Restricciones

Existen una variedad de restricciones a considerar en países en desarrollo:

- **Restricciones Financieras**
- **Restricciones de Recursos Técnicos y Humanos**
- **Restricciones de Uso de Terrenos**
- **Restricciones Ambientales Locales**
- **Restricciones de Tiempo**

Etapas 3. Formulación de preguntas claves

Habiendo definido el plan general, los objetivos a realizar y las restricciones principales, es posible formular una serie de preguntas claves que se necesitan analizar en el plan.

- ¿ Cuales son las cantidades existentes, que composición y localización tienen los residuos que requieren tratamiento y disposición ?
- ¿ Pueden ser segregados los residuos ?
- ¿ Como están actualmente almacenados, como son recolectados y transportados estos residuos ? ¿ Cuales son los principales problemas y dificultades de estos residuos ?
- ¿ Como son reciclados, tratados o dispuestos estos residuos ?
- ¿ Qué opciones de reciclaje, transferencia, tratamiento o disposición existen para evitar estos problemas ?
- ¿ Qué número de instalaciones deben proveerse ? ¿ Deben servir a industrias individuales o a grupos de industrias ? ¿ Donde deben estar localizadas ?
- ¿ Es la organización actual adecuada para el manejo de residuos ? ¿ Es la legislación adecuada ? ¿ Existen suficientes recursos para implementar el uso de estas instalaciones ?

Etapas 4. Recolección de información

a) Información inicial

Información es requerida en todas las etapas de la preparación del plan de manejo de residuos. Cinco áreas en particular se identifican donde se requiere de información:

- Fuentes actuales, cantidades y composiciones de los residuos;
- Predicción futura de la producción de residuos;
- Instalaciones existentes y prácticas actuales de manejo de residuos;

- Información sobre alternativas de tratamiento y disposición de residuos, es decir instalaciones industriales existentes (hornos de cemento, incineradores, etc.) que puedan ser adaptadas para el tratamiento de residuos;
- Mercado actual potencial para la recuperación de materiales y energía a partir de residuos peligrosos.

b) Información sobre generadores de residuos

Siempre existe poca información sobre las fuentes, cantidades y tipos de residuos peligrosos producidos en el área. Cuatro formas de recolectar antecedentes se pueden tomar:

- Un estudio preliminar puede entregar valores de orden de magnitud, basados en experiencia internacional;
- Los residuos pueden ser monitoreados en las instalaciones de tratamiento o disposición;
- Una encuesta simple de generadores de residuos puede efectuarse usando un cuestionario por correo, en entrevistas o una combinación de ambas;
- Una encuesta exhaustiva se puede efectuar, pero solo cuando se ha implementado un sistema de regulación para controlar los residuos peligrosos.

Etapas 5. Revisión de situación existente

Después de una recolección primaria de información, se requiere una revisión objetiva de la situación actual, con el propósito de focalizar la planificación en los problemas significativos y ver lo inadecuado de las instalaciones. El recolectar información es a menudo significa consumo de tiempo y recursos. Para mejorar el manejo de residuos, a menudo se requieren algunos gastos. Estos incluyen:

- Costos de capital para terrenos, equipos e instalaciones;
- Costos de mantención y operación asociados con los sistemas de manejo de residuos, incluyendo los recursos humanos y programas de capacitación;
- Costos administrativos y de control de regulación asociados con el sistema de manejo escogido.

a) Consideraciones económicas

A. Costos y beneficios

B. ¿Quién Paga: El que Contamina o la Sociedad ?

b) Consideraciones Financieras

A. Análisis Financiero

B. Desarrollo de Datos de Costo

C. Fuentes y Métodos de Financiamiento

- Acciones
- Leasing
- Impuestos
- Cargos, permisos
- D. Identificar Responsabilidades de las Agencias
- E Preparación de un Plan Financiero
- F. Privatización
- G. Sistemas de Recolección de Ganancias

Etapas 6.A. Identificar y analizar opciones

a) Jerarquía de opciones

Para cualquier flujo en particular de residuos, es posible definir una jerarquía de opciones preferidas, que pueden ser consideradas con el fin de limitar la cantidad de los residuos que necesitarán ser descartados en forma final. En general la secuencia jerárquica será:

- Evitar el residuos o reducción en la fuente;
- Reciclo o recuperación de recursos;
- Tratamiento por medios físicos, químicos o biológicos para destruir, convertir o inmovilizar los constituyentes peligrosos de los residuos;
- Incineración para destruir los residuos orgánicos;
- Disposición en tierra; y
- Disposición en océanos.

b) Opciones practicables

En esta etapa se debe hacer un esfuerzo para identificar y discutir un número de opciones simples que pueden utilizarse cuando las cantidades de residuos son pequeñas o los recursos no son suficientes para justificar instalaciones convencionales. Ejemplos de estas opciones son:

- Lagunas de evaporación solar para secar o desaguar borras;
- Usar pozos de evaporación para cantidades pequeñas de solventes, cuando su recuperación o incineración no es posible;
- Encapsulación en cemento de pequeñas cantidades de residuos muy peligrosos, antes de enterrarlos en vertederos;
- Adaptación de hornos de cemento o caliza, o de hornos industriales para quemar residuos peligrosos;
- Uso de Incineradores en áreas aisladas para quemar pequeñas cantidades de residuos peligrosos;
- “Estabilización” de borras de aceites mezclándolas con arena o materiales similares. El producto se puede usar como sustituto de asfalto.

Etapla 6.B. Identificar y Evaluar Sitios Potenciales

a) Principios generales

Las instalaciones mayores para el manejo de residuos deben ser ubicadas de acuerdo a una planificación que incluya criterios de: seguridad, ambientales, sociales, políticos y restricciones técnicas. Las metas de la elección del lugar deben incluir:

- Minimizar los riesgos de salud ; Maximizar la aceptación de la comunidad;
- Minimizar el impacto ambiental ; Minimizar los costos.

b) Factores de elección de lugares de disposición

Un ejemplo de factores para elegir los lugares de disposición de residuos peligrosos se entregan en la siguiente tabla.

Tabla 5.3. Factores de lugares de disposición

Restricciones Físicas

Tipos de Suelos
Geología y acuíferos
Topografía
Aguas Superficiales
Inundaciones
Estabilidad Sísmica
Estabilidad Terreno
Dirección de Vientos
Caminos y accesos

Uso de la Tierra

Valor Agrícola
Industria Minera
Suministro de Agua
(Superficial o subterránea)
Desarrollos Potenciales
Servidumbres / transporte
Uso residencial/industrial

Restricciones Ecológicas

Flora y Fauna
Valor de Conservación
Valor Habitacional
Valor Paisajista

Valores Humanos

Estética
Valor Recreacional
Histórico/Arqueológico
Cultural
Densidad Población

Empleos

Disposición de Residuos

Proximidad a usuarios
Acceso a transporte
Disponibilidad de servicios
Zonas adyacentes
Modificaciones de terrenos

Etapla 7. Revisión y retroalimentación

El proceso de planificación del manejo de residuos no es una secuencia lineal de etapas, sino que una estructura compleja donde se aprende por experiencia y se utiliza la información para reevaluar los pasos precedentes.

En este punto del procedimiento, es posible puntualizar los problemas críticos a los que se enfrenta la región o área de estudio, y hacer una lista de las opciones técnicas para resolver estos problemas.

La retroalimentación será necesaria para:

- Revisar los alcances del plan;
- Reexaminar los objetivos y las restricciones;
- Obtener una mejor información en ciertos aspectos claves.

Etapas 8. Generación y evaluación de alternativas

A continuación de la revisión y retroalimentación, el planificador debe formular una corta lista de tecnologías para el manejo de residuos peligrosos que son potencialmente atractivas en términos de necesidades y circunstancias locales.

Para evaluar los planes alternativos, es importante considerar la facilidad de implementar los diferentes sistemas. Las preguntas que se deben considerar incluyen:

- ¿Que regulaciones se requieren para asegurar que el sistema funcione ?
- ¿ Cuán fácil será utilizar este sistema ?
- ¿ Existen diferencias significantes en el sistema organizacional requerido ?
- ¿ Como se comportará el sistema total si falla en alguna parte ?
- ¿ Como se financiará el sistema ?

Toma de decisiones e implementación [Etapas 9 y 10]

En principio, una vez que los planes alternativos han sido evaluados, es posible para los planificadores escoger entre las ventajas y desventajas y seleccionar el plan preferido.

La implementación de un plan de manejo de residuos peligrosos no depende simplemente del mandato de las autoridades. Debe ser un ejercicio cooperativo entre las autoridades, los productores o generadores de residuos y aquellos que operan las instalaciones, incluso incluyendo a la comunidad.

5.6 RESPUESTA DE EMERGENCIA EN EL TRANSPORTE DE MATERIALES PELIGROSOS

5.6.1 Introducción a la Respuesta de Emergencia

Los despachadores de materiales peligrosos y transportistas se supone que se han ejercitado en extremo en la preparación, manejo y transporte de materiales peligrosos, de tal forma de asegurar el cumplimiento de todas las regulaciones, y así asegurar su reputación, y de la mano de esto, controlar los probables riesgos de exposición a estas sustancias. Sin embargo, por mas que se tomen las precauciones pertinentes y se adopten estrictas regulaciones, cuando se trata de transportar materiales peligrosos siempre existe el riesgo inherente de que ocurra un accidente, hecho ante el cual se necesita de una respuesta inmediata. Estos riesgos incluyen daños a los contenedores causados por incidentes en el manejo, en los procesos de carga y descarga, o debido a la colisión o movimiento abrupto del vehículo de transporte. Afortunadamente, los modernos vehículos y sistemas de transporte como los materiales de los envases usados para las sustancias peligrosas son diseñados, contruidos y regulados para minimizar estos hechos y para proteger la carga de daño alguno. Un profesional del transporte debe adoptar importantes reglas para el traslado seguro de la carga. Por ejemplo, debe abstenerse de realizar partidas y paradas súbitas, conducir a altas velocidades ni tener una conducción con movimientos erráticos que causen una innecesaria inestabilidad de la carga. Siempre debe utilizar las herramientas adecuadas en el manejo de los envases y controlar cualquier pérdida o goteo de los envases tales como cilindros o tambores y siempre asegurar y bloquear bien la carga. Todas estas medidas han nacido de la experiencia y la enseñanza de manejo de estos productos.

Sin embargo, en limitados casos, ocurren daños en la carga transportada fallando el envase que los contiene, dando como resultado derrames o fugas del contenido. Cuando esto ocurre, es el conductor la primera persona en la escena del accidente y su actuación puede ser determinante en la protección de la vida humana, la propiedad y el medio ambiente. Una instrucción adecuada con el equipo apropiado puede ser la principal diferencia entre un incidente menor y una catástrofe. En algunos casos, el tipo y la cantidad de material involucrada en el derrame puede requerir una inmediata notificación para sumar la asistencia de profesionales y así proporcionar una adecuada respuesta. Para un control de la renovación del ambiente, de la protección de la seguridad y la salud de las personas, en ciertas fugas de materiales peligrosos transportados se requieren de regulaciones específicas que promuevan una evaluación de los accidentes en dirección de un plan preventivo.

La principal responsabilidad en la escena de una posible fuga de un material peligroso es la protección de la vida del conductor y de las personas expuestas al peligro o daño a la salud.

Cualquier respuesta indebida a la emergencia puede derivar en un riesgo innecesario y en consecuencias serias.

Información de Respuesta de Emergencia

En el Decreto 298 y otras Normas chilenas, se describen requerimientos que proporcionan y mantienen una información de respuesta de emergencia durante todas las fases del transporte, incluyendo la carga, traslado, almacenamiento, o cualquier otro manejo de tales materiales, y aplicarlas a todas las personas con tales obligaciones, incluyendo a los conductores. La información requerida debe estar inmediatamente disponible para usarla en cualquier momento, y debe estar disponible en una agencia gubernamental representativa que responda a la escena de un accidente o incidente o que conduzca una investigación. Los conductores deben asegurarse que las hojas de despacho proporcionadas tengan información referida a respuesta de emergencia, o en documentos anexos, priorizando la aceptación de materiales peligrosos en consignación. Los conductores sujetos a inspección por parte de la autoridad, o en la escena de un accidente, serán los responsables de dar toda la información disponible inmediatamente.

Muchas hojas de despacho de materiales peligrosos, las cuales acompañan estos envíos, deben contener suficiente información para proporcionar una mitigación más efectiva de un accidente y debe contener como mínimo la siguiente información:

- requiere de una descripción de partida
- inmediato peligro a la salud
- riesgo de fuego o explosión
- precauciones inmediatas en caso de accidente o incidente
- métodos inmediatos para manejo de incendios
- contención inicial del derrame o fuga
- primeras medidas de auxilio

La información debe ser proporcionada:

- en una hoja de despacho
- en una Hoja de Datos de Seguridad del Material (siglas en inglés, MSDS) la cual incluye la descripción básica requerida por el DOT, o
- en conjunción con la hoja de despacho requerida, para proporcionar una guía de respuesta de emergencia (en inglés, ERG) o las páginas con las propiedades de tal guía tomadas como referencia del DOT

Para mayores detalles con respecto a la información que debe contener una Hoja de Seguridad (MSDS) y la guía de despacho, consultar las “Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas” de las Naciones Unidas, 8a De. , 1984.

La información de respuesta de emergencia debe ser mantenida por el conductor en la cabina, así como también la guía de despacho, y ambas deben estar accesibles inmediatamente.

Toda esta información es la mínima que debe enviar el despachador cuando ofrece materiales peligrosos para el transporte. Estos documentos podrían ser la primera fuente de información considerada por el conductor que empaqueta o transporta en vehículo un material peligroso que ha sido dañado ocurriendo una fuga de este material. En el caso de una emergencia en el transporte, el conductor debiera chequear la entrada del o los materiales involucrados, para determinar el número de teléfono de respuesta de emergencia del o los despachadores, en caso de una inmediata llamada en caso de ser necesario para determinar los contenidos o peligros o más detalles descriptivos de la carga en el envío. Los papeles de envío deben estar escritos para cada material peligroso, incluyendo el nombre del propietario del envío, en caso que sea necesario llamarlo inmediatamente para conocer más detalles del contenido, peligros y descripción de la carga enviada. La descripción de los papeles de envío para cada material peligroso, incluyendo el nombre del propietario del envío, clase(s) de peligro subsidiario y la división(s), número de identificación, y la cantidad, la cual puede estar escapando o se ha escapado. Con toda esta información y los documentos de Información de Respuesta de Emergencia establecer las acciones a seguir.

Sería apropiado examinar el documento de respuesta de emergencia para determinar los peligros y hacer evaluaciones de la respuesta inicial, si la hay, la cual podría intentar razonablemente el conductor. Por lo tanto estos documentos podrían estar disponibles para los que responden a la emergencia cuando ellos llegan a la escena. La información de respuesta de emergencia requiere ser proporcionada por el que despacha, suministrándosela al que responde con las recomendaciones de acción, incluyendo métodos contra incendio, síntomas de exposición y tratamiento médico, datos de reactividad, consideraciones de posibles evacuaciones, etc. Estos documentos pueden incluir una **Material Safety Data Sheet (MSDS)**, una **Emergency Response Guidebook (ERG)** o referencias de páginas de la **ERG**, u otros papeles, los cuales proporcionan un complemento a las regulaciones.

Uso de la Guía de Respuesta de Emergencia

Muchas empresas que despachan materiales peligrosos usan la Guía de Respuesta de Emergencia (ERG) o una página de ella, para satisfacer los requerimientos en cuanto a proporcionar información de respuesta de emergencia. Los conductores debieran familiarizarse con la Guía de Respuesta de Emergencia (ERG) con el propósito que en un tiempo breve actuar en una emergencia. La ERG esta pensada para ser usada como una guía en cuanto a las decisiones concernientes a los procedimientos propios del manejo de emergencias.

Las *páginas amarillas* en la parte frontal del libro contienen un listado secuencial de los Números de Identificación asignados a los materiales peligrosos (números de la UN o NA). Cada número I.D. es seguido por el número de guía recomendada y el nombre del material. Cuando el número de identificación de un material peligroso puede ser determinado mediante la revisión de los papeles de envío, marcas del envase, marcas del vehículo en las placas o carteles naranjas, u otra fuente, entonces será útil identificarla por el nombre y obtener el Número de Guía.

Las *páginas azules* de la ERG contienen un listado alfabético de muchos químicos. Si es útil determinar el nombre del material de los papeles de envío, marcas del envase, u otra fuente, se mira de arriba en el listado alfabético en las páginas azules y determinar el Número de Guía recomendado y el número de identificación.

Las páginas de la ERG que se distinguen por un *borde naranja* y que están numeradas con los Números de Guía. Después de determinado el Número de Guía recomendado por las páginas amarillas o azules, hojear hasta las páginas de borde naranja en el cual se despliega el número correspondiente. La página del Número de Guía apropiado proporcionará información de los peligros potenciales, acciones de emergencia , contra incendio, y primeros auxilios. Estos materiales listados destacados con un asterisco seguido del nombre del embarque son también incluidos en una tabla de aislación y distancia de evacuación al final de la ERG.

Los conductores están prevenidos de que la información en la ERG es una guía general y se debiera usar en lugar de que se dispongan de mayores datos técnicos. La ERG sólo debiera ser usado como una información inicial para asistir hasta que llegue personal profesionalmente entrenado en la respuesta de emergencias.

A **CHEMTREC** se le menciona a menudo como una fuente de información de respuesta de emergencia. CHEMTREC es una sigla que corresponde a *Chemical Transportation Emergency Center*, el cual es un servicio público de la Chemical Manufacturers Association (CMA) en Washington, D.C. CHEMTREC también se contrata para proporcionar un contacto telefónico de respuesta de emergencia, requerido para cualquier regulación. CHEMTREC esta funcionando las 24 horas del día, los siete días a la semana como una fuente de información

técnica, aconsejando y asistiendo a profesionales en la identificación de los peligros materiales, sus propiedades, medidas de mitigación en la escena que involucra una emergencia química. El número CHEMTREC esta libre de la tarifa de llamada de larga distancia, y su número es el **800-424-9300**. También las empresas productoras de materiales peligrosos deben tener un número telefónico que atienda las 24 horas del día, los siete días a la semana. En el caso de OXY-Chile se cumple plenamente este requisito, siendo su teléfono de emergencias el

Respuesta a una Emergencia Actual

Una respuesta pronta a una emergencia en el transporte de materiales peligrosos depende antes que nada del entrenamiento y de la inmediata disponibilidad de equipos. En ausencia de instrucción y equipo alguno esencial para el incidente específico, la inmediata respuesta puede ser simplemente **mantenerse alejado del peligro** y llamar a un supervisor y/o a una autoridad. Una persona que ha recibido un extenso entrenamiento y que ha sido provisto de equipo contra incendio de líquidos inflamables puede actualmente ser equipado y necesitar suficiente entrenamiento para responder a emergencias que involucren materiales radioactivos, explosivos, corrosivos o gases agudamente tóxicos. Agencias gubernamentales (ONEMI, por ejemplo) pueden también ejercer jurisdicción sobre conductores y puede también requerir de un nivel mínimo de entrenamiento para emplearlo en la tarea de respuesta de emergencia. Las regulaciones de estas pueden requerir personal con equipo de protección específico para el nivel de respuesta de emergencia el cual no va más allá de una prevención o contención inicial del derrame o incidente. **RECONOCER LAS LIMITACIONES!. NO INTENTAR RESPONDER A UN NIVEL MÁS ALLÁ DE SU CAPACIDAD!. SIEMPRE INSPECCIONAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y LOS PROPIOS NIVELES DE PROTECCIÓN POR LOS PELIGROS APLICABLES ANTES DE USAR EQUIPO DE RESPUESTA DE EMERGENCIA!.**

Exigencias de los Informes de Emergencias

Existen regulaciones que proporcionan una guía específica para el informe de accidentes e incidentes de materiales peligrosos. Las exigencias para el informe de las cantidades de material peligroso en el lugar del incidente ocurrido, aseguran ciertas facilidades, pues mientras el material peligroso se está transportando, incluyendo carga, descarga y de almacenamiento casual o cualquier medio de violación de la carga, están sujetas a las exigencias de informe del Decreto 298 del Ministerio de Transporte y telecomunicaciones . Del instante que los materiales se transportan están bajo el control del transportista, y por tanto se le aplica este decreto.

Notificación Inmediata

Las regulaciones requieren que lo más rápido posible, prácticamente en el momento (lo cual significa dentro de lo razonablemente posible), el transportista **DEBE** notificar al organismo encargado. En Estados Unidos se debe notificar al US Department of Transportation al teléfono 1-800-424-8802 a cualquier hora durante el curso del transporte que:

1. Como un resultado directo de los materiales peligrosos:
 - ◆ una persona murió o una persona está herida y requiere hospitalización; o
 - ◆ los daños a la propiedad exceden los US\$50000; o
 - ◆ una evacuación del público, una o más horas de duración en el lugar; o
 - ◆ una o más rutas o medios de transporte mayor están suspendidas por una o más horas;
 - ◆ o los planes de vuelo o la rutina del avión se cambió
2. Un envío de material radiactivo (Clase 7) está envuelto en un incendio, escape, derrame, o se sospecha contaminación; o
3. Una sustancia infecciosa (División 6.2) está envuelta en un incendio, fuga, derrame, o se sospecha contaminación; o
4. Ha ocurrido el escape de un Contaminante Marino de una cierta cantidad (400 kg o 450lt); o
5. Una situación peligrosa continúa saliendo, y que no corresponda a alguno de los criterios aquí listados.

Cuando se reporta un accidente con materiales peligrosos, la información requerida debe ser lo más específica. Esta información debe incluir:

1. El nombre de la persona que llama.
2. El nombre y dirección de la empresa transportista involucrada.
3. El número telefónico donde el que reporta puede ser contactado.
4. Día, hora, y ubicación del accidente.
5. Algún herido(s).
6. El nombre del envío, clase de peligro, y la cantidad de material(es) involucrada.
7. Tipo de incidente, en el que están envuelto los materiales peligrosos y si hay un constante peligro a la vida.

5.6.2 Fuga y Contención de Derrames Líquidos de Materiales Peligrosos

Contener el derrame de un material peligroso reduce los daños al ambiente, facilita las operaciones de limpieza, y previene o minimiza la dispersión en los cursos de agua. Cuando se idea una estrategia de contención, se deben considerar los movimientos vertical y horizontal del derrame. Suelen presentarse problemas de limpieza como resultado de no considerar los movimientos laterales del derrame contenido pero donde se pasó por alto su filtración vertical.

Hay muchas técnicas y herramientas para la contención, pero las acciones más efectivas serán determinadas por las características de la sustancia química, el volumen derramado, y parámetros específicos del sitio tales como las condiciones climáticas y la proximidad de cursos de agua. Es útil familiarizarse con algunas estrategias y equipos de contención y entonces adaptarlas a las condiciones del sitio y del químico derramado.

Contención en Tierra

Los derrames que ocurren en tierra son, en muchos casos, más simples de contener que en el agua. Donde posiblemente, un derrame se podría aislar enteramente de un curso de agua o drenar el área, mientras que en el agua aumentan las dificultades de limpieza y contención.

En algunos casos, la maquinaria pesada se puede necesitar para crear diques o tranques o traer consigo materiales adicionales. La primera consideración podría estar dada a lo que es la seguridad de los operarios quienes podrían tener que trabajar muy próximos al derrame. De aquí que sería necesario proporcionar ropa de protección y equipo de respiración para realizar cualquier procedimiento de descontaminación necesario.

Tabla 5.4: Métodos de Contención. Derrame en tierra.

Técnica	Consideraciones
Diques de tierra	a. Método- levantar una barrera de tierra o rápidamente improvisar el material disponible y empacar con maquinaria pesada. b. Equipamiento, Materiales, Personal- retroexcavadoras y palas o bien equipo pesado, dependiendo del tamaño del derrame; también pueden ser útiles sacos de arena y expertos operadores de maquinaria pesada. c. Recomendaciones para su uso- desviar el derrame en excavación lo más lejos de alcantarillas, entradas de hombre, cursos de agua; aislar y confinar el derrame. d. Limitaciones- el suelo puede absorber parte del material derramado; algunos suelos no son apropiados; el equipo pesado puede no estar disponible inmediatamente. e. Volumen Derramado- cualquiera sea el tamaño. f. Impacto en la Limpieza- puede incrementarse el volumen de material contaminado.
Excavación	a. Métodos- derrame confinado en depresión, concavidad, charca, acequia; si es posible, limitar el área contaminada y cubrir el producto contenido. b. Equipamiento, Materiales, Personal- retroexcavadoras y palas o bien equipo pesado en grandes derrames; plásticos, lonas, cubiertas de material vinílico; expertos operadores de maquinaria. c. Recomendaciones para su Uso- emplee las acequias de drenado disponible o depresiones para confinar el derrame, minimizando la extensión lateral; cubra para reducir las fugas de vapor, limite el área contaminada para minimizar la filtración por el suelo. d. Limitaciones- el terreno puede ser inaceptable para excavar; los líquidos pueden filtrarse por el suelo; grandes cantidades de material tendrían que ser movidas para hacer una excavación adecuada. e. Volumen Derramado- grandes derrames requieren de las más grandes áreas de retención, posiblemente más equipamiento y mayores tiempos de excavación, a menos que se disponga de depresiones naturales. f. Impacto en la Limpieza- puede incrementarse el material residual; debe redepósitoarse el material excavado.
Diques Comerciales	a. Método- confinar o desviar el material derramado materiales comerciales compatibles. b. Equipamiento, Materiales, Personal- arcilla de bentonita granular mezclada con agua espuma de poliuretano de contenedores presurizados; generación en conjunto de espuma portátil; no requiere de especialistas. c. Recomendaciones para su Uso- desviar los derrames de sistemas de drenaje, cursos de agua, derrames confinados de pequeño tamaño. d. Limitaciones- la espuma de poliuretano unida tiene limitaciones de almacenaje y baja temperatura, y no se adherirá a la superficie húmeda; el material arcilloso granular debe estar mezclado con agua, material seco; los productos comerciales no están disponibles. e. Volumen Derramado- para grandes derrames primeramente hay que desviar lo más alejado de las vertientes de aguas.

Contención en Agua

Los derrames que entran en las corrientes de agua pueden presentar algunas dificultades problemáticas a la hora de la contención. Esto es especialmente válido si se presentan movimientos rápidos del agua. El material derramado puede ser transportado muy rápidamente y esparcirse sobre una extensa área. Algunos materiales son más densos que el agua y descenden hasta formar una capa insoluble la cual se mueve a lo largo del fondo de la corriente o río. Otros materiales son solubles en agua y se mezclan completamente con el agua. Otros derrames de materiales son cualquiera de los dos insoluble o sólo moderadamente insoluble, de tal forma que flotan en la superficie del agua.

Las siguientes dos tablas describen algunas técnicas de contención para materiales derramados sobre el agua.

Tabla 5.5: Métodos de Contención. Derrames en agua.

Técnica	Consideraciones
Excavación	a. Método- excavación de tranques o depresiones y diques en el fondo del canal navegable más allá de los movimientos del producto derramado (figura 9, Apéndice 4), construcción de bermas o diques corriente abajo en un ángulo de excavación que permita recoger el producto y restringir los movimientos corriente abajo; la recuperación debería comenzar inmediatamente. b. Equipamiento, Materiales, Personal- palas, retroexcavadoras, draga cavadoras dependiendo del tamaño y la profundidad del curso de agua y del volumen derramado; pueden ser útiles los sacos de arena como bermas; operadores expertos, y posiblemente incluir buzos. c. Recomendaciones para su Uso- el confinamiento de derrames pequeños más pesados que el agua, entorpecen los movimientos en canales navegables. d. Limitaciones- grande, los cuerpos de agua profunda lo hacen logísticamente difícil; las velocidades de flujo rápidas previenen el encierro; el equipo puede no estar disponible inmediatamente, los movimientos del derrame deben ser rastreados; los materiales del fondo pueden no ser adecuados para la excavación. e. Volumen Derramado- dependerá del área de excavación para el confinamiento. f. Impacto en la Limpieza- el material excavado puede haber sido redepositado; el material suspendido de la excavación aumenta la turbidez del agua.
Natural	a. Método- los naturales son barreras preexistentes o depresiones que contienen los derrames más pesados que el agua. b. Equipamiento, Materiales, Personal- ninguno c. Recomendaciones para su Uso- Reconocimiento de estos sitios importantes para el despliegue de estos aparatos. d. Limitaciones- no siempre en el área derramada e. Volumen Derramado- depende del tamaño de la depresión, de la efectividad de la barrera. f. Impacto en la Limpieza- ninguno.

Tabla 5.6 : Métodos de Contención. Derrames en el agua. Materiales que son solubles.

Técnicas	Consideraciones
Obstrucción mediante barreras	a. Método- collar de flotación inflado con aire de material de plástico reforzado con fibra, cortina plástica de 25 pies, e inflable y con sello en el fondo y ancla o soporte para proporcionar una completa aislación en círculo del agua contaminada. Está repleto de agua hasta el fondo.(figura 10, Apénd. 4) b. Equipamiento, Materiales, Personal- empaque con barreras de obstrucción; compresor de aire, bomba de agua; 1 a 2 botes con motor; 5 hombres entrenados en el despliegue. c. Recomendaciones para su Uso- aguas tranquilas, menos de 25 pies de profundidad, el tiempo para el despliegue puede ser prolongado, afectando eso sí su utilidad. d. Limitaciones- disponibilidad limitada, dificultad para desplegarla en 0.75 millas por hora o mayores; 25 pies de profundidad máxima; despliegue en un tiempo prolongado, dificultad para obtener buenos sellados. e. Volumen Derramado- las secciones de las barreras pueden ser unidas cuando están a 200 pies de distancia y a 25 pies de profundidad. f. Impacto en la Limpieza- puede ser peligrosa para la navegación.
De Desviación	a. Método- aislación del agua contaminada, desviación de lo no contaminado (del "agua limpia") alrededor del área contaminada vía bombeo de agua o canales.(figura 11, Apénd. 4) b. Equipamiento, Materiales, Personal- un volumen alto de bombeo con un soporte capaz de controlar el flujo de agua; equipos de movimiento de tierra para cavar canales y desviar las aguas; operarios entrenados c. Recomendaciones para su Uso- pequeños cuerpos que fluyen en el agua y donde lo que esta contaminado puede ser identificado y aislado. d. Limitaciones- grandes cantidades de material pueden haber sido excavada; tan altos volúmenes de bombeo pueden no ser alcanzados; las velocidades de flujo rápidas pueden conducir a áreas extremadamente grandes de contaminación para ser aislada y tratada; las áreas contaminadas deben ser identificadas. e. Volumen Derramado- no hay límite. f. Impacto en la Limpieza- el material excavado puede haber sido redepositado; se pueden tratar grandes volúmenes de agua contaminada.

Técnicas	Consideraciones
Contención	a. Método- sacos de arena, tierra, existiendo aparatos de control de enteros tales como esclusas, compuertas, para aislar cuerpos enteros del agua contaminada. b. Equipamiento, Materiales, Personal- equipo de movimiento de tierra; sacos de arena; operadores entrenados; ciudadanos u oficiales gubernamentales encargados del control de los aparatos existentes. c. Recomendaciones para su Uso- pueden ser usados en grandes cuerpos de agua, materiales que estén realmente disponibles, fáciles de construir. d. Limitaciones- los cuerpos de agua deben ser contenidos, al fluir en canales navegables hacen que sea una medida temporal o impracticable; el suelo es permeable al material. e. Volumen Derramado- no hay límite. f. Impacto en la Limpieza- se pueden tratar grandes volúmenes de agua contaminada.

Los materiales que flotan en el agua son normalmente más fáciles de detectar y monitorear y relativamente fáciles de contener. Muchas de las tecnologías para la contención han provenido de la limpieza en la industria de derrames de aceite, adaptándose apropiadamente para varios tipos de materiales peligrosos.

**Tabla 5.7: Métodos de Contención. Derrames en el agua.
Materiales que flotan.**

Técnica	Consideraciones
Comercial	a. Método- colocación de una barrera flotando en una trayectoria de obstrucción del derrame para contener o desviar. b. Equipamiento, Materiales, Personal- cerca comercial, circular, obstrucción mediante barreras tipo inflables; líneas clasificadas, flotadores, anclas, puede o no puede requerir bote y motor para el desplazamiento; personal con algunos conocimientos en el manejo recomendado. c. Recomendaciones para su Uso- todo tipo de agua, condiciones del agua; variedades disponibles para corrientes rápidas, actúa con olas altas, las barreras de obstrucción inflables son mejores para olas altas, chequear al compatibilidad del elastómero con los materiales peligrosos. d. Limitaciones- puede impedir la navegación; puede no estar disponible lejos de los canales navegables mayores; contendrá desechos flotantes; las corrientes rápidas disminuyen la utilidad de la contención; las olas altas disminuyen la eficiencia. e. Volumen Derramado- no hay límite; los segmentos se pueden reunir. f. Impacto en la Limpieza- peligros de navegación
Neumáticos	a. Método- creación de turbulencia en el agua y la cresta de la ola se levanta barriendo las burbujas de aire para contener el derrame flotante. (figura 12, Apénd. 4) b. Equipamiento, Materiales, Personal- compresores grandes de aire, mangueras, tubos perforados; entrenamiento nada especial; equipamiento de los operarios; personal numeroso para hacer un despliegue inicial de varios tubos con un tamaño y longitud determinada. c. Recomendaciones para su Uso- aguas que estén quietas, de poca profundidad, con un estrato de contaminantes delgada y que no peligre la navegación. d. Limitaciones- requiere de compresores grandes, no es efectivo en corrientes mayores de 0.5 nudos. e. Volumen Derramado- mejora el trabajo si la capa de producto es delgada. (esto puede no ser una identificación de el volumen derramado) f. Impacto en la Limpieza- no contendrá desechos contaminados flotando.

Técnica	Consideraciones
Drenaje	a. Método- usa una cañería o tubo a través de la barrera de tierra para controlar el flujo de agua pero mantener flotando el producto (figura 13, Apénd. 4); la tubería esta inclinada de tal forma que corriente arriba es más baja que corriente abajo y de esta manera elevar el nivel de agua y drenar sólo el agua de abajo. b. Equipamiento, Materiales, Personal- palas, retroexcavadoras, equipo para movimiento de tierra, tubos, una manguera de alta succión lo suficiente como para controlar el volumen de agua que fluye; 3 a 5 personas para grandes derrames; personal entrenado. c. Recomendaciones para su Uso- en diques, lagos, lagunas y corrientes quietas o de poco movimiento; el volumen de agua debe ser controlado a través del conducto. d. Limitaciones- los canales navegables que fluyen rápido limitan su utilidad; el suelo puede no ser adecuado para la excavación e. Volumen Derramado- derrames superiores a los 5000 galones hacen el impracticable este método. f. Impacto en la Limpieza- se puede incrementar la cantidad de desechos materiales.
Vertedero	a. Método- construcción de una barrera impermeable de separación del agua superficial y dividir la capa de material flotante en con un espesor de agua como para continuar el paso por debajo del vertedero. (figura 14, Apénd. 4) b. Equipamiento, Materiales, Personal- tablones o maderos, postes, herramientas; el trabajo no requiere de expertos. c. Recomendaciones para su Uso- para cursos de agua de poco movimiento, pequeños y de poca profundidad. d. Limitaciones- el agua no debe ser muy profunda, ni rápido, ni agitado. e. Volumen Derramado- para volúmenes pequeños. (menores de 5000 galones) f. Impacto en la Limpieza- no contendrá desechos contaminados flotando.

Filtro	a. Método- se construye una barrera para contener y una valla para absorber los materiales peligrosos flotantes. (figura 15, Apénd. 4) b. Equipamiento, Materiales, Personal- postes, ropa de trabajo; material absorbente; personal calificado. c. Recomendaciones para su Uso- que sea pequeño, canal navegable con poco movimiento. d. Limitaciones- las velocidades de flujo rápidas limitan su empleo; el material absorbente puede llegar a saturarse y dejar fugas si no se reemplaza regularmente. e. Volumen Derramado- para pequeños derrames, menores de 5000 galones. f. Impacto en la Limpieza- se puede incrementar la cantidad de desechos materiales.
--------	---

Para que cualquiera de las técnicas arriba mencionadas sean efectivas, se necesita un adecuado despliegue. Para materiales peligrosos flotantes, las pruebas y aplicaciones actuales han demostrado que las barreras de contención comerciales y otras barreras desplegadas en un ángulo de 90° (perpendicular al borde de la playa) contendrá los productos efectivamente sólo si la velocidad del agua no excede los 0.75 mph. A mayores velocidades los productos empiezan a pasar por debajo de la barrera perpendicular.

Una de las técnicas más efectivas en la reducción del arrastre y que permite que las barreras y obstrucciones sean eficientes en corrientes rápidas, es la que reduce el ángulo de despliegue, en algunos casos a menos de 90°. En una corriente de 2.0 mph las barreras están en una línea directa, en un ángulo de alrededor de 24° lo que permitirá que el producto se mantenga con poco arrastre. Cualquier receptáculo con la barrera de obstrucción crea un ángulo mayor en la dirección del flujo de agua y permite que el producto entre.

5.6.3 Características de las Espumas Empleadas en el Control de Derrames

Las espumas contra incendio han sido usadas durante muchos años. Estas espumas son esencialmente una masa llena de burbujas de gas formada cuando una solución acuosa de un agente espumante es mecánicamente mezclada con aire. La espuma de burbujas sirve para transportar agua al fuego, pero de un modo controlado. Las burbujas de gas de llenado son menos densa que los líquidos inflamables y flotan en lo alto, liberando agua lentamente en un periodo de tiempo prolongado.

Hay numerosas formas por las cuales la espuma extingue el fuego. Los siguientes son algunos de los mecanismos primarios identificados:

1. supresión de vapores inflamables
2. separación de las llamas del fuego
3. generación de vapor el cual diluye el oxígeno disponible
4. enfriamiento del combustible y superficies circundantes; y
5. impedir que el aire se mezcle con los vapores.

Existen muchos tipos de espumas disponibles cada una con ciertas ventajas y desventajas para extinguir fuegos y suprimir vapores.

Tipos de Espumas

Espuma de proteína

Se hace de proteínas de animal hidrolizadas y agentes estabilizantes. Produce espumas viscosas densas las cuales son altamente estables y resistentes al calor. Las espumas de proteína se usan sólo en baja extensión y pueden estar sujetos a ataque bacteriano dando una limitada forma de vida.

Espumas surfactantes

Tienen agentes de superficie activa sintética de alta espuma y son capaces de extenderse desde 100-1000 a 1. Esta alta extensión permite una total inundación del espacio confinado y desplaza vapores humos, etc. Se pueden construir capas muy gruesas para suprimir grandes masas de vapores pero fuera de las puertas. En condiciones de exposición al viento limitan su efectividad.

Espuma acuosa en forma de película (A triple F, AFFF)

Contiene hidrocarburos fluorados y surfactante, se aplica como espuma de baja extensión y su baja tensión superficial permite desarrollar una capa acuosa en lo más alto del combustible. La película acuosa se produce no obstante, sacrificando la resistencia al fuego por la parte posterior y la aptitud de enfriamiento.

Fluoroproteínas

Es una mezcla de espuma de proteína fluorocarbono surfactante. Se ocupa en bajas extensiones. Esta mezcla permite que la espuma se esparza en el combustible, siendo inyectado al tanque o sumergiéndolo en las llamas del combustible. Tiene una mayor resistencia al fuego por la parte posterior y un mejor sello que las espumas de proteínas.

Espumas tipo solvente polar

Son resistentes a la destrucción por componentes polares solubles en agua, lo cual produce un rápido deterioro de otros tipos de espuma. Contiene un polímero soluble en agua el cual forma una membrana en contacto con componentes polares. Esta membrana flota en el combustible y sirve como una barrera para prevenir la destrucción de la espuma. Las espumas tipo solvente polar pueden contener una base Surfactante o AFFF o ambos y son aplicados en un modo de baja extensión. Sobre hidrocarburos se comportan como espuma convencional; así este tipo tiene la más grande diversidad, comparada con todas las otras.

Estos tipos de espumas han demostrado su efectividad en el control de incendios y fugas de vapor desde hidrocarburos volátiles por algún tiempo, pero su efectividad en el control de fugas de vapores desde otros materiales está aún siendo evaluada. Su habilidad para cubrir y liberar el agua lentamente tendría una aplicación muy útil.

El trabajo con espumas para controlar derrames ha proyectado ciertas formaciones que han sido desarrolladas y las cuales son compatibles con ciertas clases de materiales peligrosos tales como ácidos y bases. Para producir una espuma estable que cubra materiales como amoníaco anhídrido, cloro, ácido nítrico, y ácido clorhídrico anhídrido causando una reducción de la vaporización en ambiente aéreo y del calor solar. La reducción de la vaporización permite mayor tiempo para la evacuación y medidas de control establecidas.

Estas nuevas formulaciones de espumas no son de las típicamente usadas en servicios de incendio, pero pueden encontrar su lugar en la capacidad de respuesta en la industria, agencias de gobierno y terceras personas cuando su utilidad sea mejor conocida.

El uso de espumas contra incendio como un modo de mitigar la fuga de vapor de los derrames de materiales peligrosos se ha sugerido en un sin número de ocasiones. De hecho es una práctica común aplicar espumas contra incendio a derrames no incendiados de líquidos combustible o inflamables, como una forma de prevenir su ignición. La ignición se previene debido a la supresión de la fuga de vapor desde el líquido, presentando una acumulación insuficiente de vapor como para poder formar una mezcla inflamable. Debido a esto es lógico esperar que las espumas contra incendio o similares podrían tener el mismo efecto benéfico en los derrames de materiales que presenten peligros distintos de los de inflamabilidad.

Se han probado varios tipos de materiales peligrosos, y se ha encontrado que se requiere las espumas especiales para materiales peligrosos que son altamente ácidos o altamente alcalinos o que tengan puntos de ebullición bajo los 20 grados centígrados (ref. 8). Algunos materiales peligrosos que son altamente reactivos con el agua no se pueden cubrir exitosamente con espumas acuosas de ningún tipo.

Como ya se explicó anteriormente, las espumas contra incendio son útiles para mitigar los escapes de vapor de una amplia gama de productos químicos. Se han desarrollado, además,

espumas especiales para usar en amoniaco y cloro, después de estudiar las espumas contra incendio convencionales y descubrir que tienen una mejor utilidad marginal en éstos químicos.

Los resultados de los laboratorios a menudo no se pueden extrapolar al campo mismo de la acción real frente a un escape. Esto complica la existencia de los encargados de controlar los derrames de materiales peligrosos. Por ello se ha sido muy afortunado en probar los resultados de alguna de estas espumas especiales en derrames de cloro, amoniaco, ácido nítrico y ácido hidrofluorico en incidentes reales.

Acción de las Espumas Especiales en Derrames de Cloro

El cloro es un producto químico peligroso que a temperatura ambiente existe como gas. Su punto de ebullición a temperatura ambiente es de -34.5°C , es 2.5 veces más denso que el aire, por lo tanto en un derrame tiende a dispersarse a nivel del suelo. Esta característica, adicionada a su toxicidad, lo convirtieron en una munición química, pues ataca los pulmones, las membranas mucosas y la piel disolviendo los fluidos del cuerpo en una hidrólisis, originando los ácido clorhídrico e hipoclorhídrico.

El cloro es enviado y almacenado como gas licuado en envases a presión. Muchas de los derrames de cloro han ocurrido por fallas en las conexiones de carga/descarga de estos envases. Las fisuras en el espacio de vapor de estos estanques son usualmente de menores consecuencias. Como la presión de los estanques es aliviada, el líquido sufre un rápido enfriamiento adiabático, reduciendo el flujo de gas. Este punto posibilita, en muchos casos, el remiendo del estanque.

Las fisuras bajo la superficie del líquido son mucho más serias, debido a que la presión en el interior del estanque arroja el contenido de líquido, bajando el nivel de líquido hasta el del orificio. La poza de cloro líquido resultante sirve como una fuente constante de vapor y de grandes nubes de vapor que probablemente serán fatales para todo el personal desprotegido.

Las investigaciones acerca de la acción de las espumas contra incendio han tenido resultados variados. Dow Chemical Co., ha recomendado por muchos años el uso de espumas contra incendio de Fluoroproteínas para suprimir los derrames de cloro. A esta conclusión llegaron luego de realizar varias pruebas, en las que compararon esta espuma con otra especial para cloro (CHF-784).

Las espumas comparadas fueron evaluadas mediante el Método "globo ocular". Las espumas de Fluoroproteínas definitivamente producen un declive de la velocidad del vapor que se escapa. Sin embargo, la cubierta de espuma desarrolló muchas chimeneas a través de las cuales el vapor se escapó.

Al aplicar la espuma CHF-784 a través de un boquerel convencional, se produjo una mayor reducción de los vapores que las Fluoroproteínas, incluso mejoraron estos resultados al utilizar un prototipo de boquerel especialmente diseñado para esta espuma.

La vida efectiva de las carpetas de espuma fue de entre 20 y 30 minutos, lo que sugiere la necesidad de realizar reaplicaciones de la misma.

Acción de las Espumas Especiales en derrames de Amoniac

El amoniac anhidro también es un químico peligroso, el cual existe como gas a temperatura ambiente. Su punto normal de ebullición es de -33°C . Tiene una densidad de $3/5$ de la del aire, y puede formar falsas nubes bajas que no se dispersan a nivel del piso, como ocurre con el cloro. El amoniac es extremadamente irritante en ojos y membranas mucosas. Se almacena como líquido en estanques atmosféricos refrigerados, y se suele despachar en estanques a presión como gas licuado.

Investigaciones realizadas en 1975 han demostrado la total inutilidad de las espumas contra incendio convencionales para controlar los derrames de amoniac, mientras que otras espumas acuosas se pueden usar como extintoras de vapor.

De investigaciones y pruebas posteriores obtenidas en derrames en pequeña escala, pero posibles de extrapolar a grandes derrames, se determinó que el la espuma CHF-413 suprime las emanaciones de vapor desde los derrames de amoniac anhidrido.

En general, las espumas acuosas se pueden utilizar para mitigar las emisiones de vapores desde los derrames de materiales peligrosos. En cuanto a las espumas convencionales contra incendio, pueden ser útiles en muchas sustancias químicas que existan como líquido a temperatura ambiente. Tanto los gases licuados, materiales ácidos o alcalinos y materiales reactivos al agua, requieren de espumas especiales, tales como: CHF-784 que es adecuada para el cloro y para algunos materiales ácidos; y la CHF-413 apropiada para amoniac anhidrido y aminas.

CAPÍTULO VI

INFRAESTRUCTURA DE SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

6.1. Introducción

La necesidad de un sistema de manejo de los residuos peligrosos comienza directamente con la generación de los residuos y continua a través de todas las etapas siguientes en el tratamiento y la disposición final. Este sistema consiste en una serie de acciones de manejo y control de residuos entre diferentes personas y grupos de personas. En la forma más simple un sistema de manejo de residuos consiste en tres unidades:

- Almacenamiento después de la generación;
- Recolección/transporte; y
- Tratamiento final/disposición.

En este capítulo revisaremos los elementos de un sistema global de manejo que se aplica tanto al manejo interno como externo de los residuos peligrosos.

6.2. Almacenamiento de residuos

La primera etapa de esta infraestructura es almacenar los residuos después que son generados. El generador de residuos necesita tener un sistema seguro para almacenar los residuos hasta un posterior almacenamiento, tratamiento o disposición. Típicamente, este almacenamiento se efectúa en contenedores o estanques a granel. El tipo de almacenamiento depende de como es y como se generan los residuos y el estado físico de los mismos.

6.2.1. Contenedores

Los contenedores ofrecen la ventaja de ser muy portátiles, y disponibles para cualquier estado físico de residuos, y además son flexibles para ser llenados. Pueden mantenerse cerca del proceso de generación de residuos hasta que se llenen, para ser movidos posteriormente en forma fácil al área de almacenamiento antes de ser transferidos.

La mayoría de los contenedores son adecuados para distintos tipos de residuos, en forma de líquidos, borras o sólidos a granel. Los contenedores pueden ser llenados por distintos métodos, tales como bombeo, por paladas, por bolsas, etc. Los contenedores vacíos que han sido usados para materias primas pueden ser usados para almacenar residuos, dependiendo de la compatibilidad del residuo con el contenedor y con los residuos propios dejados en el contenedor. Esta compatibilidad es importante de modo que no se deteriore el propio contenedor. Por ejemplo, un contenedor plástico no debe ser usado para guardar residuos de solventes. Se debe tener la precaución de que los residuos previos del receptáculo no reaccionen

con los nuevos residuos que se desean almacenar; por ejemplo un contenedor que ha almacenado sales de cianuros, no debería ser usado para almacenar residuos ácidos.

Las desventajas de los contenedores son:

- Pueden ser fácilmente dañados o derribados;
- Debido a que son fácilmente movidos y almacenados, se pueden acumular fácilmente y provocar un atochamiento del área.
- Grandes grupos de contenedores son difíciles de inspeccionar para determinar fugas y derrames.

6.2.2. Estanques

Los estanques son útiles para almacenar o acumular residuos que son manejados en grandes cantidades o por sistemas tales como tuberías, correas transportadoras, etc. Los estanques ofrecen un sistema más rígido e integral que los contenedores y son fáciles de inspeccionar en el caso de fugas y derrames.

6.3. Recolección y Transporte

6.3.1. Empacado/etiquetado

Todo contenedor o estanque conteniendo residuos destinados a transporte debe estar claramente etiquetado con el tipo de residuo y sus peligros. El empaque debe ser seguro para prevenir fugas, derrames y vaporización durante el transporte. Los siguientes tipos de envases se sugieren:

- Residuos de aceites o solventes: tambores de acero de 200 l. ó estanques de acero.
- Residuos orgánicos sólidos o semi-sólidos: tambores de 200 l. con tapas con ganchos o grapas.
- Residuos líquidos inorgánicos: Envases plásticos de 30, 45, 200 l. o tambores de polietileno.
- Borras de sólidos inorgánicos: Tambores de acero o plásticos de 200 l. con tapas con ganchos o grapas.

6.3.2. Sistema de información de manejo de residuos

En muchos países se han adoptado un sistema de información o documentación del manejo de residuos peligrosos desde la generación, los procesos de tratamiento, hasta la disposición final. La documentación acompaña al transporte del residuo y entrega un registro o récord del movimiento del residuo desde el productor del residuo, en cada etapa intermedia, o

Un ejemplo de la documentación utilizada en Australia se muestra en las Figuras 7.1.

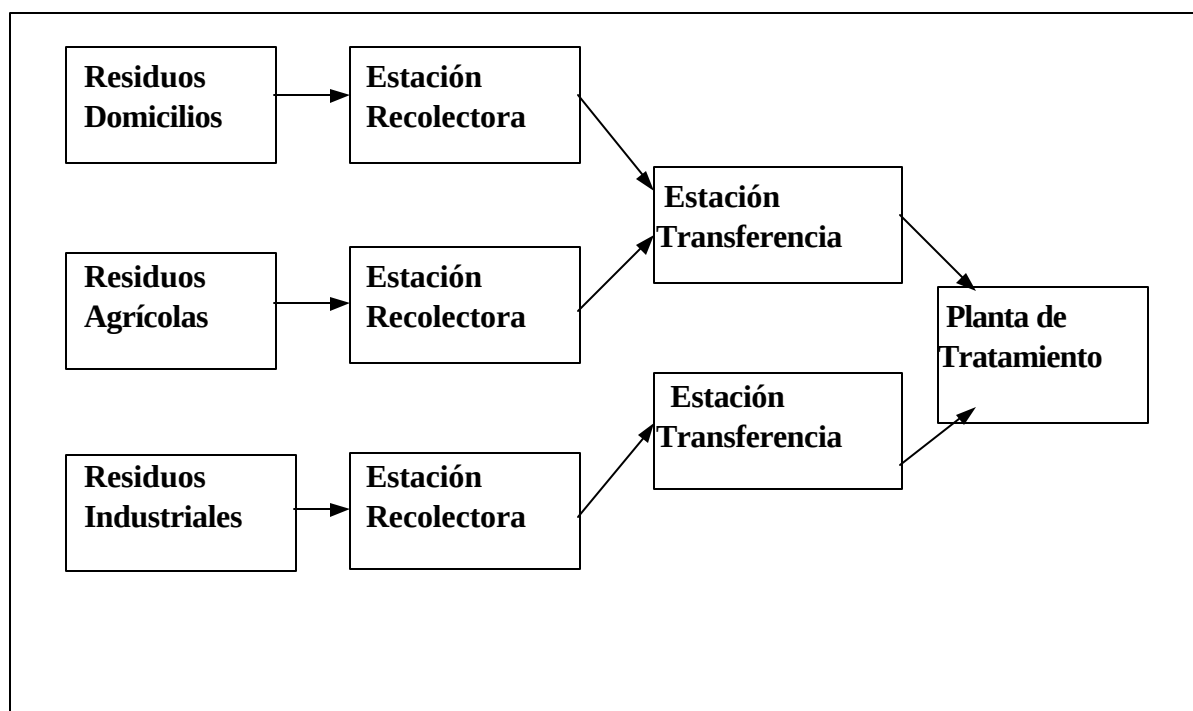


Un ejemplo modelo de un sistema para recolección y estaciones de transferencia es el de la Planta Kommunekemi, en Dinamarca, el cual recibe residuos domiciliarios, de la industria y de zonas agrícolas en una planta central de tratamiento.

Cada municipalidad tiene una estación de recolección, diseñada para recibir residuos químicos domiciliarios. Estas estaciones son instalaciones de 4m x 5m x 2m provistas de murallas a prueba de fuego, con piso de concreto y con sistema de circulación de aire que previene la acumulación de gases explosivos o tóxicos. Dentro de la estación hay dos tambores de 200 l. para residuos líquidos, dos tambores de 200 l. con tapas con ganchos para residuos en paquetes o sólidos y cajas para guardar residuos tóxicos.

La municipalidad transporta desde las estaciones de recolección a un número de estaciones de transferencia, que pertenecen y son operadas por las municipalidades. Los productores de residuos industriales y agrícolas informan a las autoridades locales de la acumulación de residuos, y las notifican cuando estos serán transportados en documentación ad-hoc. El transporte a las estaciones de transferencia es efectuado por los propios generadores o por contratistas privados. El esquema de estaciones de recolección y de transferencia se muestra en la Figura 7.2

**Figura 6.2. Sistema de recolección y transferencia de residuos
planta Kommunekemi-Dinamarca**



En Dinamarca, los lugares de las estaciones de transferencia fueron seleccionados de modo de que le sistema pudiese utilizar la red existente de ferrocarril. Una estación de transferencia consiste de estanques para almacenamiento de líquidos, un sistema de separación de aceites y áreas especiales cubiertas para el almacenamiento de tambores de residuos y material sólido. Existe personal entre 1-2 hombres que trabajan 8 horas por día. Además de manejar las entregas de residuos y la carga de estos en los vagones de ferrocarril, se efectúa control y trabajo administrativo del manejo de residuos. Para cada recepción de residuos, se exige un documento de transporte el cual se revisa para asegurarse de que la información es correcta, y se deja una copia en la estación y otra en manos del transportista.

Los residuos son enviados por ferrocarril desde la estación de transferencia a las plantas de tratamiento central. Las empresas también pueden enviar directamente sus residuos a las plantas de tratamiento con un procedimiento y documentación similar a la anterior. La organización de una estación de transferencia se muestra en la Figura 6.4.

El sistema Kommunekemi de Dinamarca también recibe residuos en pequeñas cantidades. Por ejemplo para residuos de medicamentos domiciliarios, de clínicas y de hospitales, estos son recibidos por un Químico-Farmacéutico, el cual los entrega a las estaciones de recolección para su transporte y disposición. Lo mismo se efectúa con baterías usadas de mercurio para los importadores y productores de estos productos, a los cuales se les suministra cajas especiales para la recolección. Las Figuras 6.3 y 6.4 indican como funcionan estas estaciones.

6.3.4. Transporte de residuos peligrosos

La forma más común de transporte de residuos químicos peligrosos es por las rutas camineras. Los peligros asociados con las actividades de carga y descarga presentan un peligro aún mayor que el propio transporte. Siempre y cuando los conductores tengan una buena preparación, se empleen los vehículos apropiados, y los residuos estén adecuadamente empacados, los riesgos a la comunidad son menores. Sin embargo los riesgos del transporte dependerán de otros factores externos (carreteras, tráfico, planes de emergencia, etc.). Los siguientes controles son deseables:

- El transporte de residuos peligrosos debe estar sujeto a un permiso entregado por la autoridad reguladora a los contratistas que deben contar con conductores entrenados y vehículos apropiados;
- Cada vehículo que transporte residuos peligrosos debe estar identificado con los símbolos de peligro apropiados;
- Todo transporte de residuos en carreteras públicas debe requerir de un certificado de transporte indicado su origen y destino.
- El conductor o contratista debe asegurarse de que tiene la información necesaria sobre el material que transporta, y que tiene formulado un plan de emergencia en el caso de una fuga o derrame.

6.4. Planes y programas de manejo

Todo tipo de instalación de manejo de residuos peligrosos, ya sea una planta de tratamiento centralizada o una simple instalación de almacenaje, necesita planes y programas para las operaciones diarias y para prevenir incidentes que pueden causar problemas de salud o ambientales. El nivel de complejidad de estos planes variara de acuerdo con el tipo de actividad, pero los elementos esenciales siempre son los mismos.

6.4.1. Caracterización de residuos

La caracterización de residuos juega un papel crucial en la operación diaria de cualquier instalación de manejo de residuos. Antes de aceptar un residuo para su manejo, la instalación debe caracterizar completamente el residuo. La caracterización apropiada comienza con la obtención de una muestra representativa del residuo, lo cual puede ser difícil debido a que un residuo puede no ser homogéneo. Pueden presentarse anomalías tales como varias fases, diferentes tamaños de partículas, gradientes de concentración, y “bolsones de contaminación”. Deben diseñarse planes de muestreo para descubrir estas anomalías y recoger una muestra que sea representativa. Todo plan de análisis debe incluir procedimientos analíticos, equipos, métodos de calibración, y procedimientos de control de calidad.

Los procedimientos de muestreo y de análisis deben satisfacer al menos tres metas:

- Identificar los peligros inherentes del residuo;
- Caracterizar el residuo de modo de poder manejarlo efectivamente;
- Encontrar una característica de modo de identificar fácilmente los envíos de residuos a medida que llegan.

Los peligros inherentes de un residuo se deben conocer, de modo de tomar las precauciones para prevenir accidentes causados por los residuos. Por ejemplo: los residuos que son inflamables, reactivos, corrosivos, o incompatibles con ciertos materiales requieren un especial cuidado y manejo; residuos que contienen contaminantes altamente solubles deben ser protegidos contra la lluvia; residuos que producen polvos explosivos deben ser manejados de modo de minimizar la producción de polvo. Las especificaciones de los residuos son de particular importancia para diseñar un programa de tratamiento y disposición efectiva de los residuos. Un residuo que contiene metales pesados y cianuros requiere de un tratamiento diferente del que requiere un residuo con soda cáustica.

Los envíos de residuos que llegan a las instalaciones deben ser identificados para asegurarse de que son los mismos que la instalación ha acordado aceptar. La instalación debe decidir las pruebas que en forma fácil y rápida identificaran los residuos. Estas pruebas pueden

incluir por ejemplo, pH, punto de inflamación, cloruros, sulfatos, TOC, valor calorífico, cianuros, metales pesados, etc.

6.4.2. Seguridad de las instalaciones

Las instalaciones deben mantener una adecuada seguridad para prevenir el acceso no autorizado al lugar. Existen tres razones para mantener la seguridad. Primero, para prevenir que la gente u otros seres vivos entren al lugar y puedan sufrir un daño por contacto con los residuos o los equipos. Segundo, para proteger los equipos de posibles daños. Tercero, para prevenir que mendigos se expongan a material contaminados y puedan extraer materiales peligrosos. La seguridad se puede mantener por medio de rejas, barreras naturales, o guardias.

6.4.3. Inspección y mantención de equipos

La instalación debe establecer un programa de inspección que debe chequear las condiciones de los equipos de proceso, estanques de almacenamiento y contenedores, sistemas de control, equipos de emergencias, y otros equipos necesarios para la operación de la instalación. La lista de inspección y la frecuencia dependen de factores tales como la velocidad de deterioro, la sensibilidad y lo factible de accidente que pueden ser los equipos. Por ejemplo, los equipos de monitoreo para controlar los residuos requieren una inspección más frecuente que el área de almacenamiento de tambores. El programa de inspección debe incluir un programa de reparación y mantención de los equipos que se encuentran deficientes durante las inspecciones.

6.4.4. Entrenamiento del personal

Un entrenamiento apropiado del personal es necesario para una operación efectiva de las instalaciones. Deben existir procedimientos de entrenamiento que muestren para cada trabajo, el nivel y tipo de entrenamiento necesario para ese trabajo y como se debe efectuar el entrenamiento. La capacitación se puede efectuar de diferentes formas: desde supervisión directa en el trabajo hasta clases formales de entrenamiento. El objetivo del entrenamiento es asegurar que los empleados conocen como efectuar sus funciones de una manera efectiva y segura y como responder en una emergencia, y debe incluir como mínimo: prácticas de trabajo seguro, los peligros de los residuos que manejan, y los procedimientos de emergencia tanto internos como externos.

6.4.5. Archivos de operación

Los archivos de la operación de las instalaciones deben documentar lo que ha hecho la instalación y reflejar el estado actual de la misma. Como ejemplos de lo que debe aparecer en estos archivos son: datos de control de procesos, tipos y cantidades de residuos, localización de

residuos, y datos de monitoreo ambiental. Se debe mantener archivos actualizados y exactos de los residuos recibidos, los procesos de tratamiento y la planificación de la instalación.

6.4.6. Prevención y preparación para incidentes

Los materiales peligrosos, incluyendo los residuos, presentan peligros que pueden causar incidentes tales como fugas, incendios, y explosiones. Identificando estos peligros y preparándose para los incidentes que pueden producirse, se puede prevenir que ocurran muchos accidentes y minimizar los efectos de estos. El análisis de riesgos es una forma útil para identificar los peligros y los potenciales incidentes. La preparación para los incidentes depende del tipo de peligro y del incidente potencial identificado. Si el fuego a partir de residuos inflamables se ha identificado como potencial incidente, una medida de preparación será la instalación de equipo de combate contra el fuego cerca de la localización donde el fuego puede ocurrir. Las medidas de protección contra el fuego deben ser diseñadas en cada sitio por personal experto y ser revisadas continuamente. Si el derrame de líquidos es un problema potencial, el uso de pretilas puede prevenir un incidente de contaminación.

6.4.7. Planificación de emergencias

Toda instalación de manejo de residuos debe tener un conjunto de procedimientos para los empleados en el caso de que ocurra una emergencia. Estos procedimientos deben identificar el tipo de emergencia, el tipo de residuo, y que se debe hacer para minimizar el efecto del incidente.

Un análisis de seguridad es una herramienta útil para el diseño de estos procedimientos, y se debe enfatizar lo siguiente:

- Como proteger a los empleados durante el incidente;
- Como minimizar el efecto del incidente sobre el ambiente;
- La protección de los equipos y las instalaciones;
- La interacción con los servicios de la comunidad (policía, bomberos, servicios de salud) para desarrollar planes de emergencias en conjunto.

Se deben efectuar reuniones y simulacros en forma regular para revisar la preparación de los empleados.

6.5. Centrales de tratamiento de residuos

6.5.1. Conceptos básicos

La Planta Central de Tratamiento que se discutirá corresponde a la Planta Kommunekemi en Dinamarca, la cual efectúa tratamiento químico de residuos inorgánicos, e incinera un amplio rango de residuos orgánicos. La Figura 6.5 muestra la distribución de esta planta.

Puesto que la finalidad de una planta central de tratamiento es la de proteger el ambiente por medio de instalaciones seguras de disposición, el diseño y la operación de este tipo de plantas deben incorporar medidas de prevención de todo tipo de contaminación ambiental que pudieran resultar de las operaciones. Entre estas se pueden mencionar.

- Los efluentes acuosos derivados de las operaciones de tratamiento deben cumplir con las especificaciones de descarga;
- Las emisiones gaseosas de las operaciones de incineración deben también cumplir con las normas. Los equipos de limpieza de gases son componentes esenciales en el diseño del incinerador.
- Los sólidos que resulten de los procesos de tratamiento deben ser suficientemente inertes, para ser enviados en forma segura a vertederos.
- En el interior de la planta de tratamiento, debe minimizarse la posibilidad de contaminación del subsuelo debido a operaciones de transferencia, o fracturas de cañerías o estanques, inundaciones, etc., y se deben adoptar las prácticas seguras y los sistemas de tratamiento de cualquier derrame o fuga.
- Se deben tomar las medidas para el tratamiento de los derrames y fugas, y se deben formular los planes de emergencia en forma anticipada para atacar cualquier problema de incendio, explosión, etc.

6.5.2. Diseño de centrales de tratamiento

Debido a que los peligros asociados con una planta de tratamiento de residuos son similares a los de la industria de procesos químicos, se deben aplicar los mismos criterios, pero teniendo en cuenta que como se manejan sustancias peligrosas, la localización de este tipo de plantas debe considerar un área donde un posible malfuncionamiento o posibles emisiones no afecten el ambiente o sectores poblados.

El diseño conceptual de una planta de tratamiento se muestra en la Figura 7.3 para el caso de tratamiento químico de residuos inorgánicos, e incineración para los residuos orgánicos. La secuencia del paso de un residuo en este tipo de planta es la siguiente:

- Recepción
- Inspección
- Ensayos
- Test de tratabilidad, etc
- Almacenamiento/Mezclado
- Separaciones Sólido/Líquido
- Incineración
- Tratamiento Químico
- Disposición de Residuos

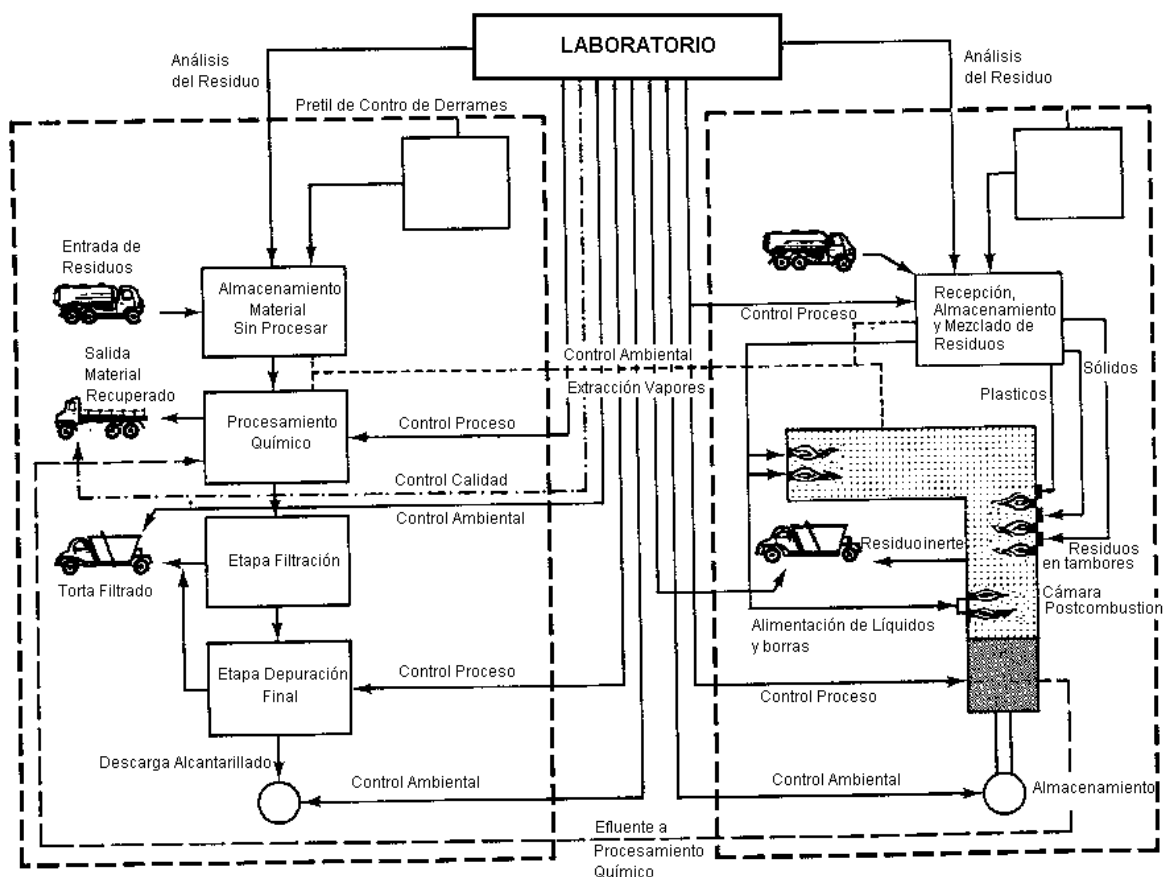


Figura 6.3 Diseño Conceptual de Planta de Tratamiento

6.5.3. Descripción de procesos de tratamiento

a) Procesamiento químico de residuos inorgánicos

La recepción de los residuos se efectúa en el área de pre-procesamiento. La recepción puede en forma a granel en estanques de ferrocarril o en lotes de recipientes de 30, 45, ó 200 l. Los residuos sólidos se pueden recibir en diferentes tipos de vehículos o contenedores; incluso en tambores de diferentes tamaños. Es esta etapa el laboratorio efectúa los ensayos químicos para asegurarse que los materiales está de acuerdo a la información entregada, y además efectúa una caracterización de los residuos. La característica de los residuos tales como concentraciones, determinan tipo y cantidad de productos químicos para tratar los residuos.

Después de los análisis, el residuo se planifica para el procesamiento químico y el tratamiento químico necesario se efectúa en forma discontinua. En esta etapa, el laboratorio efectúa los controles del proceso monitoreando las etapas de reacción. Este monitoreo se hace ya sea por instrumentación directa o por análisis selectivo. Para eliminar la posibilidad de olores, los vapores son extraídos de las unidades de reacción y enviados ya sea al incinerador o a un sistema de absorción separado.

El queque inerte resultante se remueve del filtro prensa y se envía a cajones de disposición. Después que el laboratorio certifica que estos materiales son insolubles en agua, se envía para despacho a un sitio de vertedero. La fase acuosa del sistema de filtración es analizada por el laboratorio, y si se encuentran altos niveles de componentes tóxicos, el efluente se somete a un proceso de retratamiento para remover la contaminación. Toda fase sólida resultante se envía a la zona de filtración.

La calidad del efluente final se somete a una especificación de acuerdo a las normas locales. Por lo tanto es esencial que el laboratorio certifique cada operación de tratamiento antes de efectuar la descarga del efluente.

b) Incineración

Como se muestra en la Figura 6.3, la primera etapa de la planta de incineración consiste en la recepción y almacenamiento del material. Como en el caso de los residuos inorgánicos, el material es recibido a granel vía estanques en camiones o en una variedad de paquetes incluyendo contenedores con envases plásticos. Nuevamente el laboratorio debe efectuar los análisis por las mismas razones. Los materiales se programan desde el almacenamiento para cumplir con los requisitos en términos de viscosidad, valor calorífico, contenido de humedad y tipo de material. Los líquidos y borras después del mezclado son introducidos al sistema de alimentación líquida y son encendidos en las cámaras apropiadas, de acuerdo a la planificación de cargas. Los tambores de residuos orgánicos son perforados justo antes de ser alimentados al incinerador de tambor rotatorio.

Los gases de combustión pasan a la cámara de post-combustión para asegurar una combustión completa y posteriormente a la cámara de lavado de gases para remover los gases ácidos, tales como ácido clorhídrico producido en la combustión de plásticos clorados, y el material particulado de los gases de salida. La acidez del agua de lavado es monitoreada por el laboratorio. Desde la cámara de lavado de gases, los gases limpios se envían a la chimenea de descarga. En esta etapa, el laboratorio monitorea la calidad de los gases de descarga.

c) Control de olores

El área abierta de almacenamiento de tambores está equipada con sistemas de extracción para recolectar y controlar los humos. Los humos son recolectados y alimentados al incinerador para prevenir problemas de olores en las instalaciones. En forma similar, sistemas de extracción de aire se instalan en los estanques de almacenamiento para controlar los olores en las descargas y almacenamiento de materiales tóxicos en esa área.

d) Control de fugas y drenajes

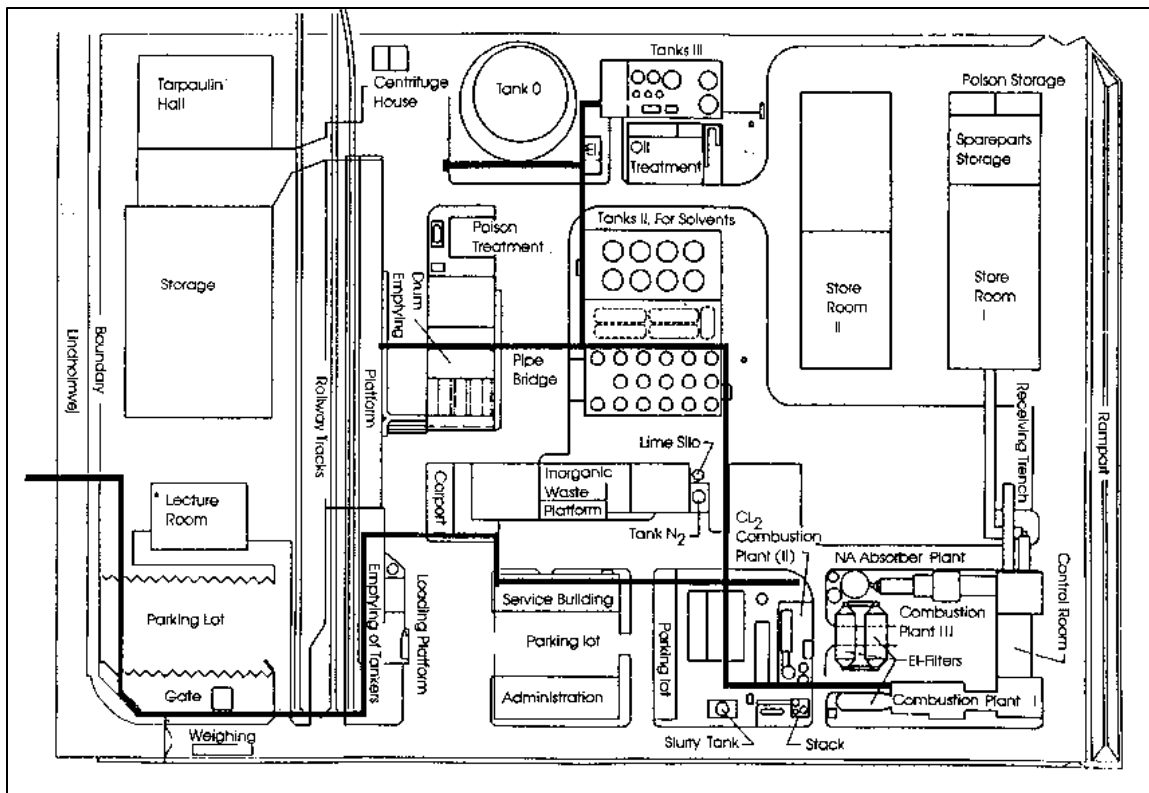
Finalmente, del diagrama se puede ver que ambas instalaciones están rodeadas por drenajes de derrames o fugas, los cuales están conectados con un pozo para cada función. En caso de un eventual derrame, el área puede ser limpiada, y los líquidos del derrame y de las aguas de lavado se bombean de los respectivos pozos al área de almacenamiento para ser procesado de manera correcta.

e) Instalaciones anexas

La instalación debe contar con sus respectivas oficinas de recepción, ventas, contabilidad, administración y mantenimiento.

6.5.4. Descripción de diagrama de planta

Se mostrarán dos esquemas de plantas reales: La planta Kommunekemi de Dinamarca, y la Rechem International Limited de Inglaterra. La Planta Kommunekemi de Dinamarca que se muestra en la Figura 6.4, cubre un área de 6.5 ha..



Source: Palmark, Mogens. 1984. Paper presented at the 2nd International Symposium on Operating European Centralized Hazardous (Chemical) Waste Management Facilities in September, Odense, Denmark.

Figura 6.4 Planta Kommunekemi de Dinamarca

La Planta de Kommunekemi procesa por incineración 33,000 ton/año, y 2,500 ton/año en la planta química, y contiene almacenamiento de residuos sólidos, oficinas de administración y laboratorios, balanza de pesaje, edificio de mantención, etc. Las principales secciones son :

- Sección de recepción y vaciado de residuos;
- Zona de estanques;
- Planta de recuperación de aceites residuales;
- Planta de tratamiento químico de residuos inorgánicos;
- Planta de incineración para residuos orgánicos.

La planta de ReChem International, es más pequeña y apropiada para países en desarrollo. Cubre un área de 1.5 ha. y su distribución se muestra en la Figura 6.5.

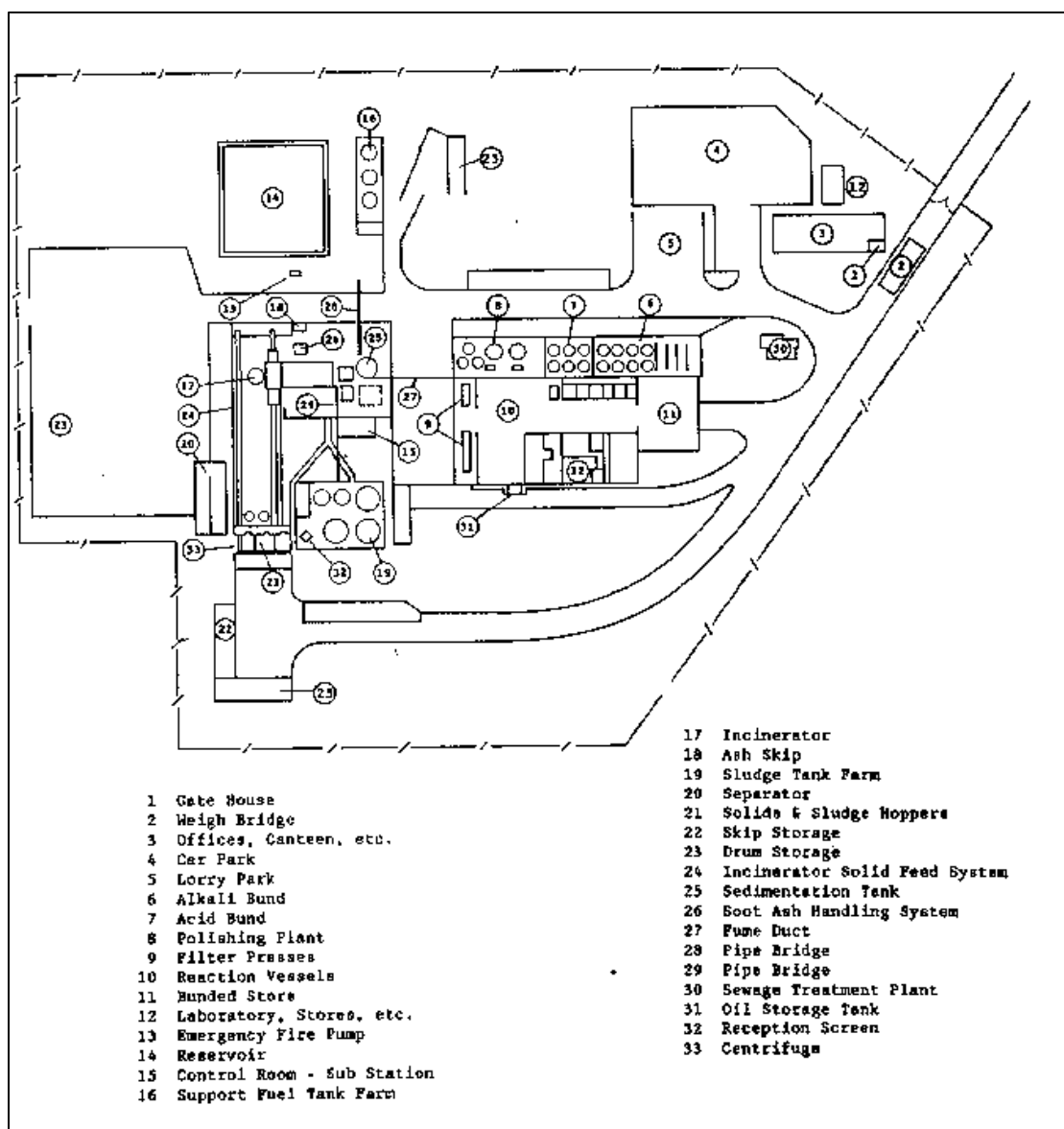


Figura 6.5 . Planta de Tratamiento de ReChem International. Grán Bretaña

Las operaciones de tratamiento químico y de incineración son independientes, y cada una tiene sus estanques de almacenamiento, área de tambores, de ácidos, álcalis, combustibles, y área general de residuos orgánicos. El tratamiento químico se efectúa en forma discontinua, en cinco reactores de acero inoxidable de 10 m³ cada uno. La capacidad anual máxima es de 10,000 ton. El incinerador tiene una capacidad de 2 ton/h.

6.5.5. Procedimientos administrativos

a) Introducción

Los procedimientos que se incluyen en la operación de una planta central de tratamiento de residuos son similares a los empleados en cualquier planta de manufactura, e incluyen:

- Recepción de material o residuos;
- Control de almacenamiento y stock de materiales;
- Planificación de procesos;
- Control de procesos;
- Descarga de efluentes después de certificar que cumplen los criterios reguladores.

b) Costeo y revisión de residuos

La Figura 7.6 muestra un formulario típico usada para revisar y costear los residuos que llegan a una planta de tratamiento. El productor de los residuos describe las características del material y los análisis en la parte A del formulario y entrega una muestra del residuo. El formulario y la muestra se entregan en el laboratorio de la planta el que revisa la parte A y efectúa análisis adicionales necesarios para diseñar el esquema de tratamiento del residuo y lo informa en la parte B. El formulario es enviado al Jefe de Procesos quién describe en la parte C como será tratado el residuo. El formulario es enviado al personal administrativo quién calcula el costo de tratamiento basado en la información del formulario. Entre los factores que afectan el costo del tratamiento están: la cantidad y costo de los productos químicos usados en el tratamiento, el grado de complejidad del esquema de tratamiento, y la dificultad de manejo del residuo.

c) Recepción de residuos

Cuando el presupuesto es aceptado, el procedimiento de manejo del residuo comienza. Se levanta un recibo de cada envío de residuo. Este puede comprender distintos colores en el formulario para identificar el residuo. La información requerida en el formulario se envía con copias a la portería, el laboratorio, y al Jefe de Planta. La portería, teniendo conocimiento previo del envío, dirige la carga a la zona de balanza y desde ahí a la zona de almacenamiento apropiada. Es una práctica segura y previsoramente verificar el contenido de la carga (característica del residuo) antes de efectuar el vaciado del contenido en los estanques. Un pH erróneo u otro tipo de error pueden causar una reacción inesperada. El camión es pesado nuevamente al dejar la planta. Un recibo de pesada es agregado a la Copia 1 del Formulario, el cual vuelve a la administración. La Copia 2, con el peso del residuo, vuelve al laboratorio, donde se efectúa un análisis adicional de la muestra del envío, para confirmar que concuerda con la descripción previa y se registra en la Copia 2. Las Copias 2 y 3 vuelven al Jefe de Planta. Se mantiene un registro en la portería, tanto de los formularios de trabajo y de los nombres de los productores de residuos,

así como un registro permanente de los residuos que llegan. Los residuos son etiquetados con un código de trabajo cuando son almacenados.

d) Planificación del tratamiento

Se debe efectuar una reunión diaria entre personal de Incineración, Tratamiento Químico, Laboratorio y el Jefe de Planta, para determinar el programa de tratamiento. Se diseña una lista, detallando los números de trabajo (por ejemplo de acuerdo a los códigos del Formulario), el área de almacenamiento de los envíos, y el modo y forma del tratamiento.

Los programas de incineración deben incluir detalles de las operaciones de mezclado, y cualquier requerimiento especial, como por ejemplo mantener temperaturas altas para la incineración de PCBs.

e) Control de procesos y registro de datos

El control del tratamiento químico y del proceso de incineración debe ser efectuado por el laboratorio (si se necesitan análisis químicos) y por los operadores. Las condiciones de operación del incinerador tales como temperatura, pérdida de carga del ventilador, pH del agua de lavado, etc, se miden con analizadores en línea y se registran en registradores de carta. Estas mediciones se deben efectuar también en forma manual cada media hora en el formulario diario. Este formulario también contiene los flujos alimentados de residuos e identifica del origen del almacenamiento (número de estanque, número de tambor, etc) y el número del trabajo, de acuerdo al programa diseñado para ese día.

Las reacciones químicas en la planta de tratamiento son monitoreadas por los operadores, manteniendo un récord de cada envío de residuo identificado por su número de trabajo. El sistema de alarmas es muy importante. Todas las reacciones químicas deben tener un monitoreo automático para el pH, temperatura, presión, etc. Todos los equipos de seguridad deben estar al alcance y deben ser mantenidos en forma regular en caso de escape de reacciones y de otro tipo de emergencias.

Se debe tener una estadística permanente de las emisiones de la planta de tratamiento, así como de los efluentes líquidos los cuales deben cumplir con las normas regulatorias. Se debe preparar una planilla semanal a partir de los archivos diarios, tanto para el tratamiento químico como para los efluentes de incineración. Un ejemplo se muestra en las Tablas 6.1 y 6.2.

Finalmente se hacen archivos de las copias 1,2 y 3 del formulario de trabajo, de la fecha del tratamiento para el envío de residuo. Las copias se archivan.

Tabla 6.1. Ejemplo de formulario semanal de planta química

Formulario Semanal Planta Química

Semana:

	Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Efluente Líquido	Muestra					
	pH					
	CN⁻, ppm					
	Cr, ppm					
	SO⁼, ppm					
	Ni, ppm					
	Cu, ppm					
	Zn, ppm					
	Pb, ppm					
	Cd, ppm					
	DQO, ppm					
	O₂					
	S/Sólidos, ppm					
	Notas					
Queque Filtro	pH					
	CN⁻, ppm					
	Cr, ppm					
	S⁼, ppm					
	Ni, ppm					
	Cu, ppm					
	Zn, ppm					
	Pb, ppm					
	Cd, ppm					
	Notas					

Tabla 6.2. Ejemplo de formulario semanal de incinerador

Datos Semanales de Planta Incinerador

Semana:

		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Acidez Gas	HCl gm/m ³					

Sistema de Absorción	Agua Reb.: pH					
	S.T.D. % p/p					
	Agua Ali: pH					
	S.T.D. % p/p					
	S/sól.; ppm					

Cenizas de Incinerador	Ceniza % p/p					
	Borra: pH					
	Orgánicos					
	S					
	Niveles ppm Ni-Zn-Pb Cd-Cu-Cr					

Alimentación de Residuos	Estanque N°					
	pH					
	V.C. kJ/kg					
	Ceniza % p/p					
	Cl % p/p					
	Metales Pesados, %p/p					

Carga a los estanques	Estanque N° Alim residuo	
--------------------------	--------------------------------	--

6.6. Análisis de seguridad de las instalaciones

Una instalación de manejo de residuos peligrosos generalmente abarca un amplio rango de productos químicos y procesos. La incertidumbre en la composición de los residuos, el posible error humano, y las fallas de los equipos, significan un elemento de peligro para los empleados y la comunidad vecina. Como ejemplo la Tabla 7.3 entrega posibles malfuncionamiento de las operaciones de un incinerador.

Tabla 6.3. Potenciales Malfuncionamientos Operacionales de un Incinerador

Operación	Posible mal función	Consecuencia
Llenado de estanque	1. Nivel sobrepasado 2. Fuga de sello bomba, empaque de válvula 3. Ingreso de residuo no autorizado por mal control	Derrame de residuo Derrame pequeño de residuo Posibles dificultades de incineración
Trasferencia a través de bomba y filtro	1. Fuga por sello de bomba, corrosión de material, etc. 2. Obstrucción de filtro	Pequeño derrame de residuo Ninguno si filtro descarga en medición de alta presión
Inyección de residuo al incinerador	1. Bloqueo de orificio (detección de bajo flujo) 2. Atomización de aire en falla de soplador	Detención temporal Falla de combustión, descarga de vapores tóxicos, acumulación de líq
Incineración	1. Pérdida de llama debida a pérdida de presión de combustible, pérdida de aire primario, coquificación o agua en alimentación 2. Flujo de combustible impropio 3. Mala razón aire/combustible 4. Inyección a una zona fría de combustión en la partida	Descarga transiente de vapores tóxicos previo a la detención automática por detección de pérdida de llama. Una capa de agua en el tanque se aísla por medición de conductividad Exceso de producción de residuo Combustión ineficiente Combustión ineficiente
Lavado de gases de absorbedor	1. Falla de bomba de solución lavadora 2. Solución de lavado débil 3. Fuga en bomba, válvula o estanque	Alta concentración de HCl en gases de chimenea No mucho cambio, aún el agua es un solvente buen lavador Derrame de solución lavadora (sin consecuencia si se usa agua)
Tratamiento de aguas residuales	1. Falla bomba de adición de químicos 2. Fuga de bomba, válvula o tanque	Descarga de bajo pH Pequeño derrame de agua

CAPITULO VII :

PROCESOS DE RECUPERACION Y MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS DOMESTICOS

7.1 INTRODUCCION

El presente capitulo tiene como objetivo realizar una revisión acerca de los tratamientos que actualmente reciben los residuos sólidos domésticos calificados como peligrosos, para su reutilización o su disposición final. En este capitulo se recopila en forma resumida antecedentes respecto de los residuos peligrosos domésticos y de las alternativas de recuperación y tratamiento. Las principales fuentes de información fueron libros del área y bases informáticas del Internet.

7.2 LOS RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSO DOMÉSTICOS

Una familia en su diario vivir genera una gran variedad de residuos peligroso tanto líquidos como sólidos, los cuales en pequeñas cantidades (pero a veces en concentraciones altas) van a dar directamente a los cuerpo receptores (río, mar, lagos y suelo) a través del sistema de recolección de aguas servidas o a los vertederos de residuos sólidos domésticos.

Por las cantidades pequeñas de generación de residuos líquidos peligrosos por unidad familiar, es poco probable su reutilización o tratamiento previo en forma independiente uno del otro, por esto y en relación con la gestión de residuos, este problema ha sido abordado a través de los cambios de hábitos de los usuarios, pero principalmente a través de la generación de masa crítica que presione a los productores para poner en el mercados fórmulas de uso domésticos menos peligrosos.

Por otra parte los residuos sólidos domésticos han tenido una mayor posibilidad de gestión no solo por la creación de mercados e inversionistas interesados sino el manejo de los mismos hace que mediante una separación en el origen o en el propio vertedero puedan ser tratados principalmente para su recuperación. Estos últimos residuos son los de interés en esta revisión.

En general, la mezcla de residuos domésticos incluye varios componentes, los cuales pueden causar daño a las personas y al medio ambiente. Dentro de estos se incluyen los peligroso los cuales se han estimado en una presencia entre el 3 al 5% del total. Estos materiales están compuestos principalmente por productos químicos del jardín, pinturas, solventes, medicinas, baterías y pilas, y aceites entre otros, los cuales son potenciales contaminantes de las aguas subterráneas, suelo o causantes de incendios y explosiones.

En la siguiente tabla se listan algunos de estos componentes definidos como residuos peligrosos domésticos (RPD):

Tabla 7.1: Tipo de residuos peligrosos en las diferentes áreas de una casa habitación

FUENTE	TIPO DE RESIDUOS
Baño y cocina	
	• Envases que contenían o contienen restos de limpiadores domésticos (compuestos de amonio, cloro y compuestos nitrogenados y fosforados)
	• Envases con restos farmacéuticos
	• Envases con (y) restos de limpiadores corporales (shampoo, bálsamos, jabones)
	• Limpiadores
	• Restos de compuestos farmacéuticos (tabletas, píldoras)
	• Soluciones para el pelo
Residuos de limpiezas	
	• Desinfectantes
	• Blanqueadores en base a cloro
	• Removedor de cutícula y esmalte (en base a acetona)
	• Limpiadores de metal
Otros	
	• Baterías y pilas
	• Detectores de humo
	• Rollos fotográficos
	• Envases de aerosoles
	• Mercurio desde termómetros
	• Adhesivos
Garaje	
	• Limpiadores para automóviles
	• Aceites
	• Solventes
	• Antirefrigerante
	• Pinturas
	• Aditivos y aceites para automóviles
Residuos del jardín	
	• Herbicidas
	• Insecticidas
	• Venenos para ratas, moscas, etc.
	• Fumigantes

Dentro del manejo de estos residuos así como otros se pueden mencionan, el reciclaje, el compostaje, la incineración y vertederos controlados.

Algunas características de los RPD más importantes y/o abundantes se presentan a continuación:

Tabla 7.2: Características de los RPD

RPD	Características	Almacenamiento	Uso o destino final	Métodos alternativos de reducción
Aceite de motor	Contiene metales pesados. Es tóxico para la gente, los animales y las plantas	En envases metálicos o plásticos sellados	Reciclable. No debe mezclarse con otras sustancias. Puede usarse como combustible en hornos	Ninguna, sin embargo el aceite re-refinado es usado como fuente energética.
Anticongelante	Contiene etilenglicol el cual es tóxico	En recipientes de plásticos	Reciclable en cantidades limitadas. Uso como combustible alternativo	El propilenglicol usado como anticongelante es menos tóxico, pero este es un contaminante del reciclaje de etilenglicol.
Pintura latex	Contiene solventes irritantes y tóxicos, además de resinas, pigmentos y aditivos.	En envases metálicos	Recuperación por extracción de solventes.	ninguna
Aerosoles	Suspensión de propelantes e ingredientes activos como pinturas y pesticidas. Bajo condiciones normales son gases, contienen materiales tóxicos, corrosivos	A bajas temperaturas	Extracción por solvente a escala piloto	ninguna

Los componentes más comunes y sólo por nombrar algunos son: tricloroetileno, benceno, tolueno, cloruro de metileno, diclorobenceno, xileno, tolueno, dibutiftalato, cloruro de vinilo, polietileno, formaldehído.

Los metales más comúnmente encontrados en estos residuos se señalan en la siguiente tabla (9):

Tabla 7.3: Metales más comúnmente encontrados en los RPD

Metal	RPD
Plomo	Aparatos electrónicos (televisión, radio), vidrio, cerámicas, plásticos, bronce, latón, aceite usado.
Cadmio	Pilas, plásticos partes electrónicas, electrodomésticos (lavadoras de plato, lavadoras de ropa), pigmentos, vidrios, cerámicas, gomas, aceite usado
Mercurio	Baterías, ampolletas, residuos de pinturas, termómetros, pigmentos desde plásticos y tintas

Enumerarlos cada uno de ellos haría un listado muy largo, lo importante es que actualmente muy poco de ellos son tratados en forma separada ya sea para su recuperación o disposición. En general estos residuos se disponen mezclados con los urbanos no peligrosos en e vertederos para residuos urbanos.

7.3. INSTALACIONES PARA DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS

Así como existen muchas clases de residuos tóxicos, también existen diferentes modos de gestionarlos. Se cuenta con variadas tecnologías para la recuperación y tratamiento de residuos tóxicos. En la siguiente figura se puede observar la clasificación de las instalaciones:

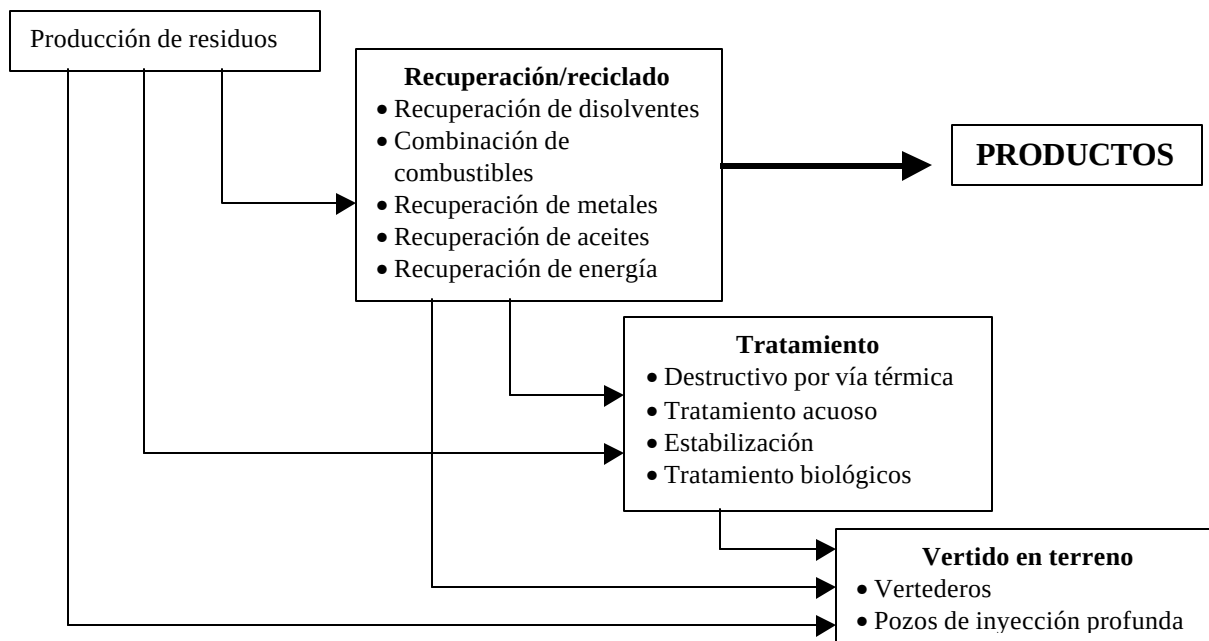


Figura 7.1: Clasificación de las instalaciones relacionadas con el manejo de residuos

Instalación de recuperación y reciclado

Dedicadas a la recuperación de materiales y productos vendibles (por lo general disolventes, aceites, ácidos o metales), o a la recuperación de energía a partir de residuos.

En la siguiente tabla se señalan los principales procesos utilizados en las plantas de recuperación y reciclado

Tabla 7.4: Principales procesos utilizados en plantas de recuperación y reciclados

TIPO DE RECUPERACION	OBJETIVO	TECNOLOGIAS
De solventes	Separar las sustancias contaminantes de los disolventes residuales, transformando de este modo el disolvente de nuevo a su estado original o al menos a una graduación tóxica algo menor	La destilación suele ser el proceso mas empleado, asegurando un 75% de recuperación de solventes. Entre otras tecnologías de separación se utilizan la filtración, la evaporación simple, la centrifugación y la depuración.
De aceites	Los aceites lubricantes utilizados pueden ser recuperados hasta calidades idénticas en esencia a la de los aceites lubricantes originales, excluyendo la práctica de combinar combustibles, inútil para la recuperación de aceites lubricantes	La depuración de aceite residual consta de dos métodos: el método de ácido arcilla, y el de la destilación intensiva.
De ácidos	Intenta separa los ácidos no reactivos de residuos ácidos.	Uno de los métodos que emplea esta industria consiste en enfriar el ácido sulfúrico para lograr la precipitación de los ácidos férricos. Otro método consiste en la regeneración de los ácidos inyectándolos en un calcinador rociador.
De metales	Cuando son sólidos se separan mediante el uso de bandas magnéticas o disolviéndolos	Se clasifican en pirometalurgia (se basa en características de fusión y ebullición) e hidrometalurgica (extraer y concentrar los metales a través de procesos tales como intercambio de iones, electrodiálisis, osmosis, adsorción y precipitación).
De combustibles	Es posible obtener combustibles a partir de residuos oleosos, disolventes o restos de destilación.	Los residuos deben ser previamente tratados con procesos de separación e deshidratación con el fin de eliminar restos, sedimentos y agua.

Instalación de tratamiento.

Tienen la finalidad de alterar las características químicas de los residuos o bien de degradar o destruir sus componentes recurriendo a numerosos métodos físicos, químicos, térmicos o biológicos.

Tabla 7.5: Descripción de los diferentes tipos de tratamientos utilizados con RPD

TIPO DE TRATAMIENTO	OBJETIVO	TECNOLOGIAS
Por vía térmica	El sometimiento de residuos a altas temperaturas en presencia de oxígeno provoca la destrucción, bien parcial o total, de las materias orgánicas presentes.	Este proceso se realiza por intermedio de incineradores (Anexo1)
Tratamiento acuoso	Eliminar y/o detoxificar los componentes tóxicos que se encuentran disueltos o suspendidos en el agua.	La selección y secuencia de los procedimientos a emplear vienen determinadas por las características de los residuos a tratar y por la calidad requerida de salida.
Estabilización	Supone la mezcla de materiales y residuos con el fin de mejorar la manipulación y las características físicas de los residuo y así reducir la movilidad de los contaminantes.	
Biológicos	Degradación de componentes orgánicos con la utilización de microorganismos.	

Instalación para el vertido en terrenos.

Emplazamientos permanentes para residuos superficiales o subterráneos

Las tareas llevadas a cabo en una instalación de residuos tóxicos se dividen en cinco fases:

- Análisis de residuos previo al envío
- Recepción de residuos
- Almacenamiento y preparación de residuos
- Tratamiento de residuos
- Otras gestiones

Un ejemplo genérico de lo anterior se muestra en la siguiente figura:

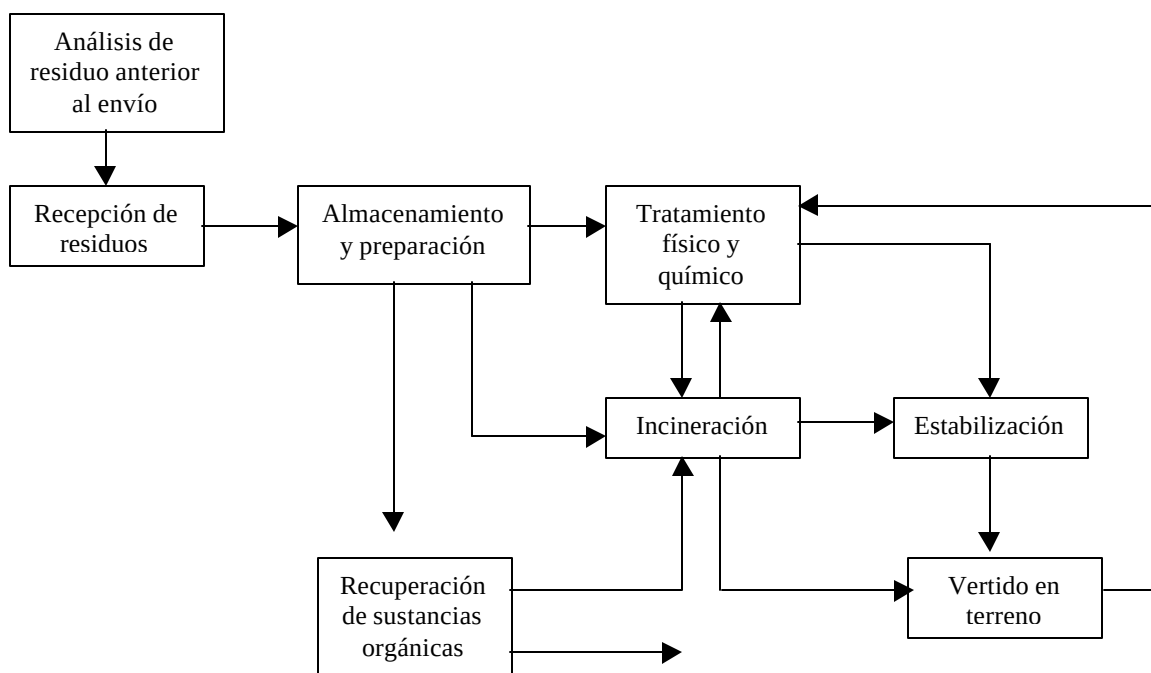


Figura 7.2: Etapas del tratamiento de un residuo antes de su disposición en terreno.

7.4. EJEMPLOS DE MATERIALES RECUPERADOS

7.4.1. Reciclaje de chatarra electrónica

El primer paso es preprocesar los componentes desmantelándolos (tubos de TV, partes de metal largas, componentes con sustancias nocivas, etc.), que pueden ser parcialmente mecanizadas, y se puede preseleccionar los componentes desmontados (en categorías como aros curvados, cubiertas de madera, plásticos puros, etc.). El material preseleccionado es duramente comprimido - manejando objetos del tamaño de motores de aspiradora y transformadores del tamaño de un puño sin dificultad. Después de que el metal es trasladado, el material concentrado se suelta y se separan los metales no ferrosos, el material resultante volverá a ser concentrado. Después de esta fase final de concentración una fracción de la aleación de metales no ferrosos, consistente en metal precioso y por otra parte de una fracción de cobre filamentado casi libre de plásticos, es trasladada. Posteriormente el aluminio con porciones de metales pesados es separado y el alambre de cobre puede ser, trasladado desde los correspondientes plásticos mezclados que contienen la porción de cerámica. La pérdida de metal puede ser ajustada por el grado de reducción, que es para indicar que la pérdida de metal puede ser reducida concentrando más finamente el material, esto reduce la potencia y ;consecuentemente incrementa los costes de operación.

Aparte de la chatarra electrónica normal, la planta puede manejar otros objetos como: cables, tablas de instrumentos, copas.

7.4.2. Reciclaje de aceite residual

Los aceites de vehículos incluyen: aceites de carter, aceites de motores diesel y fluidos de transmisión, frenos y dirección asistida. Las fuentes de aceite de vehículos son los propios usuarios, talleres mecánicos, estaciones de servicio y flotas de camiones y taxis, instalaciones militares e instalaciones industriales y de fabricación. El aceite industrial residual incluye: aceite de mecanización, aceites hidráulicos, aceites de elaboración, aceites lubricantes y aceites de cárter.

En la Tabla 7.6 se muestra el destino del aceite residual de automóviles e industrial. Aproximadamente se evacua el 34 por 100 de todo el aceite residual, bien mediante el vertido controlado, incineración o vertido incontrolado (del 34 por 100, se vierte de forma incontrolada aproximadamente el 59 por 100).

Tabla 7.6: Disposición del aceite residual en Estados Unidos

Uso final	Aceite controlado ^a		Aceite no controlado ^b	
	l(·10 ⁶)/año	Porcentaje	l(·10 ⁶)/año	Porcentaje
Incineración	1.853,9	73,2	379,64 ^c	18,7
Aceite de lubricación refinado	237,3	9,4		
Petroleado de carreteras	150,0	5,9	109,4	5,4
Evacuación ^d	159,3	6,3	1.377,0	67,7
Industrial no como combustible	132,1	5,2		
Reciclable <i>in situ</i>			166,5	8,2
Total	2.532,6	100,0	2.032,5	100,0

a: Aceite controlado = aceite residual recogido y reutilizado y reciclado.

b: Aceite no controlado = aceite residual sin programa de recogida estructurado.

C: La mayoría está mezclado con aceite de calefacción doméstica.

d: Incluye evacuación en vertederos e incineración.

Aproximadamente se quema el 49 por 100 de todo el aceite residual, principalmente en la fabricación de hormigón, en calefacción central y en calderas comerciales e industriales y marítimas.

Los aceites residuales a menudo contienen metales, disolventes clorados y diversos compuestos orgánicos, incluyendo aquellos listados como contaminantes de prioridad por EPA. La presencia de metales como arsénico, bario, cadmio, cromo y cinc es consecuencia,

normalmente, del desgaste de los motores o cojinetes, o de la inclusión de estos metales en aditivos del aceite. Un contaminante común es el plomo en la gasolina con plomo, aunque está disminuyendo significativamente la concentración al mismo tiempo que se incrementa el consumo de combustible sin plomo. Disolventes clorados, como PCB, se encuentran en el aceite residual como consecuencia de mezclas ilegales y fortuitas. La presencia de diversos compuestos orgánicos, como benceno y naftaleno, normalmente está asociada al mismísimo aceite base.

Posibilidades de reutilización y reciclaje

Desde el punto de vista de la conservación de la energía, el reciclaje del aceite residual es un uso eficaz de los recursos. Los procesadores o refinadores tratan la mayor parte del aceite residual que pasa por el sistema regulado o gestionado, y la mayor parte de los rechazos pesados del procesamiento pueden utilizarse junto con productos asfálticos para carreteras.

Regeneración. En 1989, había de 200 a 300 reprocesadores en Estados Unidos. Los reprocesadores utilizan el calentamiento y la limpieza suaves para separar sedimentos de fondo, agua, material en suspensión y ceniza; sin embargo, no se reducen significativamente las cantidades de metales orgánicos y volátiles y el producto final sólo es apto como combustible. Los sistemas de reprocesamiento normalmente implican asentamiento, calentamiento, filtración en vacío y centrifugación, ver Figura 3. El aceite no tratado entra al tanque decantador, donde se separan las partículas más grandes mediante sedimentación. Se procede a calentar el aceite y se filtra al vacío para separar el agua, los hidrocarburos volátiles y los materiales en suspensión. Después de la neutralización y de la demulsificación, el aceite se calienta hasta 149 °C y se centrifuga para separar las partículas que pasan a través del proceso de filtración. Aproximadamente el 90 por 100 de la alimentación sale como producto y el resto se devuelve al calentador. Se produce un fango de metales y sedimentos, que normalmente se quema como combustible en planta o se incorpora en productos asfálticos.

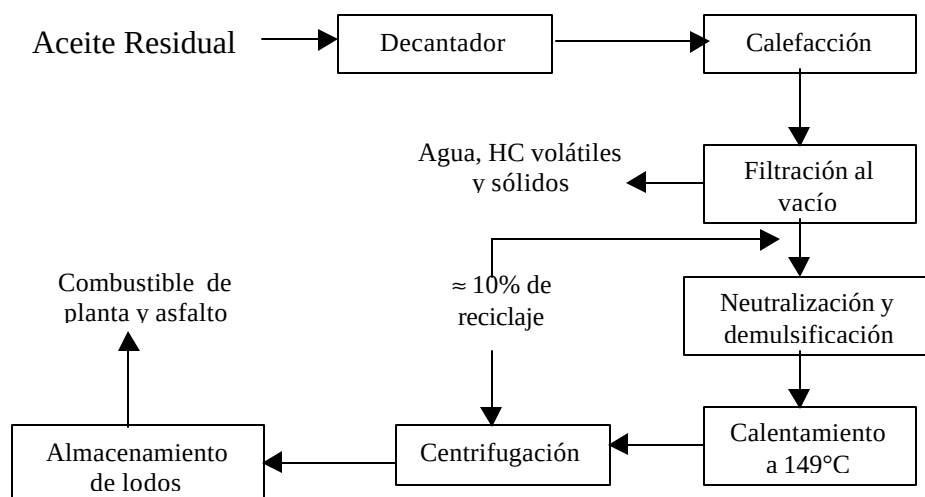


Fig 7.3: Tratamiento centrífugo de aceite residual

Los refinadores utilizan tecnologías similares a los procesadores para separar sedimentos y agua, así como un tratamiento avanzado para separar contaminantes volátiles y metales, lo que permite la reutilización del aceite como aceite lubricante. Un proceso típico incluye: calentamiento, filtración, destilación y extracción de disolventes, tratamiento en un reactor catalítico. Un tratamiento que se está haciendo cada vez más popular es el proceso KTI, desarrollado por Phillips Petroleum y mostrado en la Figura 4. Una destilación primaria separa el agua y los hidrocarburos ligeros; la destilación al vacío produce una fracción importante del rango de los aceites lubricantes. El paso de hidrogenación consiste en la adición de gas hidrógeno y la reacción con catalizador. La hidrogenación separa los contaminantes que hierven en el mismo rango que el aceite lubricante, incluyendo compuestos que contienen cloro, oxígeno y nitrógeno. El aceite tratado se expande a baja presión para separar productos gaseosos y después se fracciona en los tipos deseados de aceite lubricante. El proceso KTI es atractivo porque proporciona una buena producción y calidad del producto, equivalente al aceite lubricante virgen. El proceso es capaz de tratar aceites contaminados con PCB y otros residuos peligrosos.

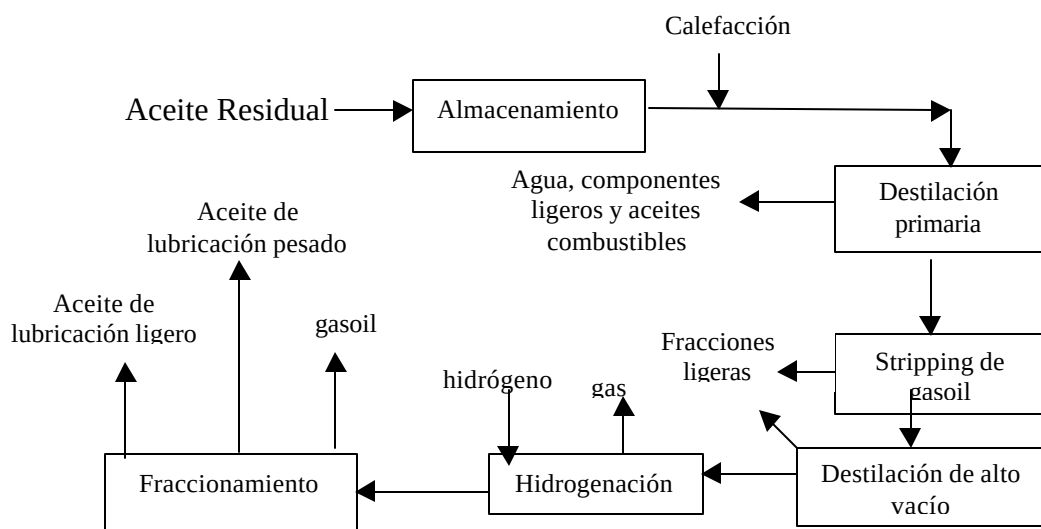


Figura 7.4. Proceso Kinetics Technology International (KIT) para la producción de aceite lubricante.

7.4.3. Neumáticos usados

Cada año en Estados Unidos se cambian aproximadamente 281 millones de neumáticos. Se estima que 237 son desechados, 10 millones se reutilizan y 33 millones se recauchutan [22]. Entre dos y tres mil millones de neumáticos se han acumulado en pilas de almacenamiento (ver Figura 15.16) y algunos millones más han sido vertidos ilegalmente [22]. Aproximadamente el 14 por 100 de los neumáticos desechados se utilizan como combustible; se estima que se utilizan un 5 por 100 para aglomerantes, polvo de caucho y usos misceláneos, y se exporta el 4 por 100.

Los comerciantes de neumáticos, desguaces de automóviles e incluso los operadores de vertederos pagan a contratistas independientes para recoger los neumáticos usados. En la mayoría de los vertederos ya no se entierran neumáticos enteros, porque ocupan un gran volumen y tienden a subir a la superficie. Los vertederos normalmente aceptan neumáticos como un servicio público, pero cobran una tarifa para cubrir los costes de recogida. Los recogedores de neumáticos separan las cubiertas útiles para su recauchutamiento

Posibilidades de reutilización y reciclaje

Las principales posibilidades de reutilización para los neumáticos de goma son el recauchutamiento y reparación, el combustible derivado de neumáticos y los aglomerantes. En la exposición siguiente se tratan éstos y otros usos.

Recauchutamiento y reparación. EPA ha sugerido que se podría reducir el número de neumáticos usados si los consumidores compraran neumáticos de mejor calidad y neumáticos usados o recauchutados. Unas 800 compañías en Estados Unidos recauchutan o reparan neumáticos (los recauchadores solamente cambian la llanta, mientras que los reparadores reponen la llanta y la goma de la pared lateral). Los neumáticos recauchutados forman solamente el 7,5 por 100 de las ventas de neumáticos para automóviles, en parte porque los recauchutados todavía tienen una imagen negativa, pero también porque hay neumáticos de importación más baratos. La popularidad de los neumáticos radiales también ha reducido el recauchutamiento, porque la mayoría de los recauchadores no pueden pagar los precios de los moldes de precisión y el equipamiento necesario. Los neumáticos de camiones se hacen para recauchutarlos y conforman el 39 por 100 de los recambios de camiones. Los recambios de neumáticos para vehículos muy grandes (camiones basculantes, equipamiento para mover tierra, etc.) son tan caros que se recauchutan muchos neumáticos hasta tres veces y los recauchutados constituyen el 60 por 100 de todas las ventas.

Combustible derivado de neumáticos. Actualmente, el mayor uso de neumáticos desechados es el combustible para calderas. Aproximadamente se queman 33 millones de neumáticos anualmente en plantas de aprovechamiento energético y en fábricas. La planta del Oxford Energy Company en Westley, CA, utiliza 4,5 millones de neumáticos cada año; su planta en Sterling, CT, quema 10 millones y una nueva construcción cerca de Las Vegas, NV, tendrá una capacidad de 18 millones de neumáticos anuales (casi 50.000 por día). Los productores de hormigón queman aproximadamente 6 millones de neumáticos anuales y las fábricas de pulpa y papel en Oregón, Washington y Wisconsin utilizan aproximadamente 12 millones.

Aglomerantes betún-caucho

Desde principios de los años sesenta se han utilizado los ligantes betún-caucho. Aproximadamente se utilizan 2 millones de neumáticos cada año, lo que supone menos del 1 por 100 de los desechos nacionales. Hay dos métodos generales para preparar ligantes betún-caucho. En el proceso *húmedo* se mezcla el polvo de caucho (triturado muy fino) con asfalto a 400 °F para formar una unión química; en el proceso *seco* se utiliza el caucho de los neumáticos sencillamente como sustituto de áridos.

Los contratistas de pavimentos, por lo general, no están contentos con el producto y los departamentos municipales y estatales para mantenimiento de carreteras y calles, inquietos por los altos costes, están preocupados por una posible obligatoriedad en el uso de este material como solución ante el creciente suministro de neumáticos usados. California y Arizona, hasta la fecha, están contentos con los resultados y seguirán con sus programas; Minnesota y Nueva York creen que el coste adicional no está justificado. El consenso de los demás estados es que el incremento de costes reducirá sus programas de pavimentación y que el rendimiento a largo plazo todavía está por evaluar.

Cada año se utilizan unos 10 millones de neumáticos para fines misceláneos. Se han utilizado neumáticos enteros para crear arrecifes en Nueva Jersey y Florida, como estructuras para controlar la erosión en California y Carolina del Norte y como barreras contra choques en las carreteras. Los neumáticos rotos y pinchados se utilizan para fabricar diversos productos como percheros, cinturones, arandelas y felpudos. Una pequeña cantidad del polvo de caucho recuperado se mezcla con goma virgen para fabricar llantas nuevas de neumáticos. De estos 10 millones de neumáticos, de 3 a 4 millones se procesan especialmente para formar productos de plástico y goma. En Minnesota, una planta nueva, de financiación pública, produce polvo de goma tratado con polímeros que se utiliza en la base de moquetas, tejados, correas y artículos moldeados. Los neumáticos también se han tratado experimentalmente mediante para producir negro de humo, un componente esencial de neumáticos. Debido al coste relativamente bajo del gas natural, materia prima tradicional para el negro de humo, el proceso no se ha comercializado.

7.4.4. Baterías ácidas de plomo

Cada año en Estados Unidos se consumen y cambian aproximadamente de 78 a 80 millones de baterías de automóviles, sin incluir aquellas utilizadas para grandes camiones o usos no automotores, como máquinas de césped y jardín y de energía de emergencia. Existe una estructura bien organizada para reciclar las baterías ácidas de plomo (BAP), y nacionalmente la tasa de reciclaje es del 90 por 100. Por los peligros ambientales que tiene el plomo, el objetivo de EPA y de los gobiernos estatales es mantener una tasa de reciclaje a pesar de las fluctuaciones en el precio del plomo, o de la pérdida de capacidad industrial. En un esfuerzo por crear una infraestructura de reciclaje estable cuando los precios están bajos, EPA ha propuesto tarifas sobre el uso del plomo virgen, programas obligatorios de retorno y un contenido mínimo de plomo reciclado en las baterías nuevas.

Posibilidades de reutilización y reciclaje

Los fabricantes de baterías y los recuperadores secundarios de plomo llevan a cabo el reciclaje de baterías ácidas de plomo con un esfuerzo conjunto. Cada año en Estados Unidos los productores primarios y las fundiciones secundarias producen aproximadamente 1,4 millones de toneladas de plomo y el 80 por 100 se utiliza para fabricar las BAP (el resto se utiliza para gasolina con plomo – todavía en venta en algunas partes del país –, pintura, soldadura, material de cojinetes y diversos productos, como pesos para neumáticos y perdigones de plomo). La metalurgia secundaria depende de la recuperación de las baterías usadas para más del 70 por 100 de su suministro (la batería media contiene aproximadamente 8 kg de plomo recuperable). La industria primaria del plomo está en

declive y la metalurgia secundaria cubre más que las necesidades nacionales utilizando materiales reciclados.

Procesamiento de baterías. En Estados Unidos hay 22 procesadores secundarios activos; algunos están asociados a los fabricantes de baterías, pero la mayoría son independientes [2]. En una planta típica, se aplastan los cargamentos de las baterías y después se separan el plomo, el plástico y el ácido sulfúrico. Se cargan todos los componentes en un horno de reverbero (un horno de reverbero es aquel en el que la llama se dirige hacia abajo desde el techo), donde se reducen los óxidos y los sulfatos a plomo metálico. Se sangra el plomo líquido del horno y los rechazos que todavía contienen aproximadamente el 29 por 100 del plomo original van al alto horno, donde se añaden sílice, hierro y cal como fluidizantes y agentes de barrido. Aunque se recupera casi todo el plomo restante en el alto horno, la escoria todavía contiene plomo no recuperado y hay que examinar cada partida para determinar si existe peligro de lixiviación. % el nivel de toxicidad del test de extracción excede las cinco partes por millón, la escoria debe evacuarse en un vertedero de residuos peligrosos.

Existen nuevas tecnologías que cumplirán los requisitos ambientales y producirán menos escoria. Una es la utilización de un horno de hogar rotatorio en lugar de los hornos de reverbero y altos. La escoria resultante difiere químicamente de la escoria de los altos hornos y no se lixivia tan fácilmente. En el proceso Engitec Impianti, desarrollado en Italia a finales de los años ochenta, se aplastan las baterías en un molino de martillos y se separan los componentes en *una criba* vibratoria. Se neutraliza la pasta ácido/plomo, se separan los óxidos de plomo y se recuperan de la disolución el hidróxido de sodio y el ácido sulfúrico, mediante electrodiálisis. Se separan las rejillas, los polos, los separadores del policloruro de vinilo y los fragmentos de caja de polipropileno por medios densos o flotación. Se reducen los óxidos de plomo mediante electrólisis y se combinan con componentes metálicos, después se funde a 400-500 °C y se moldean en lingotes. Además del plomo se recuperan el polipropileno y el ácido sulfúrico de batería para su reutilización y se asegura que el método Engitec Impianti no produce residuos peligrosos .

7.4.5. Pilas domésticas

Cada año en Estados Unidos se compran más de 2,5 mil millones de pilas domésticas, unas 10 por persona. Los consumidores no separan la mayoría de las pilas y las desechan con el resto de los residuos domésticos. Las pilas contienen mercurio, cadmio, plomo y otros metales, que se convierten en contaminantes tóxicos en el lixiviado de los vertederos o en las emisiones de las incineradoras. EPA ha descubierto que las pilas domésticas son la fuente de más del 50 por 100 del mercurio y del cadmio encontrados en los RSU.

Posibilidades de reutilización y reciclaje

La mayoría de los consumidores no saben que las pilas domésticas son una fuente potencial de metales tóxicos y pocos estados y municipios intentan recuperarlas. En los pocos programas que existen, se recogen la mayoría de las pilas en tiendas de bienes de consumo eléctricos, en joyerías y en algunas IRM. El reciclaje es difícil porque muy pocas compañías tienen la tecnología para procesar las pilas domésticas y no hay una

infraestructura de recogida conveniente. Además las pilas *botón* mezcladas son difíciles de seleccionar y pueden presentar un peligro de almacenamiento debido a emisiones de vapor de mercurio. Otro obstáculo es que las pilas tienen que ser separadas individualmente para cumplir con los requisitos federales de transporte.

Los consumidores no deberían desechar las pilas con los residuos domésticos, sino que deberían entregarlas durante promociones de recogida especiales o ponerse en contacto con agencias públicas que puedan evacuarlas correctamente. No son reciclables las pilas alcalinas y de cinc-plomo, y debido al contenido en mercurio deben evacuarse en vertederos de residuos peligrosos.

Actualmente se reciclan pilas alcalinas, de litio, magnesio, mercurio, con composición de níquel y cadmio.

Como ejemplo se señala (8) que:

- Las pilas de magnesio son fundidas para la recuperación de aleaciones magnesio/aluminio
- Las baterías de litio son recicladas para la fabricación de las carcasas de las baterías
- Las baterías de mercurio son concentradas y llevadas al proceso de evaporación donde se recupera el mercurio
- Las baterías alcalinas son compactadas y llevadas a la planta de fundición para la recuperación de acero y óxidos de magnesio.

7.4.6. Anticongelantes

Los anticongelantes son una mezcla compuesta principalmente por agua y etilenglicol, el etilenglicol es un líquido transparente con un suave gusto a dulce siendo por esta razón atractivos para los niños pequeños y mascotas. Cuando es consumido puede causar la muerte.

7. 5.- PRESENTACION DE CASO : PLANTA DE RECUPERACION Y RECICLAJE (PLANTA HIDRONOR -CHILE)

Uno de los objetivos principales es la recuperación y reciclaje de residuos industriales, como materias primas o combustibles alternativos. Hidronor recibe todos aquellos residuos orgánicos que tengan algún poder calorífico, para someterlos a un proceso de creación de combustible alternativo, utilizable en hornos de cementeras o similares.

El tratamiento consiste en separar del residuo los elementos que dificulten su aprovechamiento, tales como agua, sedimentos y metales pesados. Gracias a este proceso se logra recuperar energía a partir de los residuos combustibles, conservar los combustibles fósiles, tales como el petróleo y el carbón y destruir los residuos orgánicos en forma total y eficiente. Solventes, aceites, pinturas, colas, barnices, lacas y otros, pueden ser tratados en este proceso.

7.5.1. Inertización y solidificación

El Centro recibe una gran variedad de residuos sólidos, polvos y lodos generados a lo largo de toda la industria nacional.

Estos desechos son sometidos a un proceso de solidificación y estabilización mediante la adición de diversos reactivos, lográndose la transformación del residuo en sustancias de consistencia terrosa, física y químicamente estables e inertes, insolubles y no perjudiciales para el medio ambiente.

7.5.2. Depósito de seguridad

La Planta de Hidronor cuenta con un depósito de seguridad de aproximadamente un millón de metros cúbicos de capacidad, construido según las más exigentes normas internacionales vigentes para la disposición final de residuos industriales.

Su estructura antisísmica está asegurada e impermeabilizada por siete capas geosintéticas, sobre las cuales se disponen los subproductos inertes o inertizados procedentes de las plantas de tratamiento, y aquellos, provenientes de diversas industrias, que se encuentren en condiciones de ser dispuestos en esta zona.

Para completar el circuito, un moderno sistema de captación de lixiviados permite bombear el líquido del depósito a una balsa de homogeneización donde es analizado y posteriormente enviado a la planta de tratamiento físico-químico para completar el proceso.

7.5.3. Askareles, pesticidas y otros por eliminación externa

Aquellos residuos que no se puedan recuperar o tratar a través de los procesos de que dispone el Centro de Hidronor, son destruidos en el extranjero mediante un sistema de eliminación a altas temperaturas.

Para ello, Hidronor Chile S.A. ha suscrito contratos de representación con firmas europeas para la gestión e incineración de residuos tóxicos y peligrosos, tales como askareles, pesticidas, insecticidas y otros productos halogenados, cuya eliminación debe efectuarse en instalaciones concebidas especialmente para tales efectos.

7.6. PROCESO DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

7.6.1. Introducción.-

Cuando los residuos sólidos se van a quemar, la combustión puede producirse en suspensión, en una parrilla o en un horno sólido. A lo largo de los años se han empleado distintos tipos de diseños de incineradoras para quemar residuos sólidos. Los sistemas en suspensión tienen un tamaño de alimentación relativamente uniforme. Por ejemplo, los trabajos con leña y carpintería queman serrín suspendido en una corriente de aire a alta velocidad. La incineradora de lecho fluido consiste en un lecho de arena o aluminio fluidizado con aire, dentro del cual se inyecta el residuo mientras el lecho se encuentra en suspensión.

Los sistemas tipo parrilla son adecuados para residuos grandes e irregulares que pueden mantenerse en una parrilla móvil o estacionaria, que permiten que el aire de combustión atraviese la parrilla hasta el residuo. La mayoría de las incineradoras municipales de residuos sólidos son de este tipo. Las incineradoras de horno incluyen el de tipo fijo de dos cámaras: el horno rotativo y el horno múltiple.

La incineración de residuos peligrosos se realiza en todos los tipos de incineradoras, pero principalmente en los sistemas en suspensión y hornos. En Estados Unidos, la incineradora de horno rotativo representa el 75 por 100 o más de las incineradoras de residuos peligrosos que manejan residuos líquidos y sólidos. La incineradora de horno fijo de dos cámaras representa en torno al 15 por 100, y las incineradoras de horno múltiple y lecho fluido combinadas representan el 10 por 100 restante. Todos estos sistemas pueden quemar también residuos líquidos peligrosos.

7.6.2 Incineradoras de parrilla

Las incineradoras de parrilla estacionarias queman el residuo en parrillas metálicas que permiten la circulación de aire por debajo, por encima y a través del residuo. Generalmente no son apropiadas para residuos peligrosos, porque las temperaturas que se alcanzan en la cámara primaria pueden destruir las parrillas. Evidentemente, este tipo de incineradora depende de que el residuo sea capaz de mantenerse sobre la parrilla y no se caiga al pozo de cenizas hasta que se queme. La utilización más normal para la mayoría de las incineradoras de parrilla es el quemado de residuos celulósicos (madera y papel).

Las incineradoras de parrilla móvil o de cintas también se han utilizado para las basuras municipales, pero rara vez para residuos de proceso. Una excepción es la incineradora de infrarrojos, que emplea una cinta de tejidos, o una cinta segmentada hecha de piezas fundidas, que se mueven a través de un horno eléctrico radiante. Este horno primario continúa con una cámara secundaria donde se añaden el aire y calor necesarios para completar la combustión de los vapores del horno primario. Sólo se han utilizado alguno de estos sistemas para la descontaminación de suelos, obteniéndose resultados muy variados.

7.6.3 Incineradoras de horno

La mayoría de los residuos peligrosos se queman en sistemas con hornos de distintos tipos:

- El horno rotativo.
- Un sistema de «aire controlado» u «horno fijo de dos cámaras».
- La incineradora de horno múltiple.
- El sistema de horno simple (muy poco utilizado).

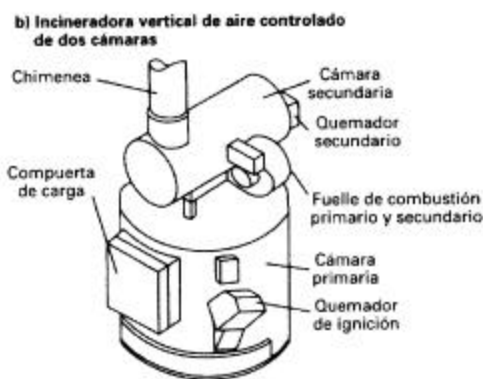
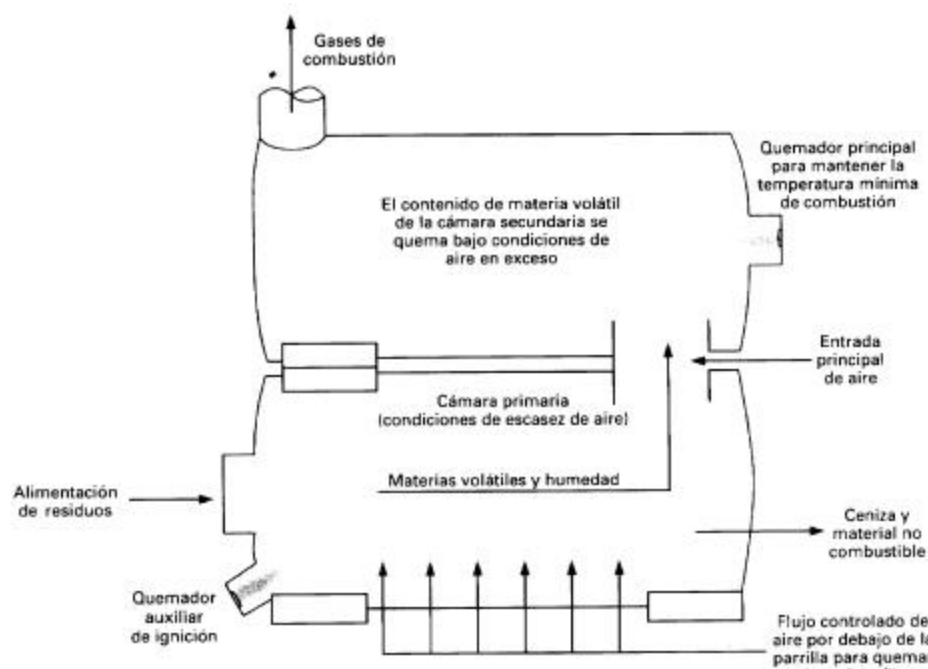
El horno rotativo consiste en un cilindro refractario alineado que tiene lugares de fijación y rota suavemente (0,5 a 2 rpm) sobre su eje longitudinal. El horno está desviado 1 a 2° desde el extremo de la alimentación hasta el extremo del vertido de cenizas, de forma que el residuo se mueve horizontal y radialmente a través del cilindro. El residuo se quema y se mueve hacia el extremo de vertido de cenizas. Los gases de combustión del horno pasan a una cámara de combustión secundaria y se calientan hasta una temperatura alta para completar su destrucción, mientras que las cenizas se vierten al extremo final.

Los defensores del horno rotativo han discutido firmemente el tema de la escorificación frente a la no escorificación en el funcionamiento del horno. La tecnología de la escorificación, de diseño y uso preferente en Europa, permite el funcionamiento del horno a temperaturas a las cuales los componentes inorgánicos del residuo, incluyendo los tambores de acero, se vierten a la cámara de enfriamiento de cenizas en forma fundida. Desde hace tiempo, en Estados Unidos se emplean los sistemas de vertido de cenizas sin escorificación, en los cuales las cenizas se mantienen por debajo de su punto de fusión. Ambos sistemas son viables.

Una ventaja del sistema de escorificación es que funde todo y vierte una ceniza «líquida». Requiere más material refractario y un control de temperatura más estricto, pero permite todos los tipos de alimentación. El planteamiento de no escorificación no requiere un control riguroso ni permite flexibilidad de alimentación, y los compuestos no combustibles más grandes necesitarán eliminarse de la descarga de cenizas.

Existe una dificultad real de funcionamiento entre los dos estados de temperatura, ya que en un sistema que no es desescorificante ni escorificante se mantiene un estado líquido donde el residuo puede formar una ceniza semi-sólida que no puede verterse como si fuera una sustancia seca o un líquido. La solución está en controlar la temperatura en todo momento.

La incineradora de horno fijo mostrada en la Figura 7.5 consiste en una cámara primaria que puede tener un horno de único nivel o escalonado. En las unidades pequeñas, el residuo se vierte intermitentemente a la cámara primaria, pero la ceniza no se elimina hasta que la cantidad acumulada interfiere con el funcionamiento normal. En las unidades más grandes, una bomba mecánica empuja la carga hacia la incineradora y la ceniza se elimina



c) Relación entre la temperatura y el aire en exceso

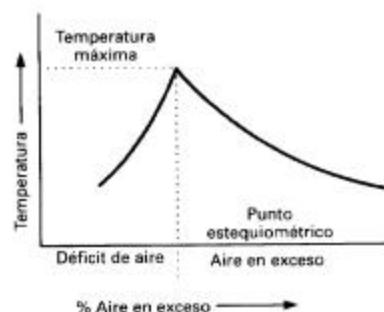


Figura 7.5: Incineradora de horno rotatorio

Ambos tipos tienen cámaras de combustión secundarias que calientan aún más los gases de combustión de la primera cámara para destruir los compuestos orgánicos presentes en el gas de combustión.

Las combinaciones de residuos líquidos y sólidos se queman frecuentemente en la misma incineradora y no existe nada que impida que un residuo gaseoso también se queme. Una buena forma de administrar la energía es utilizar de forma sensata un residuo para ayudar a quemar otro. Igual que en las incineradoras de residuos sólidos se emplean equipos de incineración para líquidos o gaseosos para quemar combustibles auxiliares, también pueden emplearse estas incineradoras para quemar este tipo de residuos.

La incineradora de horno múltiple mostrada en la Figura 7.6 se utilizó originalmente para incinerar fangos de depuradora, aunque los sistemas de horno múltiple se habían usado desde hace años en la industria minera como calcinadoras de minerales. Es un sistema complicado y muy mecanizado para quemar fangos. Tiene una utilización limitada para la incineración de residuos peligrosos, ya que las temperaturas requeridas para proporcionar unos rendimientos de destrucción razonables no son compatibles con una larga vida del equipo. El sistema consiste en dos a seis hornos horizontales dispuestos en orden vertical.

El residuo se alimenta por la parte superior del horno y se somete a ignición mediante quemadores de combustible. Un pozo central de aire refrigerado mueve unos brazos agitadores sobre la superficie de cada horno en forma de carrusel. Los cepillos de los brazos mueven el residuo a lo largo de la superficie del horno, hasta que alcanza una abertura en forma de sector circular. El residuo cae por la abertura al siguiente horno y continúa quemándose, se enfría y se vierte en forma de ceniza. Los gases de combustión se mueven verticalmente hacia arriba dentro del revestimiento exterior y dentro del equipo de control de la contaminación del aire. Una variante en este diseño, frecuentemente llamada «horno sencillo», emplea un solo horno que gira por debajo de los brazos agitadores fijos, que mueven y nivelan el residuo. El horno sencillo también requiere una cámara de combustión secundaria para la combustión completa.

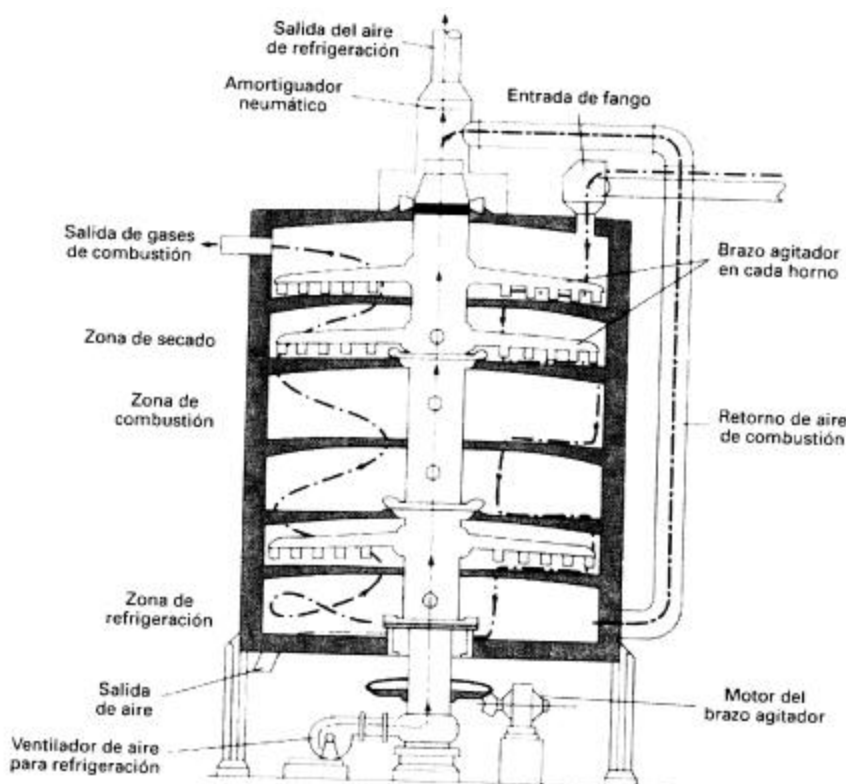


Figura 7.6: Incineradora de hornos múltiples

7.6.4. Incineradoras de lecho fluidizado

La incineradora de lecho fluidizado utiliza un «horno fluido» consistente en arena o alúmina sobre la cual, y dentro de ella, se produce la combustión. Imaginemos un lecho de arena dispuesto sobre una superficie porosa. Si un flujo de aire desde abajo tiene la suficiente presión, «fluidizará» el lecho de arena o lo mantendrá en suspensión, siempre que la velocidad del aire no sea tan grande como para arrastrar la arena fuera del sistema. Este es un lecho fluido donde las partículas del mismo están en suspensión, pero no en circulación. El residuo se inyecta dentro de este lecho fluido en forma de líquido fango o en forma de un sólido de tamaño uniforme. El aire que fluidiza el lecho se calienta hasta la temperatura de ignición del residuo y éste se empieza a quemar (oxidar) dentro del lecho. La mayor parte de la ceniza permanece en el lecho, pero algo sale de la incineradora a través del equipo de control de la contaminación del aire. El calor que sale con los gases de combustión puede capturarse en una caldera o utilizarse para precalentar el aire de combustión.

Existen muchas variaciones de los sistemas de lecho fluido. Una es la cámara de combustión de lecho fluido circulante, en la cual las velocidades de gas están por encima de las requeridas para una simple fluidización.

7.6.5 Oxidación frente a pirólisis

Existen dos formas distintas de funcionamiento para los sistemas de incineración de residuos peligrosos: oxidante y pirolítica. Estas formas se aplican sólo a

Incineración de lecho fluidizado.

La primera etapa de la combustión, ya que se requiere la oxidación completa de los gases de combustión para hacerlos aptos para su liberación a la atmósfera.

La incineradora que más frecuentemente funciona en forma pirolítica es la del tipo de horno de aire controlado de dos cámaras. Aunque existen sistemas de horno rotativo que requieren un funcionamiento pirolítico, el funcionamiento normal es casi siempre oxidante. El sistema de dos cámaras está diseñado para operar bajo pirólisis en la primera cámara para reducir la velocidad de gas y, por lo tanto, reducir el arrastre de partículas con el vapor. Este planteamiento es convincente cuando es posible cumplir las reglamentaciones de emisión de partículas sin necesidad de añadir equipos de captura de las mismas. Los niveles de emisión exigidos hoy día hacen que esto sea imposible en la mayoría de los casos, por lo que la cámara pirolítica tiene muy pocas ventajas. Los gases de la cámara pirolítica, quemados parcialmente y compuestos por CO y algo de H₂, se calientan y oxidan en la segunda cámara hasta CO₂ y vapor de agua. Sin embargo, las cenizas de muchas de estas unidades suelen tener niveles inaceptables de constituyentes peligrosos.

Los sistemas que emplean una atmósfera oxidante en la cámara de combustión primaria y secundaria son los más utilizados en la incineración de residuos peligrosos. El horno rotativo tiene un mecanismo de este tipo. El horno está bajo presión negativa y no se han ideado sistemas de sellado adecuados, por lo que para impedir la pérdida interior de aire, el horno funciona casi siempre en forma oxidante.

Cámara de combustión secundaria

La Cámara de Combustión Secundaria (CCS) es necesaria, prácticamente, en todas las incineradoras de residuos peligrosos donde se queman residuos sólidos, porque si la cámara de combustión primaria es un horno, fijo o múltiple, no proporciona suficiente tiempo, turbulencia o temperatura para destruir los componentes orgánicos del residuo y conseguir la EDE requerida. Las bajas temperaturas en la cámara de combustión primaria, 705 a 815 °C (1.300 a 1.500 °F), permiten un mejor funcionamiento que las altas, ya que están por debajo de las temperaturas de escorificación (fusión) de los componentes inorgánicos del residuo. Esto es así especialmente cuando se utilizan incineradoras para la descontaminación de suelos. La función de la cámara de combustión primaria es volatilizar la fracción orgánica del residuo y la de la cámara secundaria es calentar los componentes orgánicos vaporizados hasta una temperatura donde se oxiden completamente. Este proceso de oxidación ocurre a una temperatura de 980 a 1.200 °C (1.800 a 2.200 °F). Ya que en la mayoría de las CCS se utiliza combustible comprado como fuente de calor, la temperatura más baja a la que se puede conseguir la EDE será la más económica. Otra vez está funcionando el triángulo del tiempo, temperatura y turbulencia. La mayoría de los

organismos de control insisten en que el tiempo de retención del gas de combustión en la CCS sea, por lo menos, de dos segundos.

La destrucción de los residuos orgánicos en el gas de combustión no es función de un solo factor, sino de los tres.

Cuando la incineradora sólo quema líquidos, no se requiere generalmente la utilización de una cámara de combustión secundaria, ya que estas tres «T» pueden conseguirse en una cámara única.

La CCS* puede ser un recipiente horizontal o vertical revestido con productos refractarios, cuyos propios quemadores de líquido o gas tienen suficiente capacidad para calentar los gases de combustión de la cámara primaria hasta una temperatura final a la que puede alcanzarse la destrucción requerida de hidrocarburos. Cuando se espera que la carga de partículas de la cámara de combustión primaria va a ser importante, son preferibles los recipientes verticales frente a los horizontales, simplemente porque la acción de la gravedad producirá depósitos de partículas en el fondo de la cámara ocasionándose problemas en la eliminación. Las velocidades de gas utilizadas para el diseño de la CCS son, normalmente, de 15 a 25 pies/segundo a temperaturas de 1.800 °F o superiores del combustible y asegurarse de que el suministrador está cumpliendo las especificaciones contractuales. Los cargamentos se controlan visualmente para localizar contaminantes en exceso, como metales, rocas, barro o materiales no deseados. Los cargamentos que contienen excesivas cantidades de contaminantes, agua o barro se rechazan y se notifica a los suministradores.

Algunas empresas internacionales informan de uso de microchips, computadores personales y máquinas de escribir para el reciclaje (8)

7.7 DISCUSION

El primer objetivo planteado para el desarrollo de este capítulo fue presentar los procesos y tecnologías específicas actualmente utilizadas para distintos tipos de residuos sólidos peligrosos domésticos. Durante el desarrollo del trabajo se encontró una serie de dificultades para poder obtener información a escala industrial debido a las patentes de las tecnologías, por tanto y finalmente, el presente trabajo recopila una serie de información de tipo más bien general, así es como se presentan en la bibliografía las referencias de las cuales se utilizó la información para la elaboración del presente capítulo.

APENDICE I : GLOSARIO DE TERMINOS

La producción, cada vez mayor, de información y documentación sobre la gestión de residuos peligrosos ha originado el desarrollo de nueva terminología especializada.

Su uso por investigadores, académicos y documentalistas nos ha motivado a elaborar este glosario. El mismo pretende ser herramienta auxiliar para aclarar nuevos conceptos, y dar la posibilidad de generar alcances sobre la nueva terminología técnica.

La Red Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, REPIDISCA, los ha incluido en su "Tesoro de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente" para la indización bibliográfica y espera sugerencias al respecto.

Presentamos los términos ordenados alfabéticamente en español, con sus respectivas traducciones al inglés y portugués.

1. Almacenamiento de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Storage ,Pt: Armazenamento de residuos perigosos

Almacenamiento temporal de residuos peligrosos en ambientes acondicionados para facilitar su posterior transporte.

2. Aplicación en el terreno

En: Land application/Land disposal/Land farming/Land treatment

Pt: Aplicação no solo

Técnica de tratamiento de residuos peligrosos que consiste en la dispersión o esparcimiento de los residuos en el suelo, a fin de que el sustrato orgánico sea degradado biológicamente (en su estrato superior), con la consecuente incorporación de iones metálicos. Los mismos son liberados durante la degradación del residuo en el mismo estrato del suelo, y del tal forma evita la contaminación de las aguas subterráneas.

3. Bolsa de residuos

En: Waste Exchange , Pt: Intercambio de residuos

Termino empleado para referirse al sistema de intercambio de residuos

4. Características de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Characteristics , Pt: Características dos residuos perigosos

Aspectos específicos de los residuos que determinan su grado de peligrosidad o toxicidad, y derivan en su clasificación por su procedencia y/o composición.

5. Codisposición

En: Codisposal , Pt: Codisposição

Técnica de disposición conjunta de residuos domésticos con residuos de carácter peligroso en rellenos sanitarios, donde a través de reacciones físicas, químicas y biológicas los residuos son degradados y estabilizados.

6. Contenedores de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Containers , Pt: Contenedores de residuos perigosos

Todo envase, bolsa o cilindro apto a usarse para el almacenamiento, transporte y/o disposición de un residuo de carácter peligroso.

7. Depositos de seguridad

En: Secure landfill , Pt: Aterros industriais

Termino empleado para referirse a los rellenos de seguridad.

8. Descarga de residuos peligrosos al mar

En: Ocean disposal , Pt: Disposição de residuos perigosos ao mar

Método de disposición final de residuos sólidos o lodos, transportándolos en lanchones o barcos especiales y vaciándolos en las profundidades del mar.

9. Disposición de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Disposal , Pt: Disposição de residuos perigosos

Acción de disponer los residuos peligrosos por diversos métodos, por ejemplo sobre el suelo, en el subsuelo, en el mar o en rellenos especialmente diseñados.

10. Disposición en domos de sal

En: Salt Domes Disposal ,Pt: Disposição em minas de sal

Método de disposición de residuos peligrosos en bóvedas recubiertas de sal o en minas de sal abandonadas.

11. Envases de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Containers , Pt: Contenedores de residuos perigosos

Termino empleado para referirse a los contenedores de residuos peligrosos.

12. Estaciones de Transferencia

En: Transfer Stations , Pt: Estações de transferência

Lugar donde se acondicionan los residuos recolectados con equipos menores, en equipos de mayor capacidad, que permitirán su transporte a las plantas de tratamiento o sitios de disposición final.

13. Incineración

En: Incineration , Pt: Incineração

Método de tratamiento de residuos sólidos, líquidos o lodos a través de la oxidación controlada en altas temperaturas para reducir su volumen. El proceso produce energía calorífica, escorias, cenizas secas inorgánicas y emisiones gaseosas.

14. Intercambio de residuos

En: Waste Exchange ,Pt: Intercambio de residuos

Sistema de negociación con residuos, ya sea por trueque o compra/venta, para facilitar el uso o reciclaje de residuos.

15. Inyección subterránea de residuos peligrosos

En: Deep-well Injection ,Pt: Injeção subterrânea de residuos perigosos

Método de disposición de residuos peligrosos, de naturaleza líquida o semisólida, en pozos profundos diseñados especialmente para este fin. La inyección se efectúa por bombeo o gravedad en pozos cuya profundidad varía de cientos a miles de pies, considerando la seguridad de los acuíferos.

16. Legislación sobre residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Legislation ,Pt: Legislação sobre residuos perigosos

Toda norma, reglamento o disposición legal emitida oficialmente por países, estados o divisiones políticas. Incluye los acuerdos oficiales de carácter internacional.

17. Minas subterráneas

En: Underground Mines ,Pt: Minas subterrâneas

Método de disposición de residuos peligrosos aprovechando la disponibilidad de socavones o minas abandonadas.

18. Minimización de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Minimization ,Pt: Minimização de residuos perigosos

Estrategia de gestión de residuos peligrosos que comprende técnicas de reducción en la fuente y reciclaje, cuyo objetivo es la reducción o eliminación de la generación de residuos peligrosos en relación a la manufactura de productos específicos. Incluye técnicas de reducción o sustitución de insumos y aprovechamiento de materiales residuales usables o regenerables dentro de la planta.

19. Pirolisis

En: Pyrolysis ,Pt: Pirolise

Proceso de descomposición térmica de residuos o compuestos orgánicos en atmósferas reducidas o carentes de oxígeno.

20. Plantas de tratamiento de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Treatment Plants ,Pt: Estações de tratamento de residuos perigosos

Infraestructura que permite la práctica de varios procesos de tratamiento de residuos peligrosos, y a menudo incluyen rellenos de seguridad. Excluye los procesos de recolección y distribución de residuos peligrosos.

21. Reciclaje de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Recycling,Pt: Reciclagem de residuos perigosos

Cualquier actividad que reduzca el volumen y/o la toxicidad de un residuo peligroso después de su generación en un proceso productivo, a través de su uso con beneficios económicos.

22. Recolección de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Collection, Pt: Coleta de residuos perigosos

Termino que hace referencia al transporte de los residuos peligrosos.

23. Relleno de seguridad

En: Secure Landfill/Hazardous Waste Landfill ,Pt: Aterro industrial

Método de disposición de residuos peligrosos en vertederos emplazados en el suelo o subsuelo, cuyo objetivo es evitar que las propiedades nocivas del residuo afecten al medio natural o la salud humana. Para su construcción se consideran las propiedades del suelo, su lejanía de corrientes de aguas subterráneas y superficiales, y la elección de aislantes o recubrimientos sintéticos.

24. Residuos explosivos

En: Explosive Wastes ,Pt: Residuos explosivos

Residuos que contienen compuestos químicos como la glicerina y son capaces de reaccionar en forma explosiva.

25. Residuos inflamables

En: Flammable Wastes ,Pt: Residuos inflamaveis

Residuos que contienen compuestos que se inflaman o prenden fuego con facilidad, por ejemplo, altas concentraciones de hidrogeno o carbón.

26. Residuos peligrosos

En: Hazardous Wastes ,Pt: Residuos perigosos

Residuos líquidos, sólidos o pastosos considerados peligrosos legalmente por sus características explosivas, inflamables, corrosivas, tóxicas o reactivamente químicas, que causan o pueden causar daños al medio ambiente o la salud humana.

27. Residuos peligrosos domesticos

En: Household Hazardous Wastes ,Pt: Residuos perigosos domesticos

Generalmente de naturaleza sólida, son residuos con concentraciones considerables de elementos metálicos (arsénico, cadmio, mercurio, etc.) y compuestos orgánicos (pesticidas, insecticidas, herbicidas) generados en las viviendas familiares y dispuestos a nivel municipal.

28. Residuos peligrosos industriales

En: Industrial Hazardous Wastes ,Pt: Residuos perigosos industriais

Residuos que se generan como resultado de los procesos industriales, compuestos por subproductos de los procesos de producción, fondos de alambiques, tanques de decantación, lodos del tratamiento de efluentes industriales, etc. Poseen altas concentraciones de compuestos orgánicos, metales pesados, biocidas e hidrocarburos. Requieren de técnicas especiales de tratamiento y disposición.

29. Residuos tóxicos

En: Toxic Wastes ,Pt: Residuos tóxicos

Residuos que, al entrar en contacto con entes biológicos, originan una respuesta adversa.

30. Tratamiento biológico

En: Biological Treatment ,Pt: Tratamiento biológico

Método de tratamiento de residuos en el cual la acción bacterial o bioquímica es intensificada para estabilizar y oxidar los compuestos orgánicos inestables presentes. Son ejemplos los filtros intermitentes de arena, los filtros percoladores y los procesos de lodos activados y digestión de lodos.

31. Tratamiento de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Treatment ,Pt: Tratamiento de residuos peligrosos

Cualquier actividad o serie de actividades que tienen el objetivo de reducir el volumen y la toxicidad de cualquier residuo peligroso, sin la posibilidad de generar material utilizable en la manufactura de productos comerciales. Los sistemas básicos de tratamiento son el tratamiento biológico, tratamiento fisicoquímico y tratamiento térmico.

32. Tratamiento fisicoquímico

En: Physicochemical Treatment ,Pt: Tratamiento fisico-químico

Operación o proceso que se efectúa a través de una acción física, causada por la adición de productos químicos. Los resultados deseados pueden ser: sedimentación, precipitación, coagulación, neutralización, floculación, acondicionamiento de lodos, desinfección o control de olores.

33. Tratamiento termico

En: Thermal Treatment,Pt: Tratamiento termico

Método de tratamiento que somete a los residuos a cambios de temperatura, generalmente elevadas, como incineración y pirólisis.

34. Uso de residuos peligrosos

En: Hazardous Waste Use ,Pt: Reciclagem de residuos peligrosos

Termino usado por reciclaje de residuos peligrosos. Se refiere al proceso de utilización de residuos con valor económico.

APENDICE II CLASIFICACIÓN SEGÚN CONVENIO DE BASILEA

ANEXO 1 : CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SEGÚN EL CONVENIO DE BASILEA SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN

El Convenio de Basilea controla el movimiento transfronterizo de los residuos peligrosos listados en los anexos, que a continuación se reproducen.

Tabla I
CATEGORIAS DE DESECHOS QUE HAY QUE CONTROLAR
Desechos

Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos
Y7	Desechos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados
Y9	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
Y10	Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices
Y13	Desechos resultantes de la producción y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos
Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales

Desechos que tengan como constituyentes:

- Y19 Metales carbonilos
 - Y20 Berilio, compuestos de berilio
 - Y21 Compuestos de cromo hexavalente
 - Y22 Compuestos de cobre
 - Y23 Compuestos de zinc
 - Y24 Arsénico, compuestos de arsénico
 - Y25 Selenio, compuestos de selenio
 - Y26 Cadmio, compuestos de cadmio
 - Y27 Antimonio, compuestos de antimonio
 - Y28 Telurio, compuestos de telurio
 - Y29 Mercurio, compuestos de mercurio
 - Y30 Talio, compuestos de talio
 - Y31 Plomo, compuestos de plomo
 - Y32 Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
 - Y33 Cianuros inorgánicos
 - Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
 - Y35 Soluciones básicas o bases en forma sólida
 - Y36 Asbesto (polvo y fibras)
 - Y37 Compuestos orgánicos de fósforo
 - Y38 Cianuros orgánicos
 - Y39 Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
 - Y40 Eteres
 - Y41 Solventes orgánicos halogenados
 - Y42 Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
 - Y43 Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
 - Y44 Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
 - Y45 Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).
-

Tabla II
CATEGORIAS DE DESECHOS QUE REQUIEREN UNA CONSIDERACION ESPECIAL

- Y46 Desechos recogidos de los hogares
 - Y47 Residuos resultantes de la incineración de desechos de los hogares
-

Tabla III :LISTA DE CARACTERISTICAS PELIGROSAS

Clase de las Naciones Unidas¹	Código	Características
1	H1	Explosivos Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.
		Líquidos inflamables Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5 C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición.)
4.1	H4.1	Sólidos inflamables Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
4.2	H4.2	Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales de transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
4.3	H4.3	Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.

Tabla III

LISTA DE CARACTERISTICAS PELIGROSAS

Clase de las Naciones Unidas¹	Código	Características
		Oxidantes
5.1	H5.1	Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
		Peróxidos orgánicos
5.2	H5.2	Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
		Tóxicos (venenos) agudos
6.1	H6.1	Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
		Sustancias infecciosas
6.2	H6.2	Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
		Corrosivos
8	H8	Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.

Tabla III

LISTA DE CARACTERISTICAS PELIGROSAS

		Sustancias Miscelaneas
9	H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua,

pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.

Sustancias Miscelaneas

9	H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos) Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia.
---	-----	--

Ecotóxicos

9	H12	Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
---	-----	---

Sustancias Miscelaneas

9	H13	Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.
---	-----	--

Pruebas

Los peligros que pueden entrañar ciertos tipos de desechos no se conocen plenamente todavía; no existen pruebas para hacer una apreciación cuantitativa de esos peligros. Es preciso realizar investigaciones más profundas a fin de elaborar medios de caracterizar los peligros potenciales que tienen estos desechos para el ser humano o el medio ambiente. Se han elaborado pruebas normalizadas con respecto a sustancias y materiales puros. Muchos Estados han elaborado pruebas nacionales que pueden aplicarse a los materiales enumerados en el Anexo I, a fin de decidir si estos materiales muestran algunas de las características descritas en el presente anexo.

Tabla IV
OPERACIONES DE ELIMINACION

A. Operaciones que no pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa u otros usos

La sección A abarca todas las operaciones de eliminación que se realizan en la práctica.

- D1 Depósito dentro o sobre la tierra (por ejemplo, rellenos, etc.)
- D2 Tratamiento de la tierra (por ejemplo, biodegradación de desperdicios líquidos o fangosos en suelos, etc.)
- D3 Inyección profunda (por ejemplo, inyección de desperdicios bombeables en pozos, domos de sal, fallas geológicas naturales, etc.)
- D4 Embalse superficial (por ejemplo, vertido de desperdicios líquidos o fangosos en pozos, estanques, lagunas, etc.)
- D5 Rellenos especialmente diseñados (por ejemplo, vertido en compartimientos estancos separados, recubiertos y aislados unos de otros y del ambiente, etc.)
- D6 Vertidos en una extensión de agua, con excepción de mares y océanos
- D7 Vertido en mares y océanos, inclusive la inserción en el lecho marino
- D8 Tratamiento biológico no especificado en otra parte de este anexo que dé lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
- D9 Tratamiento fisicoquímico no especificado en otra parte de este anexo que dé lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A (por ejemplo, evaporación, secado, calcinación, neutralización, precipitación, etc.)
- D10 Incineración en la tierra
- D11 Incineración en el mar
- D12 Depósito permanente (por ejemplo, colocación de contenedores en una mina, etc.)
- D13 Combinación o mezcla con anterioridad a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
- D14 Reempaque con anterioridad a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
- D15 Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A

B. Operaciones que pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa y otros usos

La sección B comprende todas las operaciones con respecto a materiales que son considerados o definidos jurídicamente como desechos peligrosos y que de otro modo habrían sido destinados a una de las operaciones indicadas en la sección A.

- R1 Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía
- R2 Recuperación o regeneración de disolventes
- R3 Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes
- R4 Reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos
- R5 Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas
- R6 Regeneración de ácidos o bases
- R7 Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación
- R8 Recuperación de componentes provenientes de catalizadores
- R9 Regeneración u otra reutilización de aceites usados
- R10 Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura o el mejoramiento ecológico
- R11 Utilización de materiales residuales resultantes de cualquiera de las operaciones numeradas R1 a R10
- R12 Intercambio de desechos para someterlos a cualquiera de las operaciones numeradas R1 a R11
- R13 Acumulación de materiales destinados a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección B

APENDICE III : DEFINICIONES EN DIFERENTES PAÍSES

DEFINICIONES UTILIZADAS EN ALGUNOS PAISES SELECCIONADOS Y EN ALGUNAS INSTITUCIONES INTERNACIONALES

1. Definiciones de "Residuo", "Residuo Peligroso" y "Residuo Especial"

Las definiciones que se incluyen en este anexo han sido extraídas, y traducidas en algunos casos, de los textos que se enuncian entre paréntesis y que se encuentran citados en la bibliografía de esta Guía.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Decisión y Recomendación del Consejo del Primero de Febrero de 1984. (Yakowitz, 1985)

"Residuo" se refiere a cualquier material considerado como desecho o legalmente definido como residuo en el país donde está ubicado, o a través del cual o al cual es transportado.

"Residuo peligroso" se refiere a cualquier desecho, excepto residuo radiactivo, considerado como peligroso o definido legalmente como peligroso en el país donde está ubicado o a través del cual es transportado, debido al riesgo potencial al ser humano o al ambiente que puede resultar de un accidente o de un transporte o disposición inadecuados.

Comisión Económica Europea (CEE). Directiva 78/319 de 20 de marzo de 1978. (Yakowitz, 1985)

"Residuo" se refiere a cualquier sustancia u objeto que el propietario dispone o está obligado a disponer según lo estipula la legislación nacional.

"Residuos tóxicos y peligrosos" se refiere a desechos con contenido o contaminado por sustancias o materiales (enumerados en el Anexo de esta Directiva) con propiedades peligrosas, en cantidades o concentraciones que puedan constituir un riesgo a la salud o al ambiente.

(El Anexo enumera 27 sustancias y materiales que constituyen residuos peligrosos)

ALEMANIA Ley Federal del 7 de junio de 1972, según enmiendas. (Yakowitz, 1985)

"Residuo" se refiere a objetos móviles de los cuales el dueño desea desembarazarse o está obligado a desecharlos para asegurar el bienestar de la comunidad.

"Residuo especial" se refiere a todo desecho generado por empresas industriales o comerciales, que debido a su naturaleza, composición o cantidad, constituye un peligro a la salud o a la calidad del aire o agua o que es particularmente explosivo o inflamable, o que contiene o puede producir patógenos de enfermedades transmisibles; este residuo está definido específicamente en Ordenanzas. (En 1977 se emitió una lista con 38 grupos de residuos peligrosos o especiales. Estos se identifican con 5 dígitos, los últimos dos se

refieren a la sustancia específica, mientras que los primeros tres se refieren a su procedencia industrial.

ARGENTINA Ley No. 24.051 del 17 de enero de 1992. (Argentina. Leyes, decretos, etc., 1992)

"Residuo peligroso" es todo desecho que puede causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

Nota: Esta ley presenta la lista de residuos y características de peligrosidad según el Convenio de Basilea (Ver Anexo 1).

BELGICA Ley del 22 de julio de 1974. (Yakowitz, 1985)

"Residuo tóxico" se refiere a productos y sub-productos no usados o imposibles de usar, residuos o desechos generados por la industria, comercio, artesanía, agricultura o la actividad científica, y potencialmente tóxico a los organismos vivos y al ambiente. La lista de estos residuos es fijada por la Corona, con referencia, entre otras, a las sustancias tóxicas contenidas, la cantidad y concentración de tales sustancias y la actividad que genera el residuo.

BRASIL Proyecto ABNT - 1:63.02-001. (CETESB, 1985)

"Residuos sólidos" son desechos que se encuentran en estado sólido, resultantes de actividades industriales, domésticas, hospitalarias, comerciales, de servicios, de limpieza y agrícolas. Quedan incluidos en esta definición los lodos provenientes de sistemas de tratamiento de agua y otros, generados por equipos e instalaciones de control de la contaminación, así como determinados líquidos, que por sus características no pueden ser descargados en el alcantarillado o cuerpos de agua y exigen soluciones técnicas y económicamente viables que tomen en cuenta la tecnología disponible.

"Peligrosidad de un residuo" es la característica presentada por un residuo, que, en función de sus propiedades físicas, químicas o infecto-contagiosas puede:

- a. presentar riesgo a la salud pública, provocando o contribuyendo, de forma significativa, a un aumento de la mortalidad e incidencia de enfermedades;
- b. presentar riesgos al ambiente cuando es manipulado o dispuesto inadecuadamente.

"Residuo peligroso" es aquel que presenta peligrosidad, tal como se define en el párrafo anterior, o cualquiera de las siguientes características:

Inflamabilidad

Un residuo será caracterizado como inflamable si una muestra representativa obtenida conforme Proyecto 1:63.02-004, presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a. ser líquido y tener un punto de inflamación inferior de 60 C, conforme el método ASTM-D93, con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen;

- b. no ser líquido y ser capaz de, bajo condiciones de temperatura y presión de 25 C y 1 atm, producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y, cuando se inflama, queman vigorosa y persistentemente, dificultando la extinción del fuego;
- c. ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

Corrosividad:

Un residuo será caracterizado como corrosivo si una muestra representativa, obtenida según el Proyecto 1:63.02-004, presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a. ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5;
- b. ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor que 6.35 mm al año a una temperatura de 55 C, de acuerdo con el método NACE (National Association Corrosion Engineers), Standard TM-01-69, o equivalente.

Reactividad:

Un residuo será caracterizado como reactivo si una muestra representativa, obtenida según el Proyecto 1:63.02-004, presenta una de las siguientes propiedades:

- a. ser normalmente inestable y reaccionar de forma violenta e inmediata sin detonar;
- b. reaccionar violentamente con agua;
- c. formar mezclas potencialmente explosivas con el agua;
- d. generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud o al ambiente cuando es mezclado con agua;
- e. poseer, entre sus componentes, cianuros o sulfuros que, por reacción, libere gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo a la salud humana o al ambiente;
- f. ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados;
- g. ser capaz de producir fácilmente una reacción o decomposición detonante o explosiva a 25 C y 1 atm;
- h. ser explosiva, definida como una sustancia fabricada con el objetivo de producir una explosión o efecto pirotécnico, con un dispositivo o sin él preparado para este propósito.

Toxicidad

Un residuo será caracterizado como tóxico si una muestra representativa, obtenida según el Proyecto 1:63.02-004, presenta una de las siguientes propiedades:

- a. presentar una DL 50 oral para ratas, menor que 50 mg/kg o CL 50 inhalación para ratas, menor que 2 mg/ o DL 50 dérmica para conejos menor que 200 mg/kg;
- b. contener cualquier de los contaminantes en concentraciones superiores a los valores constantes de la Lista 7. En este caso el residuo será caracterizado como tóxico T.L. (test de lixiviación);
- c. contener una o más sustancias de la Lista 4 y presentar peligrosidad. Para la evaluación de esta peligrosidad se deberá considerar los siguientes factores:
 - d. naturaleza de la toxicidad presentada por el residuo;
 - e. concentración del constituyente en el residuo;
 - f. potencial de que el constituyente, o cualquier producto tóxico originado de la degradación de este constituyente, migre del residuo al ambiente bajo condiciones inadecuadas de manipulación;
 - g. persistencia del constituyente o de cualquier producto tóxico derivado de su degradación;
 - h. potencial de que el constituyente, o cualquier producto tóxico derivado de su degradación, se degrade en constituyentes no peligrosos, considerando la velocidad con que ocurre su degradación, y;
 - i. capacidad del constituyente o de los productos de su degradación para bioacumularse en los ecosistemas;
- j. está constituido por restos de embalajes contaminados con sustancias del Listado 5;
- k. ser residuo de derramamiento o un producto no especificado en cualquiera de las sustancias de los listados 5 y 6.

Patogenicidad

Un residuo es patógeno si contiene microorganismos o toxinas capaces de producir enfermedades. No se incluyen los residuos sólidos o líquidos domiciliarios o aquellos generados en el tratamiento de efluentes domésticos.

Nota: Esta Norma presenta listados con límites de concentración para determinadas sustancias en el test de lixiviados y para sustancias cuya presencia confieren peligrosidad a un residuo.

COLOMBIA Resolución Número 02309 del 24 de febrero de 1986. (Colombia. Leyes, decretos, etc., 1986)

"Residuos Especiales" son los objetos, elementos o sustancias que se abandonan, botan, desechan, descartan o rechazan y que son patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivos o volatilizables, así como y los empaques y envases que los hayan contenido, como también los lodos, cenizas y similares.

Quedan incluidos en esta denominación, los residuos que en forma líquida o gaseosa se empaquen o envasen.

DINAMARCA Decreto No. 121 del 17 de marzo de 1976. (Yakowitz, 1985)

"Residuo químico" se refiere a los siguientes tipos de residuos tal como aparecen en un anexo: grasas vegetales y animales, compuestos orgánicos halogenados y no halogenados, compuestos inorgánicos, otros residuos generados de la producción y distribución de plaguicidas y otros residuos químicos con propiedades similares (ácidos, residuos venenosos e inflamables, en particular).

ESPAÑA Ley 20/1986. de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. (España. Leyes, decretos, etc., 1986)

"Residuos tóxicos y peligrosos": materiales sólidos pastosos, líquidos, así como los gaseosos contenidos en recipientes que, siendo el resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor destine al abandono y contengan en su composición alguna de las sustancias y materias que figuran en el Anexo de la presente Ley en cantidades o concentraciones tales que representen un riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente.

ESTADOS UNIDOS Resource Conservation and Recovery Act, Ley 94-580 del 21 de octubre de 1976. (Environmental Protection Agency, 1976)

"Residuos sólido" se refiere a cualquier basura, residuo, lodo de planta de tratamiento de residuos, de planta de tratamiento del agua potable o instalación de control de contaminación del aire y material descartado, tales como materiales sólidos, líquidos, semisólidos o gases contenidos resultantes de operaciones industriales, comerciales, mineras, agrícolas y actividades de la comunidad, pero no incluye a los materiales sólidos o disueltos en desagüe doméstico, o materiales sólidos o disueltos en escorrentías de irrigación o en descargas industriales que son fuentes fijas sujetas a permisos bajo la sección 402 de la Ley Federal de Control de Contaminación de Aguas, según sus enmiendas (86 Stat. 880), o material de fuente nuclear o subproducto tal como se define en la Ley de Energía Atómica de 1954, según sus enmiendas (68 Stat. 923).

"Residuo peligroso" se refiere a un residuo sólido, o una combinación de residuos sólidos, que debido a su cantidad, concentración o a sus características físicas, químicas, o infecciosas pueden:

- a. causar, o contribuir significativamente al incremento de la mortalidad o al incremento de enfermedades irreversibles y serias o reversibles e incapacitantes;

- b. ocasionar peligro sustancial, de inmediato o a largo plazo, a la salud humana o al ambiente cuando es tratado, almacenado, transportado, dispuesto o manejado de forma inadecuada.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) también ha definido al residuo peligroso tomando como base cuatro criterios: Flamabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad. La lista de tipos de residuos que cumplen con estos criterios se encuentran en la cita bibliográfica: Environmental Protection Agency (1980).

FINLANDIA Ley No. 673 del 31 de agosto de 1978. (Yakowitz, 1985)

"Residuos" se refiere a todos los objetos y sustancias dispuestos después de su uso, y de poco o ningún valor, así como a otros objetos o sustancias que han sido recolectados o han sido llevados a lugares reservados para residuos, para su transporte, almacenamiento, detoxificación u otro tratamiento.

"Residuo problemático" se refiere a cualquier desecho que, debido a su toxicidad u otras características, es difícil de neutralizar o tratar y que es altamente peligroso para el ambiente. Este residuo es definido específicamente por Decreto Ministerial.

FRANCIA Ley No. 75-633 del 15 de julio de 1975. (Yakowitz, 1985)

"Residuo" se refiere a cualquier desecho, sustancia, material, producto u objeto movable generado en un proceso de producción, procesamiento o utilización, que es descartado o que su propietario tiene intención de descartar.

"Residuo generador de contaminación" se refiere a cualquier residuo listado en el Decreto No. 77-974 del 19 de agosto de 1977 (el cual se refiere a las sustancias con elementos peligrosos y a las actividades que generan estos residuos).

ITALIA Decreto No. 915 del 10 de septiembre de 1982. (Yakowitz, 1985)

"Residuo" se refiere a cualquier sustancia u objeto producto de la actividad humana o de eventos naturales, que son descartados o se tiene intención de descartar.

"Residuo tóxico y peligroso" se refiere a todo residuo con contenido de sustancias peligrosas o contaminado por las sustancias determinadas en el anterior Decreto, incluye a los bifenilos policlorados y a los terfenilos policlorados y sus compuestos, en tales cantidades o concentraciones que constituyen un peligro a la salud o al ambiente.

MEXICO Ley General del Equilibrio Ecológico, del 28 de enero de 1988. (Mexico. Leyes, decretos, etc., 1992)

"Residuo" se refiere a cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

"Residuos peligrosos" se refiere a todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

NORUEGA Ley No. 6 del 13 de Marzo de 1981. (Yakowitz, 1985)

"**Residuos**" se refiere a los objetos o sustancias descartadas e incluye a los objetos superfluos y sustancias provenientes de actividades de servicios, producción, instalaciones de control de la contaminación, etc.

"**Residuo especial**" se refiere al residuo que no puede ser tratado de forma adecuada con otros residuos debido a su tamaño o que debido a su peligrosidad representa una amenaza de daño a los seres humanos o animales. Estos residuos son determinados específicamente por la Autoridad de Control de la Contaminación.

(La ley contempla cuatro grupos principales y 18 categorías de residuos peligrosos).

PAISES BAJOS Ley del 11 de febrero de 1976. (Yakowitz, 1985)

"**Residuos químicos**"

- a. residuos consistente en parte o completamente de sustancias químicas tal como se determinan en la ley;
- b. residuos provenientes de procesos químicos tal como se determinan en la ley.

REINO UNIDO Ley sobre Control de la Contaminación de 1974;

Reglamento No.1709 de 1980. (Yakowitz, 1985)

"**Residuo**":

- a. Cualquier sustancia que constituye materia de desecho o un efluente u otra sustancia no deseada generada en la aplicación de cualquier proceso;
- b. Cualquier sustancia o artículo que requiera ser dispuesto porque está roto, gastado, contaminado o en descomposición; no incluye a las sustancias explosivas según el significado de la Ley de Explosivos de 1985. Para los propósitos de esta Parte de la Ley, cualquier sustancia o artículo que sea descartado o manipulado como residuo se presumirá que es un residuo a no ser que se pruebe lo contrario.

"**Residuo especial**" se refiere a cualquier residuo controlado

- a) cualquiera de las sustancias listadas en el catálogo que puede ser:
 - i. peligroso para la vida (es decir que presenta serios peligros si una dosis de 5 cm³ es ingerida por un niño con un peso de 20 kg, o es inhalado, o entra en contacto con la piel u ojos durante un periodo de 15 minutos)
 - ii. inflamable a 21 grados C o más;
- b) una medicina accesible únicamente bajo prescripción;
- c) una sustancia radiactiva con propiedades peligrosas.

2. Definición de las Características de Peligrosidad según la Organización de las Naciones Unidas (Organización de las Naciones Unidas, 1991)

Con el fin de uniformar la reglamentación para el transporte de productos peligrosos, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha propuesto un sistema de clasificación, que incluye definiciones de las características de peligrosidad. La ONU recomienda que éstos sean transportados cumpliendo con los requerimientos según la peligrosidad de los mismos. Seguidamente se presenta una selección de definiciones que se estipula propuestas por la ONU:

Explosivos

- a. Una sustancia explosiva es un sólido o líquido (o una mezcla de sustancias) que por sí misma es capaz, a través de una reacción química, de producir gas a una temperatura, presión y velocidad que causa daño a sus alrededores. Se incluye a las sustancias pirotécnicas aun cuando no emiten gases.
- b. Una sustancia pirotécnica es un compuesto elaborado para producir un efecto de calor, luz, sonido, gas, humo, o una combinación de éstos como resultado de una reacción exotérmica no detonante y autosustentada.
- c. Un artículo explosivo es aquel que contiene una o más sustancias explosivas.

Líquidos inflamables

Los líquidos inflamables son líquidos, mezclas de líquidos, o líquidos con contenido de sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc., pero no incluye a las sustancias que están clasificadas bajo otra categoría por sus propias características de peligrosidad) que emiten vapores inflamables a temperatura no mayor de 60.5 C en pruebas de vaso-cerrado, o no mayor de 65.5 C en pruebas de vaso-abierto.

Sólidos inflamables

Los sólidos inflamables son sólidos que, durante su transporte, son fácilmente combustibles o pueden contribuir o causar fuego a través de fricción; sustancias auto-reactivas con probabilidades de reaccionar fuertemente de manera exotérmica; explosivos desensibilizados que pueden explotar si no se los diluye suficientemente.

Sustancias oxidantes

Son sustancias que, aunque no son necesariamente combustibles, pueden causar o contribuir a la combustión de otro material, generalmente emitiendo oxígeno.

Peróxidos orgánicos

Son sustancias orgánicas que contienen una estructura bivalente -O-O- y pueden ser derivadas del peróxido de hidrógeno, donde uno o ambos átomos de hidrógeno han sido reemplazados por radicales orgánicos. Los peróxidos orgánicos son sustancias inestables térmicamente, que pueden descomponerse exotérmicamente de forma auto-acelerada. Asimismo, pueden tener una o más de las siguientes propiedades:

- ser sujeto de descomposición explosiva;
- quemarse rápidamente;
- ser sensible al impacto o a la fricción;
- reaccionar peligrosamente con otras sustancias;
- causar daño a los ojos.

Sustancias tóxicas

Son sustancias que pueden causar la muerte, lesiones serias o causar daño a la salud humana si son ingeridas, inhaladas o entran en contacto con la piel.

Sustancias infecciosas

Son sustancias que contienen microorganismos tales como bacterias, virus, rickettsias, parásitos, hongos, o recombinantes híbridos o mutantes, conocidos o que es razonable creer que pueden causar enfermedades a animales o a seres humanos.

Sustancias corrosivas

Son sustancias que a través de la acción química pueden causar daño severo al entrar en contacto con tejido vivo o, en el caso de fuga, pueden dañar materialmente, o destruir otros bienes o el medio de transporte; también pueden causar otros peligros.

APENDICE IV : CÓDIGOS DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

TABLA 4.1 CODIGOS CIU

CODIGO	DESCRIPCION
0000	Actividad no especificada
23	Extracción de minerales
230	Extracción de minerales metálicos
2301	Extracción de mineral de hierro
2302	Extracción de minerales no ferrosos
31	Productos alimenticios, bebidas y tabaco
311	Fabricación de productos alimenticios, excepto bebidas
3111	Matanza de ganado y preparación y conservación de carnes
311101	Matanza de ganado
311102	Productos de carne
3112	Productos lácteos
311201	Procesamiento de la leche
311203	Manufactura de helados
3113	Envasado y conservación de frutas y legumbres
3114	Elaboración de pescado, crustáceos y otros productos marinos
3115	Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales
311502	Aceites de oliva
311503	Aceites de semillas
3116	Productos de molinería
311601	Cereales
311602	Arroz, maíz
3117	Productos de panadería
311702	Tortas
311703	Galletas
311704	Pastas
3118	Fábricas y refinerías de azúcar
3119	Fabricación de cacao, chocolate y confitería
311901	Cocoa, chocolates
312	Elaboración de productos alimenticios diversos y para animales
3121	Elaboración de productos alimenticios diversos
312101	Café y té
312103	Endulzantes, cremas y levaduras
312104	Productos dietéticos y alimenticios para bebés

312106	Otros productos alimenticios
3122	Elaboración de alimentos preparados para animales
313	Industria de la bebida
3131	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas
313101	Productos del alcohol etílico
313103	Producción de licores espirituosos
3132	Industria vitivinícola
313201	Producción de vino
3133	Producción de cerveza y maltas
3134	Bebidas no-alcohólicas y aguas gaseosas
313401	Agua mineral
313402	Otras bebidas
314	Industria del tabaco
3140	Industria del tabaco
314001	Selección de hojas
314002	Manufactura de cigarrillos
32	Textil, prendas de vestir e industria del cuero
321	Fabricación de textiles
3211	Hilado, tejido y acabado de textiles
321102	Preparación de las fibras de lana
321103	Hilado de lana
321105	Preparación de hilados de fibras de algodón
321107	Tejido de algodón
321108	Preparación e hilado de algodón con otras fibras
321109	Preparación e hilado de fibras de seda
321110	Tejido de seda
321113	Tejido de lino, flax, etc.
321114	Preparación y tejido de lino con otras fibras
321118	Acabados de textiles
3212	Artículos confeccionados de material textil, excepto prendas de vestir
3213	Fábrica de tejidos de punto
321301	Producción de medias
321302	Ropa de punto
321303	Otros artículos
3214	Fábrica de tapices y alfombras
321401	Alfombras de cualquier fibra
3219	Fabricación de textiles N.E.P. (no especificado previamente)
321901	Productos de fieltro (no sombreros)

321902	Material no textil
321903	Cinturones, lazos, etc.
321904	Material textil
321906	Bobinas, etc., en fibra
321907	Encajes
322	Fabricación de prendas de vestir, excepto calzados
3220	Fabricación de prendas de vestir
322004	Abrigos de mujeres, niñas y bebés
322005	Abrigos de hombres y niños
322006	Sobretodos especiales
322007	Camisas y ropa interior para hombres y niños
322008	Ropa interior para mujeres
322010	Accesorios para el vestuario
323	Industria del cuero y productos de cuero y pieles, excepto calzado y otras prendas de vestir
3231	Curtiembre y taller de acabado
3232	Preparación y teñido de pieles
3233	Artículos de cuero, excepto vestido y calzado
323301	Producción de artículos de cuero
323302	Guantes de cuero
324	Fabricación de calzado, excepto el de caucho vulcanizado o moldeado de plástico
3240	Fabricación de calzado de cuero
324001	Calzado hecho a máquina
33	Industria de la madera y productos de madera
331	Industria de la madera y productos de madera y de corcho, excepto muebles
3311	Aserraderos y talleres para trabajar la madera
3312	Fabricación de madera y caña
331201	Material para envases de madera
3319	Otros productos de madera y corcho
331901	Productos semi-acabados de madera
331902	Productos de madera para pisos
331903	Carpintería
331904	Botes de madera
331906	Marcos de madera
331907	Otros productos
332	Fabricación de muebles y accesorios
3320	Fabricación de muebles y accesorios
332001	Muebles de madera

332004	Renovación y acabados de muebles
34	Fabricación de papel y productos de papel
341	Fabricación de papel y productos de papel
3411	Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón
3412	Fabricación de envases y cajas de papel y de cartón
3419	Fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón N.E.P.
342	Imprentas, editoriales e industrias conexas
3420	Imprentas y editoriales
342001	Periódicos
342002	Imprentas
342003	Empastado de libros
342004	Otras actividades de imprenta
342005	Publicaciones
35	Fabricación de sustancias químicas y de productos químicos derivados del petróleo
351	Fabricación de sustancias químicas industriales
3511	Fabricación de sustancias químicas básicas
351102	Productos químicos orgánicos e inorgánicos básicos
351103	Sustancias químicas producto de la fermentación
351104	Sustancias químicas producidas por electrólisis
351105	Manufactura de tintes
351106	Gases comprimidos
351107	Manufactura de taninos
3512	Fabricación de fertilizantes y plaguicidas
351201	Fertilizantes
351202	Agroquímicos y plaguicidas
3513	Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras sintéticas
351301	Plásticos, resinas y elastómeros
351303	Fibras sintéticas
352	Fabricación de otros productos químicos
3521	Fabricación de pinturas, barnices y lacas
3522	Fabricación de productos farmacéuticos y medicinas
3523	Fabricación de jabones, perfumes y cosméticos
352301	Jabones y detergentes
352302	Otros productos de tocador
352303	Productos de limpieza
3529	Fabricación de otros productos químicos N.E.P.
352901	Manufactura de goma
352902	Aceites esenciales

352903	Manufactura de explosivos
352904	Materiales fotosensitivos
352905	Otros productos
353	Refinerías de petróleo
3530	Refinerías de petróleo
354	Fabricación de productos del petróleo y del carbón
3540	Fabricación de productos del petróleo y del carbón
354001	Derivados del petróleo
354002	Gases de productos del petróleo
354004	Manufactura de betún
354005	Manufactura de grasas
355	Fabricación de productos de caucho
3551	Industria de llantas y cámaras
355101	Manufactura de llantas
355102	Reparación y revulcanización de llantas
3559	Fabricación de productos de caucho N.E.P.
356	Fabricación de productos plásticos N.E.P.
3560	Fabricación de productos plásticos N.E.P.
36	Fabricación de productos minerales no metálicos
361	Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana
3610	Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana
361001	Productos refractarios
361002	Productos domésticos cerámicos
361003	Locetas cerámicas
361004	Artículos sanitarios
362	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
3620	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
362001	Manufactura de láminas de vidrio
362002	Manufactura del vidrio
362003	Productos de vidrio técnico, fibra de vidrio, etc.
362004	Trabajo de láminas de vidrio, laminación, etc.
362005	Trabajo de vidrio en general
369	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
3691	Fabricación de estructuras de vidrio para construcción
369102	Productos prefabricados (no concreto)
3692	Fabricación de cemento, cal y yeso
369201	Manufactura de cemento
369202	Cal y cal hidratada
3699	Fabricación de productos minerales no metálicos N.E.P.
369901	Columnas de asbesto-cemento reforzado con cemento

369902	Productos de cemento por moldeado
369903	Preparación de mezcla de concreto
369904	Artículo de asbesto
369905	Trabajo con minerales fuera de minas
369906	Mármol y otros trabajos con piedras
369907	Escultura en piedras y trabajos con mosaico
369908	Manufactura de piedra de molienda
37	Industrias metálicas básicas
371	Industrias básicas de hierro y acero
3710	Industrias básicas de hierro y acero
371001	Manufactura de hierro y acero
371002	Fundiciones
371003	Tubos de acero sin soldadura
371004	Tubos de acero soldados
371005	Láminas y alambres de acero
371006	Piezas de acero moldeadas
371007	Piezas de acero estampadas
371008	Láminas de acero estampadas
372	Industrias básicas de metales no ferrosos
3720	Industrias básicas de metales no ferrosos
372001	Manufactura de metales no ferrosos
38	Fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo
381	Fabricación de productos metálicos, con excepción de maquinarias y equipos
3811	Fabricación de cuchillería, herramientas manuales y de ferreterías
381101	Herramientas manuales para uso doméstico
381102	Herrerías
381103	Candados
3812	Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos
381201	Muebles metálicos
3813	Fabricación de productos metálicos estructurales
381301	Equipo para la minería
381302	Puertas, ventanas
381303	Calderos y calentadores
381304	Otros productos metálicos estructurales
3819	Fabricación de productos metálicos N.E.P.
381901	Tornillos y tuercas
381902	Resortes

381903	Sintetización
381905	Galvanoplastia
381906	Cajas metálicas y latas
381907	Hornos y estufas
381908	Otros artículos de calefacción no eléctricos
381910	Otros productos
382	Construcción de maquinaria, excepto la eléctrica
3821	Construcción de motores y turbinas
382101	Motores de combustión interna
3822	Construcción de maquinaria y equipo para la agricultura
382201	Manufactura de maquinaria para la agricultura
382202	Reparación de maquinaria para la agricultura
3823	Construcción de maquinaria para trabajar los metales y maderas
382301	Maquinaria para trabajar los metales
382302	Utensilios para maquinaria para trabajar los metales
382303	Tornos de acero
382304	Maquinaria para trabajar la madera
382305	Equipo para soldar
3824	Construcción de maquinaria y equipo especial para la industria
382401	Maquinaria textil
382402	Maquinaria para la industria alimentaria
382403	Maquinaria para la industria química
382404	Maquinaria para envases
382405	Maquinaria de inyección de plástico y jebe
382406	Maquinaria para la industria minera
382407	Maquinaria para la manufactura del papel
3825	Construcción de máquinas de oficina, cómputo y cálculo
382501	Balanzas
382502	Calculadores de oficina, etc.
382503	Registradoras
3829	Construcción de maquinaria y equipo N.E.P.
382901	Armas y municiones
382902	Bombas y equipo de transporte
382903	Cajas de engranajes y cadenas
382904	Manufactura de cojinetes de balas y rodillos
382905	Compresoras, bombas de aire, etc.
382907	Válvulas, etc.
382908	Reparación de ascensores/calderos/ equipo de aire

	acondicionado
382909	Bombas de petróleo, contenedores de gas, etc.
382910	Lavadoras
382911	Otra maquinaria
383	Construcción de maquinarias, aparatos, accesorios y suministros eléctricos
3831	Construcción de maquinaria y aparatos eléctricos
383101	Motores eléctricos y transferencia
383102	Aparatos eléctricos industriales
383103	Reparación de maquinaria eléctrica
383104	Manufactura de componentes eléctricos
3832	Construcción de equipos y aparatos de radio, televisión y comunicación
383201	Equipo de telecomunicaciones
383202	Radio y televisión
383203	Manufactura de disco y cintas
3833	Construcción de aparatos y accesorios domésticos
3839	Construcción de aparatos y suministros eléctricos, N.E.P.
383902	Manufactura de baterías
383903	Equipos de iluminación
384	Construcción de material de transporte
3841	Construcción naval y reparación de barcos
384101	Construcción de barcos de metal
384102	Astilleros
3842	Construcción de equipo ferroviario
384201	Manufactura de locomotoras y tranvías
3843	Fabricación de vehículos, automóviles
384301	Construcción de automóviles
384302	Omnibus
384303	Partes y accesorios
3844	Fabricación de motocicletas y bicicletas
384401	Fabricación de motocicletas y bicicletas
384402	Accesorios de motocicletas y bicicletas
3845	Fabricación de aeronaves
3849	Construcción de material de transporte N.E.P.
385	Fabricación de equipo profesional y científico, instrumentos de medida y de control N.E.P y aparatos fotográficos
3851	Fabricación de equipo profesional y científico N.E.P.
385101	Instrumentación de navegación eléctrica

385102	Equipo de medición eléctrica
385103	Equipo médico eléctrico
385104	Equipo de control de procesos
385105	Equipo técnico
385108	Equipo meteorológico y geológico
385109	Equipo de medición exacta
385111	Equipo médico
385112	Equipo ortopédico
3852	Fabricación de aparatos fotográficos e instrumentos de óptica
385202	Instrumentos de óptica y lentes
385203	Equipo fotográfico
3853	Fabricación de relojes
39	Otras industrias manufactureras
390	Fabricación de joyas y artículos conexos
3901	Fabricación de joyas y equipos conexos
390101	Oro, plata y medallas
390102	Trabajo con piedras preciosas
3902	Fabricación de instrumentos musicales
3903	Fabricación de artículos para deportes y atletismo
3909	Industria manufacturera N.E.P.
390901	Juegos
390902	Juguetes (excepto de caucho, plástico o papel)
390903	Otra industria no clasificada
390904	Papel carbón, cintas de impresión, etc.
41	Electricidad, gas y vapor
4101	Luz y fuerza eléctrica
4102	Producción y distribución de gas
4103	Suministro de vapor y agua caliente
42	Obras hidráulicas y suministro de agua
420	Obras hidráulicas y suministro de agua
43*	Plantas de tratamiento de residuos y aguas superficiales
431*	Plantas de tratamiento térmico
4311*	Plantas de incineración de residuos peligrosos
4312*	Plantas de incineración de residuos domésticos
4313*	Plantas de pirólisis
432*	Plantas de tratamiento físico-químico
4321*	Neutralización
4322*	Reducción
433*	Plantas de tratamiento biológico

4331*	Plantas de tratamiento biológico de aguas residuales industriales
4332*	Plantas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas
434*	Plantas de disposición en el suelo
4341*	Plantas de disposición de residuos peligrosos en el suelo
4342*	Plantas de disposición de residuos domésticos en el suelo
435*	Plantas de tratamiento de gases
50	Construcción
500	Construcción
61	Comercio al por mayor
62	Comercio al por menor
620	Comercio al por menor
6200	Comercio al por menor
63	Restaurantes y hoteles
71	Transporte y almacenamiento
711	Transporte terrestre
7111	Transporte ferroviario
7112	Transporte urbano, suburbano e interurbano de pasajeros por carretera
7113	Otros servicios terrestres de transporte de pasajeros
7114	Transporte de carga por carretera
7115	Transporte por oleóductos o gasoductos
7116	Servicios relacionados con el transporte terrestre
712	Transporte por agua
7121	Transporte oceánico o de cabotaje
7122	Transporte por vías de navegación interior
7123	Servicios relacionados con el transporte de agua
713	Transporte aéreo
7131	Empresas de transporte aéreo
7132	Servicios relacionados con el transporte aéreo
719	Servicios conexos
7191	Servicios relacionados con el transporte
7192	Depósito y almacenamiento
72	Comunicaciones
9	Servicios comunales, sociales y personales
93	Servicios sociales y otros servicios comunales conexos
933	Servicios médicos y odontológicos; otros servicios de sanidad y veterinaria
9331	Servicios médicos, quirúrgicos y otros servicios de sanidad

95	Servicios personales y de los hogares
951	Servicios de reparación, N.E.P.
9513	Reparación de automóviles y motocicletas
952	Lavanderías y servicios de lavandería; establecimientos de limpieza y teñido
9520	Lavanderías y servicios de lavandería; establecimientos de limpieza y teñido
959	Servicios personales directos
9592	Estudios fotográficos, incluida la fotografía comercial
99997	Industrias en general

TABLA 4.2 : Códigos de Clasificación de Residuos Peligrosos de los Estados Unidos y Alemania

En este Anexo se presentan los cuadros donde se describen los códigos de clasificación de los Estados Unidos y Alemania utilizados en la propuesta de clasificación de residuos peligrosos (Cuadro 3). Del sistema de los Estados Unidos tan sólo se han utilizado las tablas de residuos de origen genérico y específico (Códigos que se inician con las letras F y K, [EPA, 1980]). En el caso de Alemania se ha utilizado la lista de residuos especiales GMB (1990).

Códigos del sistema de clasificación de residuos peligrosos de los Estados Unidos

CODIGO	DESCRIPCION
F001	Solventes halogenados usados en desengrase: tetracloroetileno, tricloroetileno, cloruro de metileno, 1,1,1-tricloroetano, tetracloruro de carbono, fluorocarbonos clorados y lodos de su recuperación
F002	Solventes halogenados gastados: tetracloroetileno, cloruro de metileno, tricloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, clorobenceno, 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano, o-diclorobenceno, triclorofluorometano
F003	Solventes no halogenados gastados: xileno, acetona, acetato de etilo, etilbenceno, eter etílico, n-butil alcohol, ciclohexanona y las colas de destilación de recuperación de estos solventes
F004	Solventes no halogenados usados: cresoles y ácido cresílico, nitrobenceno y cola de destilación de la recuperación de estos solventes
F005	Solventes no halogenados gastados: metanol, tolueno, metiletilcetona, metilisobutilcetona, disulfuro de carbono, isobutanol, piridina y cola de destilación para recuperación de estos solventes
F006	Lodos del tratamiento de aguas residuales provenientes de la galvanoplastia
F007	Soluciones gastadas de baños de tratamiento superficial con cianuro, provenientes de la galvanoplastia
F008	Lodos del fondo de tanques de baños de tratamiento superficial provenientes de la galvanoplastia
F009	Soluciones gastadas de baños de extracción y limpieza provenientes de la galvanoplastia
F010	Lodos de baños de enfriamiento provenientes de los baños de aceites del tratamiento térmico de metales
F011	Soluciones gastadas provenientes de la limpieza de pailas del tratamiento térmico de metales
F012	Lodos de tratamiento de aguas residuales provenientes de baños de enfriamiento del tratamiento térmico de metales
F013	Relaves de la flotación de operaciones de recuperación de minerales metálicos Sedimentos del fondo de las lagunas de tratamiento de aguas residuales de la cianuración en las operaciones de extracción de minerales metálicos
F014	Soluciones gastadas de baños con contenido de cianuro provenientes de las operaciones de extracción de minerales metálicos
F015	Lodos deshidratados de lavadores de gases de hornos de carbón y fundiciones

- F016 Lodos de sedimentos del tratamiento de efluentes del proceso de preservación de la madera que utilizan creosota o pentaclorofenol
- K001 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento amarillo y naranja de cromo
- K002 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento naranja de molibdeno
- K003 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento amarillo de zinc
- K004 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción de pigmentos de verde de cromo
- K005 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento verde de óxido de cromo (anhidro e hidratado)
- K006 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento azul de hierro
- K007 Residuos de hornos de la producción del pigmento verde de óxido de cromo
- K008 Colas de destilación de la producción de acetaldehído de etileno
- K009 Fracciones de destilación de la producción de acetaldehído de etileno
- K010 Corriente de fondo proveniente del "stripper" de residuos líquidos de la producción de acrilonitrilo
- K011 Colas de destilación de la purificación final del acrilonitrilo en la producción del mismo
- K012 Líquido del fondo de la columna de acetonitrilo en la producción del mismo
- K013 Residuos de fondo de la columna de purificación de acetonitrilo de la producción de acrilonitrilo
- K014 Residuos de fondo de la columna de destilación de cloruro de bencilo
- K015 Fracción pesada o residuos de destilación de la producción de tetracloruro de carbono
- K016 Cola de destilación de la columna de purificación en la producción de epicloridina
- K017 Fracción pesada en la producción de cloruro etílico
- K018 Fracción pesada de la destilación de dicloroetileno en la producción del mismo
- K019 Fracción pesada de la destilación del cloruro de vinilo en la producción del monomero de cloruro de vinilo
- K020 Residuo de catalizador acuoso de antimonio de la producción de fluorometanos
- K021 Colas de destilación con contenido de alquitranes de la producción de fenol/acetona del cumeno
- K022 Fracción leve de la destilación en la producción de anhídrido ftálico a partir de la naftalina
- K023 Colas de destilación de la producción de anhídrido ftálico a partir de la naftalina
- K024 Colas de destilación de la producción de nitrobenzono a través de la nitrificación del benzono
- K025 Residuos de fondo del extractor en la producción de metiletilpiridinas
- K026 Residuos de centrifugación de la producción de tolueno diisocianato
- K027 Catalizador gastado del reactor de la hidroclicación en la producción de 1,1,1-tricloroetano
- K028 Residuos del extractor a vapor en la producción de 1,1,1-tricloroetano
- K029 Cola de destilación o fracción pesada de la producción combinada de tricloroetileno y percloroetileno
- K030 Subproductos en forma de sales generados en la producción de MSMA y ácido cacodílico
- K031 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción de clordano
- K032 Aguas residuales y agua del lavador de gases de cloración del ciclopentadieno en la producción de clordano
- K033 Residuos sólidos de la filtración de hexaclorociclopentadieno de la producción de clordano
- K034 Lodos del tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de creosota

- K035 Colas de destilación en la recuperación de tolueno de la producción de disulfoton
- K036 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción de disulfoton
- K037 Aguas residuales del lavado y extracción en la producción de forato
- K038 Torta de filtración del ácido dietilfosforoditioico en la producción de forato
- K039 Lodo del tratamiento de aguas residuales en la producción de forato
- K040 Lodos del tratamiento de aguas residuales en la producción de toxafeno
- K041 Fracción pesada o colas de destilación del tetraclorobenceno en la producción de 2,4,5-t
- K042 Residuos de 2,6-diclorofenol de la producción de 2,4-d
- K043 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la manufactura y procesamiento de explosivos
- K044 Carbón usado en el tratamiento de aguas residuales con contenido de explosivos
- K045 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la manufactura, formulación y operaciones de manejo de compuestos iniciadores a base de plomo
- K046 Aguas rosadas/rojas de las operaciones de TNT
- K047 Sobrenadante de separadores tipo D.A.F. en las industrias de refinación de petróleo
- K048 Sólidos de la emulsión de petróleo, residuo de la industria de refinación de petróleo
- K049 Lodo de la limpieza de los tubos de los intercambiadores de calor de la industria de refinación de petróleo
- K050 Lodos de los separadores API de la industria de refinación de petróleo
- K051 Residuos con contenido de plomo del fondo de tanque de la industria de refinación de petróleo
- K052 Recortes con cromo (wet blue) generados por la industria de curtido y acabado del cuero
- K053 Lijados de cueros con cromo (wet blue) generados por la industria de curtido y acabado del cuero
- K054 Polvo de rebajado generado por la industria de curtido y acabado del cuero
- K055 Retenidos de las rejillas en las alcantarillas de la industria de curtido y acabado del cuero
- K056 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la industria de curtido y acabado del cuero sin ribera
- K057 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la industria de curtido y acabado del cuero
- K058 Lodos del tratamiento de aguas residuales de la industria de curtido y acabado del cuero sin uso de cromo
- K059 Lodos calcáreos con contenido de amoníaco de las operaciones de coqueificación
- K060 Lodos o polvos del sistema de control de emisión de gases de la producción de acero primario en hornos eléctricos
- K061 Baño de decapado gastado de las operaciones del acabado del acero
- K062 Lodos del tratamiento con cal de los baños de decapado en las operaciones del acabado del acero
- K063 Lodos y lechadas del espesamiento del "blow down" ácido en la producción de cobre primario
- K064 Sólidos contenidos o retirados de lagunas de tratamiento de efluentes de la fundición de plomo primario
- K065 Lodos del tratamiento de aguas residuales o del "blow down" ácido de la producción de zinc primario
- K066 Lodos o lechadas calcáreas de ánodos electrolíticos de la producción de zinc primario
- K067 Residuo de la planta de cadmio (óxido de hierro) en la producción de zinc primario
- K068 Lodo o polvo del sistema de control de emisión de gases de la fundición de plomo secundario
- K069

TABLA 4.3: Sustancias tóxicas que confieren peligrosidad a un residuo

Metales carbonilos
Berilio y sus compuestos
Cromo hexavalente y sus compuestos
Compuestos de cobre
Compuestos de zinc
Arsénico y sus compuestos
Selenio y sus compuestos
Cadmio y sus compuestos
Antimonio y sus compuestos
Telurio y sus compuestos
Mercurio y sus compuestos
Talio y sus compuestos
Plomo y sus compuestos
Compuestos inorgánicos del flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Cianuros inorgánicos
Asbesto (polvo y fibras)
Compuestos orgánicos del fósforo
Cianuros orgánicos
Fenoles, compuestos fenólicos, incluyendo clorofenoles
Eteres
Solventes orgánicos halogenados y no halogenados
Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
Otras sustancias organohalogenadas

TABLA 4.4: Grupos principales de clasificación de residuos según el catálogo alemán

CODIGO	DESCRIPCION
1	Residuos de vegetales y animales en forma original o procesados
3	Residuos minerales en forma original o transformados
5	Residuos de procesos de transformación y síntesis (incluye a los residuos textiles)
9	Residuos urbanos

TABLA 4.5: Sub-Grupos del código 5 (residuos de procesos de transformación y síntesis [incluye a los residuos textiles])

CODIGO	DESCRIPCION
51	Oxidos, hidróxidos, sales
52	Acidos, lejías y concentrados
53	Residuos de productos fitosanitarios y de plaguicidas así como de productos farmacéuticos
54	Residuos de aceite mineral y productos de la transformación del carbono
55	Solventes orgánicos, pinturas, lacas, pegamentos, masillas y resinas
57	Desechos de plástico y hule
58	Residuos textiles
59	Otros residuos químicos de procesos de transformación y síntesis

TABLA 4.6: Sub-divisiones del Código 55 (solventes orgánicos, pinturas, lacas, pegamento, masillas, resinas)

CODIGO	DESCRIPCION
552	Solventes orgánicos halogenados. Otras mezclas de solventes, otros líquidos con compuestos orgánicos halogenados
553	Solventes orgánicos y otros líquidos orgánicos sin compuestos orgánicos halogenados
554	Lodos y materiales de trabajo con contenido de solventes
555	Pinturas, tintas
559	Pegamentos, masillas y resinas no endurecidas

TABLA 4.7: Grupos principales para la clasificación de residuos peligrosos

CODIGO	DESCRIPCION	CODIGOS CATALOGO ALEMAN
1	Residuos de plantas y animales	1
2	Residuos de origen mineral o de metales	3
3	Residuos tales como oxidos, hidróxidos y sales	51
4	Residuos tales como ácidos, alcalis y concentrados	52
5	Residuos de plaguicidas, detergentes, productos farmacéuticos y de laboratorios	53
6	Residuos del petróleo	54
7	Residuos de solventes orgánicos, pinturas, barnices, pegamentos y resinas	55
8	Residuos de plástico, hule, caucho y textiles	57, 58
9	Otros residuos peligrosos	59, 9