

**CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA**

**ÁREA DE METROLOGÍA DE MATERIALES**



**PUBLICACIÓN TÉCNICA  
CNM-MRD-PT007**

**SISTEMA DE MANEJO  
DE RESIDUOS  
DE LABORATORIO**

**Flora E. Mercader Trejo**

**Los Cués, Qro. México  
2002**

## ÍNDICE

<b>PREFACIO</b>	5
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	6
<b>2. TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>	7
2.1 Definición de residuo peligroso	7
2.2 Consideraciones de seguridad	10
2.2.1 Tratamiento biológico	11
2.2.2 Adsorción con carbón	11
2.2.3 Decloración	11
2.2.4 Incineración	11
2.2.5 Neutralización	11
2.2.6 Oxidación	11
2.2.7 Precipitación	11
<b>3. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS DE LABORATORIO</b>	12
<b>4. RESPONSABILIDAD DEL SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS DE LABORATORIO</b>	19
4.1 Reducción del volumen de residuos generados	23
4.1.1 Diseño de experimentos	24
4.1.2 Adquisición de sustancias químicas	25
4.1.3 Manejo de reactivos químicos	26
4.1.4 Control de reactivos que se pueden deteriorar	27
4.1.5 Mantenimiento de las etiquetas de los reactivos	27
4.1.6 Reciclado	28
4.1.6.1 Recuperación de metales	28
4.1.6.2 Reciclado de disolventes	29
4.1.6.3 Reciclado de mercurio	30
4.2 Inspección	31
4.3 Manual de manejo de residuos de laboratorio	32
<b>5. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS</b>	19
5.1 Identificación	34
5.1.1 Etiquetado	36
5.2 Caracterización de residuos	37
5.2.1 Descripción física	38
5.2.2 Reactividad con el agua	39
5.2.3 Solubilidad en agua	40
5.2.4 pH	41
5.2.5 Flamabilidad	42
5.2.6 Presencia de sustancias oxidantes	42
5.2.7 Presencia de sulfuros	42
5.2.8 Presencia de cianuros	42
5.2.9 Presencia de halógenos	42

5.3 Clasificación	43
5.3.1 Residuos altamente peligrosos	38
5.3.2 Residuos peligrosos	39
5.3.2.1 Flamabilidad	28
5.3.2.2 Corrosividad	29
5.3.2.3 Reactividad	30
5.3.2.4 Explosividad	30
5.3.3 Residuos biológicos	38
5.3.4 Residuos no peligrosos	39
<b>6. OPCIONES PARA LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS</b>	<b>52</b>
6.1 Eliminación de residuos en el sistema de drenaje	52
6.1.1 Eliminación de compuestos orgánicos en el sistema de drenaje	38
6.1.2 Eliminación de compuestos inorgánicos en el sistema de drenaje	39
6.1.3 Eliminación de líquidos químicos-biológicos en el drenaje	38
6.2 Disposición de residuos en contenedores de basura	52
6.3 Liberación de sustancias químicas a la atmósfera	52
6.4 Incineración de residuos	52
6.4.1 Clasificación de los residuos para su incineración	38
6.5 Disposición de residuos en cementerios	56
<b>7. PROCEDIMIENTO PARA LA DESTRUCCIÓN DE RESIDUOS EN EL LABORATORIO</b>	<b>57</b>
7.1 Compuestos orgánicos	58
7.1.1 Hidrocarburos	38
7.1.2 Hidrocarburos Halogenados	39
7.1.3 Alcoholes y fenoles	38
7.1.4 Éteres	39
7.1.5 Tioles	39
7.1.5.1 Procedimiento para oxidar 0.1 mol de un tiol líquido	28
7.1.6 Otros compuestos organosulfurados	38
7.1.7 Ácidos carboxílicos	39
7.1.8 Haluros de acilo y anhídridos	39
7.1.8.1 Procedimiento para hidrolizar 0.5 mol de RCOX, RSO <sub>2</sub> X	28
7.1.9 Otros derivados ácidos, ésteres, amidas, nitrilos	39
7.1.10 Aldehídos y cetonas	39
7.1.10.1 Procedimiento para la oxidación con permanganato de 0.1 mol de aldehído	28
7.1.11 Aminas	39
7.2 Compuestos inorgánicos	58
7.2.1 Compuestos en los cuales el anión y el catión no presentan peligrosidad significativa	38
7.2.2 Precipitación de cationes en sus correspondientes Hidróxidos	39
7.2.3 Compuestos en los cuales se presenta un catión con un nivel relativamente alto de toxicidad	38
7.2.4 Compuestos en los cuales un anión presenta un nivel alto de peligro	39
7.2.4.1 Agentes Oxidantes	28
7.2.5 Hidrocarburos metálicos	38
7.2.5.1 Descomposición de hidruros de litio-aluminio	28
7.2.5.2 Descomposición de hidruros de sodio o potasio	28
7.2.5.3 Descomposición de hidruros de borohidruro de sodio	28

7.2.5.4 Descomposición de hidruro de calcio	28
7.2.5.5 Descomposición de sulfuros inorgánicos	28
7.2.5.6 Descomposición de fluoruros inorgánicos	28
7.2.5.7 Descomposición de cianuros inorgánicos	28
7.2.6 descomposición de azidas metálicas	38
<b>APÉNDICES</b>	
<b>Apéndice A</b> Sustancias reactivas con el agua	44
<b>Apéndice B</b> Sustancias formadoras de peróxidos	11
Tabla B.1 Tipos de sustancias que pueden formar peróxidos	97
Tabla B.2 Sustancias formadoras de peróxidos más comunes	97
<b>Apéndice C</b> Sustancias pirofóricas	44
<b>Apéndice D</b> Combinaciones de sustancias potencialmente explosivas	11
<b>Apéndice E</b> Sustancias químicas incompatibles	44
Tabla E.1 Clases generales de sustancias químicas incomparables	97
Tabla E.2 Sustancias químicas específicas incomparables	97
Tabla E.3 Incompatibilidades entre grupos químicos	97
<b>Apéndice F</b> Guía para la disposición de sustancias químicas en el drenaje sanitario	44
Tabla F.1 Sustancias químicas orgánicas e inorgánicas que pueden ser desechadas mediante el drenaje sanitario.	97
<b>Apéndice G</b>	
Tabla G.1 Toxicidad relativa de cationes y precipitantes principales	97
Tabla G.2 Toxicidad relativa de aniones y precipitados principales	97
Tabla G.3 Ejemplos de residuos no peligrosos	97
Tabla G.4 Intervalos de pH para la precipitación de hidróxidos y óxidos metálicos	97
<b>Apéndice H</b> Manual de manejo de residuos de laboratorios	44
<b>Bibliografía</b>	

**PREFACIO:**

Debido a la constante revisión que debe existir para el desarrollo de Sistemas de Manejo de Residuos de Laboratorio y gracias a la constante participación del personal de la Dirección de Metrología de Materiales a través de sus comentarios y experiencias profesionales, se ha podido hacer la segunda edición de este documento.

La recopilación y revisión de la información estuvo a cargo de Flora E. Mercader Trejo, recibiendo comentarios valiosos por parte de Victor Manuel Serrano Caballero, Fernando Rosas Gutiérrez, Carlos Enrique Carbajal Alarcón, Raúl Herrera Basurto, y Jorge Koelliker Delgado, que contribuyeron al enriquecimiento de esta nueva edición.

Este documento, queda abierto a comentarios o sugerencias que deseen hacer, con el fin de mejorarlo, en beneficio de todos sus usuarios.

## **SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS DE LABORATORIO**

### **1 INTRODUCCIÓN**

El manejo, almacenamiento y disposición de los residuos de un laboratorio, es uno de los puntos más críticos y que frecuentemente, representan un gran problema para la seguridad del laboratorio y la conservación del medio ambiente.

Debido a esto, es necesario contar con un programa capaz de reducir estos riesgos. La planeación debe hacerse desde el momento en que los laboratoristas van a desarrollar un análisis, previendo la cantidad, tipo y peligrosidad de los residuos generados, por esta razón el personal del laboratorio es uno de los puntos claves en el sistema de manejo de residuos. El programa debe incluir instrucciones para la recolección de estos residuos, y su manejo en el almacenamiento temporal dentro de las instalaciones de la institución.

La nueva cultura de seguridad dentro de un laboratorio, debe poner en práctica la premisa de “primero la seguridad” lo cual puede lograrse adquiriendo una actitud prudente en relación a los peligros que se presentan en el laboratorio y esforzándose en estar informado acerca de los riesgos del manejo de sustancias químicas y tratar de reducirlos al mínimo.

A través de esta recopilación de datos, se pretende proporcionar algunos conceptos básicos que sean el punto de partida para la implementación de un sistema organizado de manejo de residuos de laboratorio, que permita trabajar en un ambiente libre de accidentes.

### **2 TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE PELIGROSOS**

#### **2.1 Definición de residuo peligroso.**

Un residuo se considera peligroso, cuando debido a su cantidad, concentración, o características físicas, químicas, o infecciosas, puede causar, o contribuir significativamente, a un incremento en la mortalidad, o causar un daño o incapacidad irreversible; o poseer sustancias dañinas para la salud humana y el medio ambiente cuando son inapropiadamente manejados, tratados, almacenados, transportados o dispuestos.

#### **2.2 Tratamiento**

Se pueden utilizar diferentes tecnologías para tratar los residuos peligrosos antes de su disposición final, el objetivo principal es la modificación de las propiedades físicas o químicas de los residuos. Mediante estas tecnologías, se puede reducir el volumen, disminuir la cantidad de sustancias tóxicas o eliminarlas. La selección de la mejor forma de tratamiento de residuos depende de muchos factores, incluyendo la disponibilidad y conveniencia de la disposición o facilidades de tratamiento, y los

costos. Cualquier tecnología que se seleccione, debe ser absolutamente segura, aunque todas tienen un nivel de riesgo asociado. A continuación se describen brevemente algunos de los tratamientos que pueden aplicarse a los residuos.

**2.2.1 Tratamiento biológico:** es aquel que utiliza microorganismos para descomponer la porción de materia orgánica biodegradable presente en los residuos, con la finalidad de generar compuestos relativamente inocuos

**2.2.2 Adsorción con carbón:** es un proceso en el cual una sustancia se adsorbe en la superficie de un carbón especialmente tratado. Este método es particularmente efectivo para remover la materia orgánica de residuos líquidos.

**2.2.3 Decloración:** remueve el cloro mediante un reemplazo químico, se lleva a cabo un intercambio de iones de cloro, con iones de hidrógeno o de hidróxido.

**2.2.4 Incineración:** este proceso destruye o hace al residuo menos peligroso a través de una combustión. Es utilizado frecuentemente para la destrucción de residuos orgánicos.

**2.2.5 Neutralización:** reduce la acidez o alcalinidad de una sustancia, adicionando compuestos alcalinos o ácidos respectivamente.

**2.2.6 Oxidación:** se realiza una desintoxicación del residuo, combinando sus constituyentes con oxígeno. Este proceso se utiliza en el tratamiento de residuos que contienen cianuros, fenoles y compuestos organosulfurados.

**2.2.7 Precipitación:** reduce la cantidad de sólidos presentes en un residuo líquido.

### **3 ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS DE LABORATORIO**

Existen cuatro elementos esenciales para la organización de cualquier sistema de manejo de residuos de laboratorio, y son:

1. Debe haber un comité encargado de planear y verificar el buen manejo de los residuos.
2. Debe existir un proyecto de manejo de residuos.
3. Asignar a un responsable del sistema de manejo de residuos.
4. Vigilar y hacer pruebas directas para reducir el volumen de residuos generados en el laboratorio.

Es importante que todo el personal de la institución esté interesado en el sistema de manejo de residuos, y además brindar apoyo continuo.

Los directivos del laboratorio son los responsables de supervisar que sea desarrollado un proyecto para el manejo de los residuos químicos. El proyecto debe estar elaborado de acuerdo a las necesidades del laboratorio y de acuerdo también con todas las regulaciones legales pertinentes.

Se debe escribir un conjunto de procedimientos recopilados en un manual de manejo de residuos que cubra todas las fases involucradas, desde que son originados hasta que llegan a un destino final seguro. En estos procedimientos se deben incluir los mecanismos de vigilancia, las responsabilidades y actividades que realizará el personal del laboratorio, los supervisores, los gerentes y el comité encargado del manejo de residuos.

Todas las personas que trabajan en el laboratorio deben estar familiarizados y tener acceso a los procedimientos de manejo de residuos químicos.

El plan de tratamiento de residuos, debe ser revisado a intervalos regulares para asegurar que cubre los cambios que puedan haber ocurrido en las operaciones del laboratorio.

#### **4 RESPONSABILIDADES DEL SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS DE LABORATORIO**

Para que un sistema de manejo de residuos sea exitoso, requiere de un equipo formado de jefes, supervisores y personal del laboratorio, personal del almacén, un comité local encargado del manejo de los residuos y un comité local de salud y seguridad. Aún con el equipo anterior, debe nombrarse a un responsable el cual debe ser una persona con amplios conocimientos de Química y del trabajo del laboratorio para poder entender los problemas a los que se enfrenta el personal y solucionarlos de la mejor manera. El personal del laboratorio es el responsable de identificar y clasificar los residuos, de ponerlos en sus recipientes y colocarlos en un lugar seguro.

El siguiente paso está a cargo del comité responsable del manejo de los residuos, el cual debe recolectar todos los contenedores de residuos de los laboratorios, haciendo inspecciones semanales y llevando un control de lo que recolecta, incluyendo datos de grado de peligrosidad y condiciones de almacenamiento para su disposición final.

##### **4.1 Reducción del volumen de residuos generados**

Dentro de las responsabilidades del personal del laboratorio se debe incluir el procurar reducir el volumen de los residuos generados, considerando los siguientes aspectos:



#### **4.1.1 Diseño de experimentos**

Al iniciar cualquier experimento, deberá incluirse dentro del proyecto, todas las precauciones necesarias para el manejo de las sustancias químicas involucradas, desde los reactivos, disposición de los productos y subproductos que serán generados. Algunas de las preguntas que podrían surgir al iniciar este proceso serían las siguientes:

- ¿Es apropiada la cantidad de reactivos que se están solicitando para el experimento? ¿Cual es la cantidad mínima necesaria?
- ¿Es necesario adquirir todas las sustancias químicas o alguna de ellas se encuentra disponible en otro laboratorio dentro de la misma Institución?
- ¿Cual es la cantidad máxima de esa sustancia que es permitido tener en el laboratorio o en el almacén?
- ¿Puede ser manejada en forma segura esa sustancia química al momento de recibirla en el laboratorio? ¿Se requieren condiciones de almacenamiento especiales?
- ¿El personal que recibirá el material necesita alguna instrucción particular?
- ¿Alguna sustancia puede ser recuperada o reutilizada?
- ¿Se generará algún compuesto que deba ser destruido mediante un procedimiento especial?, si es así ¿Qué procedimiento?
- ¿Se tiene información de las propiedades toxicológicas de las sustancias químicas utilizadas y generadas?

El riesgo asociado con un experimento, deberá ser determinado antes de que empiece el trabajo de laboratorio, además de las preguntas señaladas anteriormente, siempre debe de plantearse: “¿Qué pasaría si...?”, para estar preparados para posibles contingencias, y tomar las acciones de emergencia necesarias.

El diseño de experimentos, es uno de los puntos claves para lograr una reducción de la cantidad de residuos generados, lo cual beneficia a la disminución de peligro tanto para los humanos como al medio ambiente así como también se logra una optimización de los recursos económicos del laboratorio.

#### **4.1.2 Adquisición de sustancias químicas**

La adquisición de sustancias químicas es uno de los eslabones primordiales para la reducción del volumen de residuos generados. Después de responderse a todas las preguntas que surgen en el diseño de experimentos, se determinará la cantidad mínima necesaria que se debe solicitar para su desarrollo, además de recordar siempre que la compra de sustancias químicas, no debe estar definida en base a los precios bajos que generalmente ofertan los proveedores para grandes cantidades de sustancia, sino por las necesidades particulares del laboratorio. El costo por disposición

del exceso de sustancias químicas adquiridas, puede sobrepasar cualquier ahorro que se haya logrado en su compra.

Al momento de iniciar la compra de una sustancia química, es recomendable ordenarla en las presentaciones más pequeñas que ofrecen los proveedores, aún, cuando se tengan que solicitar varios frascos para coleccionar la cantidad necesaria, algunas razones para justificar lo anterior son:

- se disminuyen los riesgos generados en caso de que el frasco se rompa,
- el riesgo de accidentes y de exposición a materiales peligrosos, es menor cuando se manejan contenedores pequeños,
- se reducen las necesidades de espacio en el almacén,
- el contenido de los frascos, es consumido rápidamente, evitando la oportunidad de descomposición de compuestos altamente reactivos,
- los tamaños económicos grandes, generalmente arrojan necesidades de equipo adicional, tales como; contenedores pequeños para transferir, embudos, bombas y etiquetas. Además se genera trabajo adicional, al existir la necesidad de subdividir las sustancias en porciones más pequeñas, para lo cual se necesita equipo de seguridad extra y se presenta el riesgo de contaminación de los reactivos químicos.

Se debe recordar que es necesario solicitar las hojas de seguridad de las sustancias químicas que se van a adquirir.

Al momento de recibir una sustancia química, es necesario verificar que el contenedor no presente ningún daño y que se encuentre etiquetado correctamente.

#### **4.1.3 Manejo de reactivos químicos**

Los reactivos químicos que se pueden encontrar en un laboratorio son muy variados y presentan una gran diversidad de propiedades físicas, químicas y toxicológicas así como de efectos fisiológicos. El riesgo asociado con el uso de sustancias químicas, debe ser bien conocido por los analistas, esta información tiene que ser recopilada como parte del diseño de experimentos.

En algunos laboratorios el plan de manejo de residuos químicos, incluye procedimientos generales para la utilización de ciertas sustancias que se usan en forma rutinaria en el laboratorio. En estos procedimientos, debe encontrarse la información esencial requerida acerca de los riesgos asociados con el uso de esas sustancias químicas en particular.

A continuación se listan algunos datos que pueden incluirse dentro de la elaboración de los procedimientos de manejo de sustancias químicas específicas:

- Nombre de la sustancia
- Fórmula química
- Propiedades Físicas
- Olor
- Densidad de vapor
- Presión de vapor
- Temperatura de autoignición
- Datos de toxicidad, incluyendo límites de exposición
- Peligros principales
- Flamabilidad y explosividad
- Reactividad e incompatibilidad
- Manejo y almacenamiento
- Primeros auxilios
- Disposición

Cuando no se cuenta con esta recopilación de información dentro del manual, es necesario consultar fuentes adicionales para planear apropiadamente el uso de ciertas sustancias en un proceso o experimento. Una de las fuentes de información, son las *hojas de seguridad* de las sustancias químicas, las cuales deben ser solicitadas al proveedor al momento de adquirirlas. Estas hojas de seguridad, deberán estar en un archivo a disposición libre de los usuarios.

La hojas de seguridad, son documentos técnicos muy concisos, generalmente están conformados de 2 a 5 páginas, en las cuales se encuentra una recopilación de datos de las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de la sustancia, además de contener algunas sugerencias de manejo, almacenamiento y disposición. Finalmente, se remarcan procedimientos de emergencia y de primeros auxilios.

Una vez que se ha respondido satisfactoriamente todas las preguntas surgidas en el diseño de experimentos, y que es el momento de iniciar el trabajo en el laboratorio, el analista cuenta ya con las herramientas básicas para manejar los reactivos químicos involucrados en el experimento y deberá ser capaz de clasificarlos de acuerdo al tipo y grado de peligrosidad.

#### **4.1.4 Control de los reactivos que se pueden deteriorar.**

Se debe evitar una acumulación excesiva de reactivos que puedan crear problemas de almacenamiento y seguridad, ya que existen reactivos que se deterioran con el tiempo. Para la adquisición de este tipo de sustancias altamente reactivas, es recomendable comprar únicamente la cantidad que se necesitará para propósitos inmediatos, y así evitar problemas posteriores de manejo y disposición.

Es apropiado tomar las precauciones de almacenamiento necesarias para mantener la integridad de las sustancias altamente reactivas, algunas recomendaciones son:

- Al momento de recibir las, se deben etiquetar indicando la fecha de recepción, manifestar que es una sustancia altamente reactiva y que se debe manejar con precaución.
- No debe abrirse un contenedor de material altamente reactivo cuya fecha de caducidad se ha vencido.
- Nunca abrir un frasco que contenga peróxidos orgánicos líquidos o sustancias formadoras de peróxidos, si se observa la presencia de cristales o de algún precipitado.
- Separar las siguientes sustancias:
  - agentes oxidantes de agentes reductores y combustibles,
  - compuestos pirofóricos de los flamables
  - ácido perclórico de agentes reductores
- Almacenar los líquidos altamente reactivos en charolas suficientemente grandes para contener el líquido en caso de derrames.
- Las botellas de ácido perclórico deben almacenarse en charolas de vidrio o cerámicas.
- Almacenar las sustancias formadoras de peróxidos lejos del calor y la luz.
- Mantener las sustancias que reaccionan fuertemente con el agua, alejadas de cualquier contacto con ella.
- Almacenar los materiales térmicamente inestables en un refrigerador.
- Almacenar los peróxidos orgánicos líquidos a la temperatura más baja posible de acuerdo a su solubilidad o punto de congelamiento.
- Inspeccionar periódicamente las sustancias químicas formadoras de peróxidos y descartar aquellos contenedores que hayan cumplido con el tiempo de almacenamiento considerado seguro.

#### **4.1.5 Mantenimiento de las etiquetas de los reactivos**

Los proveedores de reactivos químicos, tienen la obligación de identificar sus productos con etiquetas que contengan información resumida de la peligrosidad asociada con la sustancia que están ofreciendo. Estas etiquetas, tienen únicamente una función preventiva, pero es necesario consultar las hojas de seguridad correspondientes, para obtener información más detallada.

Es necesario tener un control y mantenimiento de las etiquetas de los recipientes de los reactivos, si alguna se deteriora o se rompe, y el reactivo está plenamente identificado, se debe volver a etiquetar el frasco, pero en caso de que no pueda ser identificado, el reactivo debe ser eliminado.

#### **4.1.6 Reciclado**

El reciclado es una de las opciones que existen para la reducción del volumen de residuos generados, el reciclado puede tomar varias formas, puede llevarse a cabo una destilación de disolventes, métodos de purificación de mercurio o precipitación y purificación de sales de metales pesados. En cualquiera de estos casos, el material no está lo suficientemente puro para poder ser utilizado directamente, por lo que debe ser llevado a un estado más alto de pureza o transformado a un estado físico diferente. Los procesos de reciclados, por lo general, requieren del consumo de tiempo y dinero, por lo que debe evaluarse previamente y determinar si resulta benéfico para la institución.

##### *4.1.6.1 Recuperación de metales*

Algunas veces el contenido de metales de una sustancia usada en el laboratorio es suficiente para soportar el costo de su recuperación, ya que debe ser una empresa especializada en este tipo de tratamientos, la que efectúe esta operación y generalmente los costos son muy elevados. También podrían recuperarse pequeñas cantidades, dentro del laboratorio mediante un procedimiento químico específico para cada metal, algunos de estos metales son: mercurio, plata, platino, paladio, rodio, iridio, rutenio.

##### *4.1.6.2 Reciclado de Disolventes*

Si el trabajo de laboratorio produce regularmente disolventes de composición conocida, podría justificarse económicamente su recuperación. Aún así, se debe hacer un balance entre el costo del procedimiento de recuperación, el costo de la compra de disolventes nuevos y el costo de la disposición de disolventes usados. En el laboratorio se pueden reciclar algunos de los disolventes más comunes, aunque si éste va a ser utilizado para análisis de trazas o pruebas espectrofotométricas, no se recomienda este procedimiento, debido a que la pureza resultante es un poco dudosa. Si se va a recuperar algún disolvente, desde el momento en que se está generando como residuo, deberá ser colocado en un recipiente únicamente para él, sin combinarlo con otro y cuidarlo de posibles contaminaciones. Algunos otros disolventes como el thinner o desengrasantes pueden recuperarse y ser utilizados por alguna otra área de la institución donde no se necesiten para pruebas analíticas.

##### *4.1.6.3 Reciclado de Mercurio*

El método más simple para la eliminación de partículas y pequeñas cantidades de agua del mercurio, es dejarlo pasar a través del pequeño orificio de un papel filtro en forma cónica. El filtro deberá cubrirse con el fin de reducir la evaporación del mercurio. Este método es lento, pero produce un mercurio razonablemente limpio, adecuado para algunos usos en el laboratorio. Los procedimientos de reciclado de

mercurio que se ofrecen comercialmente, generalmente involucran una serie de destilaciones, lo que resulta en la generación de mercurio de alta pureza.

## **4.2 Inspección**

El sistema de manejo de residuos de laboratorio debe estar acondicionado para:

1. el volumen y tipo de residuos generados,
2. número y localización de las fuentes generadoras dentro del laboratorio,
3. cambios opcionales para la disposición de residuos. Estos parámetros, deberán ser determinados conforme el sistema vaya evolucionando.

Los dos primeros puntos del sistema de manejo de residuos requieren de una *inspección* directa en el laboratorio, localizando todo tipo de residuos y cuestionando a los responsables del área. Esta inspección se hará por el comité designado para el manejo de residuos, y se llevará a cabo en todas las instalaciones de la institución.

Los resultados de esta inspección deben incluir, el volumen y tipo de residuos no peligrosos que están siendo generados, los tipos de residuos peligrosos y su localización. Esta información determinará muchas de las características del sistema de manejo de residuos, tales como procedimientos para clasificación, segregación y recolección y los métodos que se van a aplicar para la disposición de varios tipos de residuos peligrosos.

## **4.3 Manual de manejo de residuos de laboratorio**

El sistema de manejo de residuos debe ser resumido en un manual que sea fácil de entender por todo el personal del laboratorio y debe estar a su disposición (ver apéndice H). Este manual, deberá ser elaborado por el comité local encargado del manejo de residuos, y será sujeto a revisión por todas las personas involucradas, tanto jefes y supervisores como personal de laboratorio. Es responsabilidad de la institución que los trabajadores de nuevo ingreso al laboratorio, se familiaricen; mediante programas de capacitación; con las instrucciones del manual y las lleven a la práctica.

## **5 IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS.**

Se requiere que todos los residuos sean identificados, y clasificados, así como los peligros que se pueden presentar y así separarlos para evitar interacciones químicas. Estos pasos son esenciales para poder acumular, transportar y separar los residuos de una forma segura. Este procedimiento y la forma de hacerlo deberá estar incluido en el manual de manejo de residuos.

## **5.1 Identificación**

Los laboratoristas; apoyados por las regulaciones gubernamentales; son las personas indicadas para decidir que sustancias van a ser consideradas como residuos y si son peligrosos o no.

Se debe tomar en cuenta la posibilidad de reciclarlas, recuperarlas, o volverlas a utilizar consultando la información disponible en el laboratorio de los tipos de residuos que pueden ser sometidos a este proceso. Toda esta información deberá incluirse dentro de una etiqueta de identificación antes de enviar cualquier residuo al almacén central.

### **5.1.1 Etiquetado**

Desde el momento que se destina un recipiente para contener residuos, este deberá portar una etiqueta, la cual deberá llenarse progresivamente con los datos más relevantes acerca de la(s) sustancia(s) que almacena.

La etiqueta debe contener suficiente información para asegurar un manejo y disposición correctos, incluyendo la fecha de inicio de la acumulación de residuos, los nombres de los compuestos químicos principales presentes, así como de los de menor importancia, pero que puedan representar algún peligro. Debe indicarse también si el residuo es tóxico, reactivo, corrosivo, metálico, flamable, peligroso por inhalación o si es lacrimógeno. En la figura 5.1, se presenta un ejemplo de etiqueta.

Algunos laboratorios, principalmente los de investigación, usan y sintetizan muchas sustancias químicas no comunes, que pueden llegar a ser un residuo. En general, los analistas involucrados en tal trabajo conocen cualitativamente si son flamables, corrosivos o reactivos. Si se generan grandes cantidades de residuos con riesgos desconocidos, se puede implementar un procedimiento analítico para clasificarlos en los diferentes grupos (ver el punto 5.2). En ausencia de bases suficientes para clasificar a un residuo de esta manera, se asumirá que es tóxico, y se especificará en la etiqueta.

En la etiqueta de identificación de los contenedores de residuos, deberá incluirse el experimento del cual fueron generados. Adicionalmente en cada laboratorio debe existir una bitácora, en donde se registrarán cada uno de los residuos que se generaron.

## **5.2 Caracterización de residuos**

Cuando se ha identificado apropiadamente un residuo, es relativamente sencillo establecer su grado de peligrosidad, sin embargo, en residuos en los que se desconoce su identidad, es posible llevar a cabo un conjunto de pruebas simples para determinar su peligrosidad y poder clasificarlo adecuadamente.

Estas pruebas deben ser llevadas a cabo dentro del mismo laboratorio por el analista que los generó, y puesto que se desconoce la peligrosidad del residuo, es necesario tomar todas las medidas de seguridad indispensables, como son equipo de seguridad personal y campanas de extracción.

Por lo general, los encargados del tratamiento y disposición final de residuos, requieren al menos la siguiente información de materiales considerados desconocidos o sin identificación apropiada:

### **5.2.1 Descripción física**

La descripción física del material, debe incluir el estado del material (sólido, líquido), el color, y la consistencia (para sólidos) o viscosidad (para líquidos). Para materiales líquidos, describir la claridad de la solución (transparente, translúcido u opaco). Si en un material se presentan diferentes fases líquidas, se deben describir cada una de ellas en forma separada, proporcionando un porcentaje aproximado de cada una de las fases con respecto al volumen total.

Con apoyo del equipo de seguridad necesario para la manipulación del residuo, se debe tomar una porción pequeña de la muestra, para proceder a realizar las siguientes pruebas.

### **5.2.2 Reactividad con el agua**

A una pequeña porción de la muestra tomada, adicionar cuidadosamente, unos cuantos mililitros de agua. Observar cualquier cambio, incluyendo producción de calor, gas y generación de flama.

### **5.2.3 Solubilidad en agua**

Observar la solubilidad de la muestra desconocida en el agua, si es un líquido insoluble, ver si es menos o más denso que el agua. La mayoría de los líquidos orgánicos no halogenados son menos densos que el agua.

### **5.2.4 pH**

Realizar esta prueba con un papel pH, si la muestra es soluble en agua, medir el pH de una solución acuosa al 10% del material.

### **5.2.5 Flamabilidad**

Tomar una porción de la muestra (<5 mL) en una charola de aluminio. Aplicar una fuente de ignición (generalmente se utiliza una flama de propano) a la muestra, durante medio segundo. Si el material soporta su propia combustión, significa que



es un líquido flamable con punto de inflamación menor a 60 °C. Si la muestra no se enciende, aplicar nuevamente la fuente de ignición durante 1 segundo. Si el material se quema, es combustible. Los materiales combustibles, tienen puntos de inflamación entre 60 °C y 93 °C

#### **5.2.6 Presencia de sustancias oxidantes**

Mojar un papel almidón-yoduro (disponible comercialmente) con ácido clorhídrico 1 N, poner una pequeña porción de la muestra en el papel húmedo. Si se observa un cambio de coloración a púrpura oscuro, la prueba es positiva, por lo tanto hay presencia de alguna sustancia oxidante.

Esta prueba también puede llevarse a cabo, adicionando de 0,1 a 0,2 gramos (g) de yoduro de potasio o de sodio a 1 mL de una solución acidificada de la muestra al 10 %. Si se observa el desarrollo de un color amarillo-café, indica la presencia de un agente oxidante.

Para probar si hay presencia de hidroperóxidos en disolventes orgánicos solubles en agua, introducir el papel de prueba en el disolvente y dejar que se evapore. Adicionar una gota de agua en la misma sección del papel. El desarrollo de un color oscuro, indica la presencia de hidroperóxidos.

#### **5.2.7 Presencia de sulfuros**

La prueba para observar la presencia de sulfuros inorgánicos, se puede llevar a cabo únicamente cuando el pH de una solución acuosa de la muestra es mayor que 10. Adicionar unas gotas de ácido clorhídrico concentrado a la muestra, mojar; con agua destilada; un papel de acetato de plomo (disponible comercialmente) e introducirlo en la muestra. Si se observa el desarrollo de un color café-negrizo en el papel, significa que hubo generación de ácido sulfhídrico. Debido a la toxicidad del ácido sulfhídrico que se genera durante la prueba, se recomienda que se utilicen porciones pequeñas de muestra y se cuente con un sistema de ventilación y extracción.

#### **5.2.8 Presencia de cianuros**

La prueba que indica la presencia de cianuros inorgánicos, solamente se puede llevar a cabo si el pH de una solución acuosa de la muestra es mayor que 10. Antes de realizar la prueba, es necesario preparar las siguientes soluciones:

- solución acuosa de hidróxido de sodio al 10 % (solución A)
- solución acuosa de sulfato ferroso al 10 % (solución B)
- solución acuosa de cloruro férrico al 5 % (solución C)

Mezclar 2 mL de la muestra con 1 mL de agua destilada y adicionar 1 mL de cada una de las soluciones preparadas con anterioridad (A,B yC). Adicionar suficiente ácido sulfúrico concentrado para acidificar la solución. Si se observa una coloración azul (azul de Prusia, debida al ferrocianuro férrico) indica la presencia de cianuros.

Debido a la alta toxicidad del ácido cianhídrico formado, se recomienda que se utilice un sistema de ventilación y extracción eficiente.

### **5.2.9 Presencia de halógenos**

En una flama, calentar una pieza de alambre de cobre hasta que se ponga roja, enfriar el alambre en agua destilada o desionizada y sumergirlo en la muestra desconocida. Calentar el alambre nuevamente en la flama, si se observa el desarrollo de un color verde alrededor del alambre al momento de estar en la flama, significa que hay presencia de halógenos en la muestra.

## **5.3 Clasificación**

Los residuos deberán ser clasificados de acuerdo al tipo y grado de peligrosidad, ésto se hace tomando como base lo prescrito por las regulaciones gubernamentales. A continuación se incluyen un conjunto de conceptos que sirven de guía para este objetivo.

**5.3.1 Residuos altamente peligrosos**, son sustancias mortales para los humanos en dosis bajas, o que tienen una toxicidad oral LD<sub>50</sub> (en ratas) de menos de 50 mg/kg, una toxicidad de inhalación LD<sub>50</sub> (en ratas) menor que 2 mg/L, o toxicidad dérmica LD<sub>50</sub> (en conejos) menor que 200 mg/kg, o que son capaces de causar enfermedades serias o irreversibles.

**5.3.2 Residuos peligrosos**, la norma oficial mexicana NOM-CRP-ECOL/93, establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Además de los residuos peligrosos comprendidos en la norma anteriormente señalada, se considerarán peligrosos aquellos que presenten una o más de las características que se mencionan a continuación.

### **5.3.2.1. Flamabilidad**

En esta clasificación se encuentran materiales que presentan una o más de las siguientes características:

- a) soluciones acuosas que contengan más de 24 % de alcohol en volumen.
- b) líquidos con punto de inflamación inferior a 60 °C
- c) materiales diferentes de líquidos que bajo condiciones normales de temperatura y presión (a 25 °C y a 1,03 kg/cm<sup>2</sup>) son capaces de causar fuego por fricción, adsorción de humedad, o cambios químicos espontáneos y, que cuando se encienden, se queman vigorosamente generando un riesgo
- d) gases comprimidos flamables que forman mezclas que estimulan la combustión en una concentración de 13 % (V/V) o menos en aire

e) agentes oxidantes tales como clorato (VII), manganato (VII) o nitrato (V) o peróxidos inorgánicos que proveen oxígeno para estimular la combustión de materia orgánica.

#### 5.3.2.2. Corrosividad

Son consideradas como corrosivas, aquellas sustancias líquidas o en solución acuosa con pH menor o igual que 2, o mayor o igual que 12.5. La mayoría de ácidos y bases utilizados en el laboratorio, son considerados como sustancias corrosivas. Los residuos con un valor alto o bajo de pH pueden reaccionar peligrosamente con otros residuos o causar contaminantes tóxicos.

En esta clasificación se encuentran los líquidos capaces de corroer el acero al carbón, a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año, a una temperatura de 55 °C. Los residuos capaces de corroer el acero pueden escaparse de sus contenedores y liberar otras sustancias peligrosas.

#### 5.3.2.3. Reactividad

Un residuo se considera peligroso por su reactividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atmósfera), se combina o polimeriza violentamente sin detonación.
- b) En condiciones normales, cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5, reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.
- c) Bajo condiciones normales cuando se pone en contacto con soluciones de pH; ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5, reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.
- d) Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCN/kg de residuo o 500 mg de H<sub>2</sub>S/kg de residuo.
- e) Es capaz de producir radicales libres

#### 5.3.2.4. Explosividad

Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno.
- b) Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 °C y a 1.03 kg/cm<sup>2</sup> de presión.

Es importante hacer la clasificación y separación de los residuos bajo estos criterios para poder manejarlos y disponer de ellos seguramente. Si el residuo no es un compuesto químico común con características conocidas, se debe de proveer la mayor información posible para su tratamiento adecuado.

### **5.3.3 Residuos biológicos**

Un residuo con características biológico infecciosas se considera peligroso cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) cuando el residuo contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección,
- b) cuando contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

### **5.3.4 Residuos no peligrosos**

Son residuos que no se encuentran regulados por las autoridades debido a que no presentan ninguna característica peligrosa (flamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad o explosividad) o que no exceden los parámetros establecidos para ninguna de las características anteriormente señaladas.

La mezcla de un residuo peligroso con uno no peligroso será considerada como residuo peligroso.

## **5.4 ÁREAS DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS**

### **5.4.1 En el lugar de generación**

El primer paso en la secuencia de disposición de residuos, generalmente se inicia en su acumulación y almacenamiento temporal en, o, cerca del laboratorio. Este paso, involucra directamente a los trabajadores del laboratorio, quienes están familiarizados con el residuo y su generación y son la clave más importante para asegurar que el procedimiento de disposición se lleve a cabo eficientemente. Este paso, frecuentemente es el adecuado para decidir que sustancias se pueden reciclar o reutilizar.

Nuevamente, las medidas de seguridad deben ser de primordial importancia. Los residuos deben almacenarse en contenedores claramente identificados y etiquetados, y ser colocados en lugares previamente designados de tal manera que no interfieran en las operaciones normales del laboratorio. Es muy recomendable, que los lugares asignados cuenten con buena ventilación y extracción.

En algunos lugares, las regulaciones federales, indican que se permite la acumulación de residuos peligrosos hasta una cantidad de 55 galones, o 1 cuarto de galón de sustancias consideradas como residuos altamente peligrosos. Sin

embargo, la cantidad almacenada, no debe ser superior a la capacidad de las medidas de seguridad existentes en el laboratorio.

Con frecuencia, son acumulados diferentes tipos de residuos en un mismo contenedor, antes de realizar esta operación, los responsables, deben asegurarse que esas sustancias son químicamente compatibles para evitar que haya generación de calor, de gas o alguna otra reacción que pudiera ocurrir (ver apéndice E, tabla E.3).

Los residuos deben colectarse en contenedores de material compatible con la sustancia que van a albergar. Los contenedores de vidrio, son considerados como los más resistentes a la acción química, pero pueden romperse con facilidad. Los contenedores de metal son más fuertes que los de vidrio, pero frecuentemente son corroídos por las sustancias que se acumulan en ellos. Actualmente, los contenedores de diferentes plásticos químicamente resistentes, se han convertido en los sustitutos de los contenedores de vidrio o metal. Para almacenar disolventes flamables, se pueden utilizar contenedores de seguridad de plástico o metal. Es recomendable, que los contenedores permanezcan cerrados, y abrirlos únicamente cuando se va a transferir algún residuo.

#### **5.4.2 En un almacén central de residuos**

El almacén central de residuos, es un componente importante que debe ser considerado como parte del programa de manejo de sustancias químicas. En algunas instituciones donde existen varios laboratorios, cada uno de ellos mandará las sustancias químicas consideradas como residuos al almacén central, en este lugar, pueden combinarse los residuos compatibles, provenientes de los diferentes laboratorios, en un mismo contenedor, antes de su disposición final.

Es necesario consultar las regulaciones federales y locales, acerca del tiempo límite y cantidades máximas de residuos, permitidos en un almacén central. El tiempo se empieza a cuantificar, desde el momento que es recibido un residuo proveniente de los laboratorios.

Dentro del almacén central, debe considerarse como regla fundamental, el no recibir contenedores apropiadamente identificados, etiquetados y clasificados (fig. 5.1). El responsable del almacén, deberá contar con una bitácora en la que registre los residuos que ingresen, algunos datos que deben incluirse son:

- cantidades e identificación de los residuos recibidos
- información acerca de residuos sin identificación, datos de la caracterización realizada por el analista
- recomendaciones para transporte de los residuos a su disposición final

El almacén central, deberá ser un área protegida contra las variaciones de humedad y temperatura, lo cual podría ocasionar deterioros de las etiquetas y algunas otras

marcas de identificación. Esta deterioración puede provocar un peligro y se tendría que volver a caracterizar el contenido para clasificarlo.

Debe evitarse la exposición de los contenedores a la luz solar. Los contenedores deberán estar sellados para que las sustancias no puedan absorber humedad.

El edificio deberá estar construido con un material que ofrezca resistencia al fuego, con temperatura y humedad controlada y fácil acceso en situaciones de emergencia. Dentro del edificio, deberán especificarse zonas para colocar los residuos de acuerdo a su clasificación de peligrosidad. El almacén deberá ubicarse lejos de las zonas densas de trabajo.

Deberán colocarse extinguidores en lugares estratégicos y tener acceso a ellos en caso de fuego. Esta área también debe estar sujeta a una inspección semanal y revisar todas las condiciones de seguridad.

<b>ALMACÉN DE RESIDUOS DE LABORATORIO</b>			
Responsable: _____		No. De _____	
Laboratorio: _____		Ext. Telefónica: _____	
Área: _____		_____	
División: _____			
Fecha De Inicio De Recolección: _____			
Fecha De Entrega Al Almacén: _____			
<u>Contenido</u>			
Nombre Químico o Biológico		Cantidad o Conc. Aprox (mg/L)	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
Líquido ( )	Sólido ( )	Lodo ( )	Artículos Contaminados ( )
<u>Peligrosidad</u>			
( ) Tóxico	( ) Reactivo	( ) Corrosivo	
( ) Metálico	( ) Flamable	( ) Peligro por	
Inhalación			
( ) Lacrimógeno	( ) Otros		
Indicaciones Especiales de Manipulación y/o Almacenamiento			
Recibió: _____			

Figura 5.1. Etiqueta de ingreso al almacén central de residuos

## 6 OPCIONES PARA LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

### 6.1 Eliminación de residuos en el sistema de drenaje

Hace algunos años, la disposición de la mayoría de los residuos en el sistema de drenaje del laboratorio, era una práctica muy común. Dentro del mismo sistema de drenaje del laboratorio, algunas sustancias pueden provocar peligros de incendio, explosión o contaminación local del aire, y algunos otros pueden corroer el sistema.

El drenaje del laboratorio, por lo regular, está conectado al sistema de drenaje sanitario y su efluente llegará a la planta de tratamiento de aguas. Es necesario

consultar las regulaciones gubernamentales acerca del tipo y cantidad de sustancias que pueden ser descargadas al sistema de drenaje. Una vez que lo anterior se ha realizado, se debe de comunicar al responsable de la planta de tratamiento, el tipo de residuo que se va a eliminar, puesto que, algunas de las sustancias químicas presentes pueden interferir en el buen funcionamiento de la planta.

Se deben tomar algunas precauciones para realizar esta operación, como:

- Sólo se pueden eliminar sustancias por medio del efluente que va a la planta de tratamiento de aguas, nunca al sistema de drenaje pluvial.
- La concentración de las sustancias deberá estar limitada a pocos cientos de gramos o mililitros y además deberán diluirse antes de que lleguen a la planta.
- Se debe inspeccionar periódicamente el tipo y las cantidades de sustancias que están eliminando los laboratoristas, es recomendable hacer un muestreo del efluente del drenaje sanitario y analizar su composición, esto para tener un control de las concentraciones de las sustancias desechadas y que sean las permitidas por las regulaciones locales.
- Si algún tipo de sustancia química necesita un tratamiento antes de eliminarlo en el drenaje, se debe establecer un punto de recolección, darle su tratamiento y depositarlo en el drenaje.

### **6.1.1 Eliminación de compuestos orgánicos en el sistema de drenaje.**

Solamente se pueden eliminar por el drenaje compuestos orgánicos considerablemente solubles en agua. Un compuesto es considerablemente soluble en agua si se disuelve al menos en un 3 %, o sea disolver 0.1 mL o 0.1 gr de la sustancia en 3 mL de agua, esto es una prueba de ensayo que se puede hacer en el laboratorio rutinariamente. Las sustancias que cumplan con esta condición pueden ser eliminadas en el drenaje mezclándolas al menos con 100 volúmenes de agua en exceso.

Las sustancias con puntos de ebullición menores de 50 °C, aunque se consideren solubles en agua, no se deben eliminar por este medio, porque pueden causar concentraciones elevadas de vapor; por ejemplo, el éter dietílico puede provocar fuego o peligro de explosión. En cambio el formaldehído (punto de ebullición -21 °C), es una excepción porque se hidrata fácilmente y los vapores no se escapan fácilmente. Tampoco se pueden tirar sustancias con muy mal olor.

El criterio de solubilidad excluye hidrocarburos, hidrocarburos halogenados, nitrocompuestos, mercaptanos y la mayoría de compuestos oxigenados que contienen más de 5 átomos de carbono, estos compuestos no pueden ser depositados en el drenaje. Otras excepciones son las sustancias explosivas como azidas o peróxidos o polímeros solubles en agua que podrían formar geles. (Ver apéndice F)



### **6.1.2 Eliminación de compuestos inorgánicos en el sistema de drenaje.**

Es permitido depositar en el drenaje soluciones diluidas de sales, y que de acuerdo a las tabla G.1 y G.2 del anexo G, el catión y el anión se encuentren en las columnas del lado derecho, si hay algún catión o anión que se encuentre en la columna de la izquierda, no está permitido eliminarlas por este medio, a menos que se encuentren a nivel de trazas. Los ácidos minerales y álcalis fuertes deberán ser neutralizados antes de eliminarlos. (Ver apéndice F)

### **6.1.3 Eliminación de líquidos químico-biológicos en el sistema de drenaje.**

Los laboratorios que manejan rutinariamente agentes infecciosos, sangre o fluidos corporales, pueden generar residuos que combinen cualquiera de estos materiales con sustancias químicas tóxicas. En la mayoría de los casos, este tipo de residuos, pueden ser dispuestos de manera segura en un drenaje sanitario, el cual esté diseñado para aceptar residuos biológicos.

Algunas recomendaciones de la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), indican que se asigne una tarja exclusiva para la eliminación de sangre humana, fluidos corporales y residuos infecciosos. Se recomienda tratar la sangre y fluidos corporales con hipoclorito de sodio (solución acuosa 1:10 de blanqueador casero) antes de vaciarlos al drenaje.

## **6.2 Disposición de residuos en contenedores de basura**

Antes de realizar esta operación, deberán consultarse las regulaciones locales, puesto que los contenedores de basura de los laboratorios, finalmente van a ser vaciados al sistema de recolección municipal de basura. Debe de establecerse una lista de las sustancias químicas; contenidas en ciertos objetos; que pueden ser desechados mediante la basura. Existen sustancias y materiales considerados como no peligrosos que pueden ser dispuestos en los basureros, algunas sustancias químicas de manejo rutinario en el laboratorio son; cloruro de potasio y carbonato de sodio; algunos productos naturales como azúcares y aminoácidos, materiales inertes utilizados en el laboratorio como resinas y geles cromatográficos no contaminados.

A continuación se listan algunas precauciones que deben tomarse:

- debido a que las personas que generalmente vacían los contenedores de basura, no están familiarizadas con las operaciones del laboratorio, no se deben depositar objetos que puedan dañarlos,
- los contenedores de sustancias químicas que van a colocarse en el basurero, deben estar apropiadamente empacados para evitar que se rompan o se dispersen los pedazos,
- si se van a colocar materiales en polvo, éstos deben ser empacados en contenedores cerrados,

- está prohibido depositar líquidos con fluido libre,
- los metales punzantes y material de vidrio roto deben colectarse en contenedores especiales, nunca depositarlos en los basureros normales.

### **6.3 Liberación de sustancias químicas a la atmósfera**

El método de eliminación de vapores a la atmósfera, a través de evaporaciones en sistemas abiertos, o del efluente de la campana de extracción, no es aceptado como un método de disposición de residuos.

Cuando se utilice un equipo para realizar operaciones en las que se espera se liberen vapores, este deberá ser acondicionado con trampas de vapores.

Las campanas de extracción, son la fuente más común en los laboratorios, por medio de la cual se liberan vapores hacia la atmósfera. Estas campanas, están diseñadas como equipo de seguridad para eliminar los vapores en casos de emergencia, pero no deben utilizarse como un medio rutinario de descarga de residuos. Actualmente, la mayoría de las campanas de extracción están acondicionadas con trampas de vapores, por lo que es recomendable implementar programas de mantenimiento preventivo para que se encuentren en condiciones óptimas de trabajo.

### **6.4 Incineración de residuos**

Un incinerador puede ser definido como un sistema cerrado con combustión mediante flama controlada, cuyo principal propósito es destruir térmicamente a los residuos peligrosos. Esta definición diferencia incineración de combustión de residuos principalmente por la recuperación de su valor térmico.

Desde el punto de vista ambiental, la incineración es probablemente el método apropiado para la destrucción de casi todos los compuestos orgánicos, así como para algunas sustancias inorgánicas. Otra ventaja de la incineración es que la cantidad de residuos generados después del proceso, son mínimos y pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios.

Sin embargo, la incineración como opción para el tratamiento de residuos, es una de las alternativas más caras, además de que sus emisiones pueden requerir tratamientos costosos y es difícil obtener permisos para el establecimiento de incineradores comerciales.

#### **6.4.1 Clasificación de los residuos para su incineración**

Los residuos destinados a incineración tienen que ser clasificados y separados de acuerdo al tipo de sustancias químicas presentes. Además como las condiciones de incineración dependen del estado físico de los residuos, se deben clasificar en:

- líquidos orgánicos,
- soluciones acuosas y lodos,
- lodos de aceitosos,

- lodos biológicos, y
- sólidos.

El operador del incinerador también requiere la siguiente información:

- identificación del tipo de sustancias presentes o su clasificación,
- peligrosidad,
- temperatura aproximada de combustión,
- contenido aproximado de cenizas, y
- compatibilidad química con otros residuos.

Toda esta información es de gran ayuda puesto que ya se tiene caracterizado el comportamiento de una gran cantidad de sustancias químicas que son sometidas a procesos de incineración. La mayoría de los residuos que son sometidos a este proceso, pueden ser destruidos completamente (eficiencia del 99,99 %) por oxidación a temperaturas altas. Algunos productos de oxidación como SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl y óxidos metálicos, pueden ser nocivos. La mayor parte de SO<sub>x</sub> es SO<sub>2</sub> con cantidades pequeñas de SO<sub>3</sub>. Los óxidos de nitrógeno se forman de la oxidación del enlace orgánico de nitrógeno, por la descomposición de nitratos inorgánicos y por fijación térmica del nitrógeno atmosférico. Los halógenos presentes en los residuos producen una mezcla de haluros de hidrógeno y halógenos gaseosos. Los compuestos que contienen cloro producen principalmente HCl en lugar de cloro a las temperaturas de incineración. Los derivados metálicos, dependiendo de su volatilidad, pueden formar residuos sólidos o vaporizarse y recondensarse para formar un aerosol. Las emisiones a la atmósfera de estos últimos son aceptables, dependiendo del tipo y cantidad de iones metálicos que están presentes.

### **6.5 Disposición de residuos en cementerios**

Otra de las formas más comunes de eliminar los residuos es a través de cementerios. Un cementerio sanitario es aquel que es operado por el municipio o algún otro organismos, en el cual se lleva a cabo la disposición de residuos municipales y domésticos no peligrosos. Un cementerio seguro, es aquel que cuenta con permisos gubernamentales para recibir y enterrar residuos que han sido definidos como peligrosos.

En comparación con la incineración se presentan las siguientes ventajas.

- Generalmente son muy costosas las pruebas de combustión que se hacen en el laboratorio para determinar las condiciones de incineración.
- El equipo de incineración es muy caro para instalarlo y mantenerlo, por lo tanto es más costoso que poner los residuos en un cementerio.
- Se debe cuidar mucho las emisiones a la atmósfera que provienen de las incineraciones.
- Un cementerio seguro es más accesible para los laboratorios que un incinerador comercial. En la mayoría de los incineradores no aceptan los residuos de

laboratorios debido a la diversidad de sustancias presentes, o porque se manejan volúmenes muy pequeños.

- Las cenizas de los incineradores deberán ser dispuestos finalmente en un cementerio.

Una gran cantidad de sustancias químicas provenientes de los laboratorios pueden recolectarse y depositarse en un cementerio seguro, pero actualmente esta situación ha cambiado significativamente. En muchos países, las regulaciones gubernamentales, acerca de los cementerios, son cada vez más estrictas lo que a provocado que muchos de ellos hayan finalizado sus operaciones. Al mismo tiempo, los espacios disponibles en los cementerios son cada vez más pocos y el costo de disposición se ha incrementado considerablemente.

Muchos de los residuos sólidos que se generan en los laboratorios son considerados como no peligrosos y pueden ser depositados en los cementerios. Algunas de estas sustancias se muestran en la tabla G.3, del anexo G, la única consideración que se debe tomar es tratar de reducir el volumen al máximo. Algunos otros residuos peligrosos pueden mediante un tratamiento en el laboratorio, ser convertidos en sustancias no peligrosas.

## **7 PROCEDIMIENTOS PARA LA DESTRUCCIÓN DE RESIDUOS EN EL LABORATORIO**

Debido a las consideraciones de protección ambiental, prohibiciones en la disposición de residuos en cementerios y al acceso limitado de las sustancias que pueden ser dispuestas en el drenaje, es imperativo que los laboratorios implementen procedimientos químicos para destruir o reducir la naturaleza peligrosa de muchos residuos.

A continuación se describen algunas alternativas en el tratamiento de las sustancias más comúnmente utilizadas en el trabajo analítico.

### **7.1 Compuestos orgánicos**

#### **7.1.1 Hidrocarburos**

En esta clasificación se incluyen alcanos, alquenos, alquinos y arenos, debido a que presentan muy buena ignición, es posible tratarlos mediante la incineración. Se pueden poner también en rellenos sanitarios seguros pero sólo en cantidades pequeñas. Esto se debe a que son insolubles en agua y fácilmente volátiles, solamente trazas de ellos se pueden desechar por el drenaje.

Algunos alquenos, especialmente los cíclicos como el ciclohexeno, pueden formar peróxidos explosivos durante almacenamientos largos en presencia de aire, es conveniente hacerles pruebas de peróxidos y tratarlos adecuadamente para evitar posibles explosiones.

### **7.1.2 Hidrocarburos halogenados**

Comúnmente este tipo de compuestos se utilizan en el laboratorio como disolventes, por ejemplo el cloruro de metileno, cloroformo, tetracloruro de carbono, tetracloroetileno, 1,1,1 tricloroetano, 1,1,2 tricloro,1,2,2 trifluoroetano, clorobenceno, y 1,2 diclorobenceno. Algunos otros son reactivos importantes, por ejemplo cloruro de terbutilo, cloruro de bencilo, bromuro de etilo, yoduro de metilo, bromobenceno, yoduro de metileno, 1,2 dibromoetano. La mayoría de éstos son tóxicos, y algunos son carcinogénicos para animales de laboratorio.

Aquellos que son usados como disolventes pueden ser recuperados por destilación. Su baja solubilidad en agua y su volatilidad son propiedades primordiales que evitan que sean dispuestos en el drenaje, solo se aceptan trazas. Cuando son mezclados con un exceso de disolventes no halogenados, se pueden destruir por incineración, pero se requiere que esté equipado con un "scrubber" para remover el haluro de hidrógeno formado por los gases de combustión.

Los haluros de alquilo en pequeñas cantidades se pueden destruir por hidrólisis con una solución etílica de hidróxido de potasio, este procedimiento es aplicable para la mayoría de alquilos primarios, secundarios y terciarios de cloro, bromo, y yodo. Para todo este tipo de sustancias es conveniente consultar las reacciones típicas de la Química Orgánica, pero únicamente es un pretratamiento porque los residuos de todas estas reacciones se deben mandar a un incinerador o a un relleno sanitario.

Existen otro tipo de compuestos halogenados, son aquellos hidrocarburos que contienen un grupo funcional hidroxilo, carboxilo, tiol, amino, o nitro. Estos pueden ser incinerados, y si no son reactivos, se pueden colocar en un relleno sanitario. En general, los halógenos sustituyentes disminuyen la solubilidad en agua de estos compuestos, pero se pueden hacer pruebas de solubilidad y desecharlos mediante el drenaje.

### **7.1.3 Alcoholes y fenoles**

Los alcoholes son ampliamente utilizados como disolventes y reactivos en el laboratorio. Se pueden incinerar, o quemar como complemento de combustión, o ser depositados en rellenos sanitarios. La mayoría de los alcoholes alifáticos más comunes, son solubles en agua, tienen baja toxicidad, son biodegradados fácilmente, y pueden ser desechados mediante el drenaje.

Los fenoles tienden a ser más tóxicos, irritan la piel y algunos son alergénicos. Pueden ser incinerados o puestos en rellenos sanitarios. Muchos fenoles, principalmente el fenol y derivados monosustituidos pueden ser degradados eficientemente por tratamientos biológicos. Una opción de tratamiento para las soluciones acuosas que contienen bajas concentraciones de fenoles, es pasarlas a través de un lecho de carbón activado, el cual adsorbe los fenoles. Así el carbón activado es mandado a un relleno sanitario. Cantidades pequeñas de fenoles

pueden ser destruidas en el laboratorio con peróxido de hidrógeno en presencia de un catalizador de hierro y el residuo se puede eliminar en el drenaje.

#### **7.1.4 Éteres**

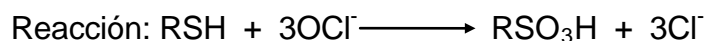
Los monoéteres de cadena abierta, alifáticos o aromáticos, son relativamente no tóxicos, su peligro consiste en su facilidad de ignición. De acuerdo a esto no se recomienda tratarlos en el laboratorio, no se pueden eliminar por el drenaje porque no son suficientemente solubles en agua. Pequeñas cantidades pueden ser evaporadas en una campana (no debe tener flama, superficies calientes u otra fuente de ignición) sólo si el éter está libre de peróxidos o contiene un inhibidor, estas condiciones generalmente la cumplen los éteres comerciales. El dietiléter, puede mezclarse con al menos 10 volúmenes de un disolvente de alto punto de ebullición para así poder incinerarlos.

Algunos éteres como los éteres alquílicos de cadena corta y éteres acéticos de etilen glicol y dietilenglicol (glyme, diglyme, carbitoles, celosolves), son solubles en agua y pueden ser dispuestos en el drenaje, con grandes cantidades de agua.

#### **7.1.5 Tioles**

Pequeñas cantidades de tioles (mercaptanos) pueden ser destruidos mediante oxidación con hipoclorito de sodio hasta obtener ácido sulfónico. Si se tiene la presencia de otros grupos que son susceptibles a oxidación con hipoclorito, la cantidad de esta sustancia se deberá incrementar en la proporción requerida.

##### *7.1.5.1 Procedimiento para oxidar 0.1 mol de un tiol líquido*



En un matraz de 3 bocas de 5L, colocar 500 mL de hipoclorito comercial contiene aproximadamente 5.25 % de hipoclorito de sodio (blanqueador casero), realizar todas las operaciones en una campana de extracción. El matraz deberá estar equipado con un agitador, un termómetro, y un embudo de separación. El tiol (0.1 mol) debe adicionarse gota a gota a la solución de hipoclorito de sodio, con agitación, esta operación se lleva a cabo a temperatura ambiente. Los tioles sólidos pueden ser adicionados gradualmente por alguna de las bocas del matraz, o se pueden disolver previamente en tetrahidrofurano o algún otro disolvente no-oxidable, y adicionar posteriormente la solución al hipoclorito. El uso del tetrahidrofurano, introduce un líquido flamable que puede afectar el procedimiento de disposición final.

Después de que se ha adicionado una pequeña porción de tiol, se inicia la oxidación acompañada de un incremento en la temperatura y la disolución del tiol. Si la reacción no se ha iniciado en forma espontánea después de la adición del 10 % de tiol, se debe detener la adición y calentar la mezcla a 50 °C para iniciar la actividad química.

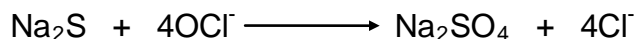
La temperatura debe mantenerse entre 45 y 50 °C, lo cual se puede controlar mediante el volumen de tiorol adicionado o con ayuda de un baño de hielo. Si el pH baja a más de 6 debido a la generación de ácido sulfónico, será necesario adicionar hidróxido de sodio o una cantidad adicional de hipoclorito de sodio. Debe continuarse con la agitación durante 2 horas tiempo en el cual la temperatura deberá disminuir gradualmente hasta temperatura ambiente. La mezcla deberá ser una solución clara, y tal vez contenga trazas de subproductos oleosos. Esta mezcla de reacción puede eliminarse a través del drenaje acompañada de un exceso de agua.

Se puede utilizar hipoclorito de calcio como sustituto del hipoclorito de sodio y se requiere un volumen menor de solución. Para 0.1 mol de tiorol, se requiere poner 42 g de hipoclorito de calcio con 65 % de pureza (grado técnico) en 200 mL de agua, con agitación y a temperatura ambiente. Una vez que se haya disuelto el hipoclorito, se puede iniciar la adición de tiorol como se indicó anteriormente.

#### **7.1.6 Otros compuestos organosulfurados**

Los sulfuros, sulfóxidos, sulfonas, tioamidas, y sulfuros heterocíclicos pueden ser incinerados o dispuestos en rellenos sanitarios. Pequeñas cantidades de sulfuros,  $\text{RSR}'$ , es posible oxidarlas a sulfonas,  $\text{RSO}_2\text{R}'$ , para eliminar su olor desagradable, para este propósito puede ser utilizado el hipoclorito de sodio, sin embargo las sulfonas resultantes generalmente son insolubles en agua y se tienen que separar por filtración.

Cantidades pequeñas de sulfuros inorgánicos como el sulfuro de sodio o de potasio, pueden destruirse en solución acuosa mediante hipoclorito de sodio o calcio, utilizando el mismo procedimiento descrito para la oxidación de tioles. La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



El disulfuro de carbono posee un problema especial, es altamente volátil, altamente tóxico y forma mezclas explosivas o de ignición con el aire, es posible incinerarlo pero debe ser transportado con grandes precauciones. Los contenedores que contengan más de 100 g aproximadamente de disulfuro de carbono pueden causar explosiones en el incinerador. Deberá ser diluido con 10 volúmenes de disolvente de alto punto de ebullición antes de incinerarlo. Debido a su bajo punto de ebullición, toxicidad y olor no puede ser depositado en rellenos sanitarios. Cantidades pequeñas pueden ser destruidas con hipoclorito.

#### **7.1.7 Ácidos carboxílicos**

Para poder incinerarlos, o colocarlos en rellenos sanitarios, se requiere que se encuentren en contenedores de plástico o de vidrio debido a que corroen los

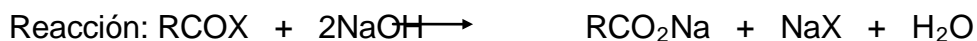
metales. Los ácidos carboxílicos solubles en agua y sus sales de sodio, potasio, calcio y magnesio pueden ser depositados en el drenaje, si las regulaciones locales lo permiten.

Este mismo tratamiento se puede seguir para otros ácidos orgánicos, tales como ácidos sulfónicos, ácidos fosfónicos, borónicos, arsónicos.

### **7.1.8 Haluros de acilo y anhídridos**

Los siguientes compuestos:  $\text{CH}_3\text{COCl}$  ( $\text{RCOX}$ ) y  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}$ , y haluros sulfonílicos tales como  $\text{C}_4\text{H}_9\text{SO}_2\text{Cl}$  ( $\text{RSO}_2\text{X}$ ), y anhídridos como  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$  [ $(\text{RCO})_2\text{O}$ ] reaccionan fácilmente con el agua, alcoholes y aminas, por esto, nunca deben guardarse juntos. No se pueden poner en rellenos sanitarios, pero si se pueden incinerar. La mayoría de los compuestos clasificados dentro de este tipo, pueden ser hidrolizados produciendo sustancias solubles en agua y de baja toxicidad, para así eliminarlos mediante el drenaje.

#### **7.1.8.1 Procedimiento para hidrolizar 0,5 mol de $\text{RCOX}$ , $\text{RSO}_2\text{X}$ o $(\text{RCO})_2\text{O}$**



Colocar en un baño María dentro de una campana de extracción, un matraz de tres bocas de 1 L equipado con un agitador, un embudo de separación y un termómetro, colocar en el matraz 600 mL de una solución acuosa de hidróxido de sodio 2.5 M. Adicionar gota a gota unos mililitros de la sustancia a tratar, si es un sólido, puede adicionarse en pequeñas porciones a través de alguna de las bocas. Si se lleva a cabo la reacción, se observará un aumento en la temperatura y la disolución de la muestra, se debe continuar la adición pero no permitir que la temperatura suba a más de  $45^\circ\text{C}$ . Si no se lleva a cabo la reacción, como suele suceder en el caso de compuestos menos solubles como el cloruro de p-toluensulfonilo, debe calentarse la mezcla antes de seguir adicionando más muestra.

Cuando el material se ha disuelto, continuar la adición gota a gota, cuando se obtenga una solución clara, deberá enfriarse a temperatura ambiente, neutralizarse (pH 7) con ácido clorhídrico o sulfúrico diluido y descargar en el drenaje con un exceso de agua.

### **7.1.9 Otros derivados ácidos, ésteres, amidas, nitrilos**

Es posible incinerarlos o colocarlos en rellenos sanitarios. Dentro de esta clasificación se encuentran la N,N dimetilformamida y N,N dimetilacetamida que pueden ser hidrolizadas por reflujo durante 5 horas con 250 mL de ácido clorhídrico al 36%, por mol de amida, el mismo tratamiento puede ser seguido para la Hexametilfosfamida, que es un carcinógeno potente en pruebas con animales, sólo que requiere 750 mL de ácido por mol de amida.

Es erróneo el hecho de que los nitrilos pueden ser convertidos en sustancias solubles en agua, menos tóxicas por tratamiento con clorato de sodio, sin embargo



este tratamiento es efectivo para cianuros inorgánicos. Los nitrilos pueden ser convertidos en ácidos carboxílicos por reflujo con un exceso de hidróxido de potasio etílico por varias horas o con 250 mL de ácido clorhídrico al 36% por mol de nitrilo por 5-10 horas. El acrilonitrilo es un compuesto altamente tóxico que nunca deberá ser desechado en el drenaje, puede ser hidrolizado por otro método.

### **7.1.10 Aldehídos y cetonas**

Las cetonas, especialmente la acetona y la metil-etil-cetona, son disolventes muy comunes en los laboratorios, muchos aldehídos y cetonas son usados como intermediarios en síntesis orgánicas. La mayoría de ellos pueden ser quemados fácilmente y ser incinerados. Muchos aldehídos son irritantes para el sistema respiratorio, y algunos tales como el formaldehído y acroleína, son bastante tóxicos. Los aldehídos pueden ser oxidados al correspondiente ácido carboxílico, el cual generalmente es menos tóxico y menos volátil, esto se hace con una solución acuosa de permanganato de potasio. El formaldehído generalmente es oxidado a ácido fórmico y dióxido de carbono con hipoclorito de sodio.

La mayoría de las cetonas tienen baja toxicidad y son fácilmente manejables, por lo que no es necesario convertirlas en otras sustancias para su disposición, sin embargo es conveniente su degradación a ácido carboxílico o a aldehído.

#### *7.1.10.1 Procedimiento para la oxidación con permanganato de 0.1 mol de aldehído*



Poner en un matraz bola de 1 L, 100 mL de agua y 0.1 mol de aldehído, el matraz deberá estar equipado con un termómetro, un embudo de separación, agitador un baño María y si el aldehído tiene un punto de ebullición menor a 100 °C, se debe poner un condensador. Adicionar, en un periodo de 10 minutos, 30 mL de una solución de permanganato de potasio que contenga 12.6 g en 250 mL de agua (0,08 mol, 20% de exceso).

Si la temperatura sube arriba de 45 °C, se debe enfriar la solución. Si la adición no se acompaña con el incremento de temperatura, debe iniciarse el calentamiento hasta que se alcance la temperatura, en este momento el color del permanganato debe desaparecer. Adicionar lentamente el resto de la solución de permanganato, sin permitir que la temperatura suba más de 10 °C. Al final de la adición, la temperatura deberá estar entre 70 y 80 °C, continuar la agitación durante 1 hora o hasta que desaparezca el color púrpura. La mezcla debe enfriarse a temperatura ambiente y acidificarla con ácido sulfúrico 6N.

Adicionar suficiente sulfito ácido de sodio en forma sólida (al menos 8.3 g, 0.08 mol) con agitación a una temperatura de 20 a 40 °C para reducir todo el manganeso. Finalmente esta mezcla puede eliminarse mediante el sistema de drenaje diluyéndola con grandes cantidades de agua.

Si el aldehído a tratar, presenta un doble enlace carbono-carbono, como en el caso de la acroleína, se requieren 4 mol (20 % de exceso) de permanganato de potasio por mol de aldehído para oxidar el enlace alqueno y el grupo aldehído.

### **7.1.11 Aminas**

Las aminas alifáticas y aromáticas son usadas principalmente como intermediarias en síntesis orgánicas. Algunas aminas terciarias, como la piridina y la trietilamina, son usadas como disolventes o catalizadores. Pueden ser incineradas o depositadas en un relleno sanitario. No deben de mezclarse con residuos ácidos.

Las aminas aromáticas son compuestos relativamente tóxicos, pues destruyen la capacidad acarreadora de oxígeno de la hemoglobina, este tipo de aminas, pueden ser degradadas con permanganato de potasio acidificado.

## **7.2 Compuestos inorgánicos**

La mayoría de los residuos inorgánicos están formados de un catión (metal o átomo metaloide) y un anión (el cual puede contener o no un componente metaloide). En el plan de disposición de estas sustancias, es necesario determinar si éstas presentan niveles suficientemente bajos de peligrosidad para que sean colocados en rellenos sanitarios (según la reglamentación local), o en el sistema de drenaje.

### **7.2.1 Compuestos en los cuales el anión y el catión no presentan peligrosidad significativa**

Estos compuestos están formados de iones de las columnas de la derecha de las tablas G.1 y G.2 del apéndice G. Generalmente pueden ser desechados mediante el drenaje, pero sólo cantidades a nivel laboratorio, que además se deben mezclar con por lo menos 100 partes de agua por cada parte del compuesto a eliminar. De cualquier manera se deben revisar las regulaciones locales para consultar los niveles máximos de concentración de ciertos elementos, por ejemplo el cobre. Algunos lodos diluidos de materiales insolubles, tales como el sulfato de calcio u óxido de aluminio, también pueden ser dispuestos de esta manera, siempre y cuando se vaya dosificando en pequeñas porciones y que no esté contaminado con alquitran, lo cual podría ocasionar obstrucciones en las tuberías. Algunos incineradores pueden tratar este tipo de compuestos. Si no son posibles ninguna de las opciones anteriores se pueden mandar a un cementerio. antes de mandar un lodo acuoso a un cementerio, deberá evaporarse el agua, y solamente depositar el residuo seco.

Otra alternativa es precipitar el ión metálico por el agente recomendado en la tabla G.1, y mandar el precipitado al un cementerio. El procedimiento más comúnmente utilizado es precipitar el catión como hidróxido ajustando el pH adecuadamente.

### **7.2.2 Precipitación de cationes en sus correspondientes hidróxidos**

Debido a los amplios intervalos de pH en los que se presenta la precipitación de iones metálicos, este parámetro se considera crítico y debe controlarse adecuadamente.

La solución acuosa del ión metálico debe ajustarse al pH recomendado (Tabla G.4, apéndice G), esto se puede hacer con ayuda de una solución de ácido sulfúrico 1 M, o hidróxido o carbonato de sodio 1 M. Para este fin, es suficiente realizar las mediciones de pH con un papel pH.

El precipitado se separa por filtración, o como un lodo pesado mediante decantación, posteriormente es empacado para su disposición final. Existen algunos hidróxidos gelatinosos que son difíciles de filtrar, en este caso, se recomienda aplicar calentamiento hasta cerca de 100°C, o agitar la mezcla con tierras diatomáceas (aproximadamente de 1 a 2 veces el peso del precipitado), con esta operación, se facilita el proceso de filtración.

### **7.2.3 Compuestos en los cuales se presenta un catión con un nivel relativamente alto de toxicidad**

En general, todos los compuestos que contengan alguno de los cationes de la columna de altamente peligrosos de la tabla G.1, pueden ser precipitados como sus hidróxidos u óxidos. En forma alternativa, muchos de ellos pueden precipitarse como sulfuros insolubles mediante el tratamiento con sulfuro de sodio en una solución neutra (tabla G.4, apéndice G). Algunos sulfuros se redissuelven en presencia de un exceso de iones sulfuro, por lo que es importante que la concentración de iones sulfuro sea controlada ajustando el pH al punto neutro, con ácido sulfúrico 1 M. El precipitado se separa por filtración o decantación y se empaca para su disposición final. El exceso de iones sulfuro, pueden ser destruidos adicionando hipoclorito de sodio a la solución acuosa restante de color claro.

Otra opción es mandar este tipo de compuestos a un incinerador, pero tomando en cuenta que después, las cenizas resultantes, deberán mandarse a un cementerio. Los residuos que contienen mercurio, talio, galio, osmio, selenio o arsénico no deberán ser incinerados porque se forman productos tóxicos volátiles de la combustión.

### **7.2.4 Compuestos en los cuales un anión presenta un nivel alto de peligro**

En la tabla G.2 del anexo G, se encuentran listados los aniones peligrosos más comunes. La mayoría de los comentarios hechos previamente acerca de la disposición de cationes peligrosos, se aplica a este tipo de aniones. El peligro asociado con algunos de estos aniones es su reactividad y su potencial para explotar, esto hace que estos residuos no puedan ser colocados en un cementerio. La mayoría de estos compuestos pueden ser incinerados, los agentes oxidantes e hidruros, solo pueden introducirse a los incineradores, si se encuentran dentro de

contenedores que no tengan más de algunos cientos de gramos. Las cenizas de aniones de cromo o manganeso deberán ser transferidos a un cementerio seguro.

Algunos de estos aniones pueden ser precipitados como sales insolubles y depositarlas en un cementerio, como se indica en la tabla G.2. Cantidades pequeñas de agentes altamente oxidantes como: hidruros, cianuros, azidas, metalamidas, y sulfuros o fluoruros solubles pueden ser convertidos en sustancias menos peligrosas, dentro del laboratorio, antes de llevarlas al relleno sanitario.

#### 7.2.4.1 Agentes oxidantes

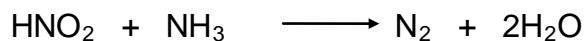
Los cloratos (I), cloratos (V), bromatos, yodatos(V), yodatos (VII), peróxidos inorgánicos e hidroperóxidos, sulfatos, cromatos, molibdatos y manganatos pueden ser reducidos con sulfato ácido de sodio.

Ajustar el pH a menos de 3 con ácido sulfúrico, a una solución diluida, o suspensión de una sal que contenga alguno de estos aniones. Adicionar lentamente y con agitación una solución de sulfito ácido de sodio, hasta un exceso del 50 %. Si se observa un incremento en la temperatura, significa que se está llevando a cabo la reacción. Si la reacción no inicia después de haber adicionado un 10 % del sulfito, debe verificarse que el pH se encuentre a menos de 3. Los aniones con coloración (permanganato y cromato), tienen la ventaja de que se observa el fin de la reacción de reducción cuando su color desaparece. Las mezclas reducidas, pueden eliminarse por medio del drenaje. Sin embargo, si se reducen grandes cantidades de permanganato, es necesario transferir el dióxido de manganeso a un cementerio seguro. También se debe tomar en cuenta que nunca se deben descargar sales de cromo en el drenaje sanitario.

El ácido nítrico, que es un reactivo comúnmente utilizado en los laboratorios, deberá ser neutralizado con hidróxido de sodio acuoso antes de desecharlo por el drenaje, si se encuentra concentrado, deberá diluirse antes de su neutralización.

Los nitratos de metales, generalmente son solubles en agua, si se presenta alguno de los metales listados en la tabla G.1 como de cationes de baja peligrosidad, así como el nitrato de amonio, deberán almacenarse separado de aceite o de otros materiales orgánicos porque con el calor, puede producirse fuego o explosión.

Los nitritos en solución acuosa, pueden destruirse por la adición de un exceso (50 %) de una solución acuosas de hidróxido de amonio y acidificando con ácido clorhídrico a un pH de 1, la reacción que se lleva a cabo es:



#### 7.2.5 Hidruros metálicos

La mayoría de estos compuestos reaccionan violentamente con el agua, con producción de hidrógeno, el cual puede formar una mezcla explosiva con el aire. Algunos como el hidruro de sodio y el hidruro de litio-aluminio son pirofóricos. La

mayor cantidad de este tipo de compuestos, pueden ser descompuestos por adición gradual de metanol, etanol, alcohol butílico o terbutílico con agitación, a una solución enfriada o a una suspensión del hidruro en un material inerte como el éter dietílico, tetrahidrofurano o tolueno, bajo atmósfera de nitrógeno. A pesar de que este procedimiento disminuye la peligrosidad, los productos de esta desactivación pueden ser un residuo peligroso y por lo tanto se deben tomar las precauciones necesarias en su disposición.

Los hidruros más comúnmente usados en el laboratorio son el hidruro de litio-aluminio, borohidruro de sodio, hidruro de sodio, hidruro de potasio e hidruro de calcio. A continuación se describen algunos métodos para el tratamiento de los hidruros, y se podrá observar que la de los hidruros metálicos varía considerablemente de uno a otro.

#### 7.2.5.1 Descomposición de hidruros de litio-aluminio

El hidruro de litio-aluminio ( $\text{LiAlH}_4$ ) puede adquirirse comercialmente en forma sólida o como una solución en tolueno, dietil éter, tetrahidrofurano o algún otro éter. Se utiliza con mucha frecuencia el procedimiento de adicionar agua gota a gota a una solución de hidruros, bajo atmósfera de nitrógeno, más sin embargo se presenta una generación vigorosa de espuma. Una alternativa es utilizar etanol al 95 %, el cual reacciona menos violento que el agua.

Un procedimiento seguro, es la descomposición del hidruro con etil acetato, esto es porque no se forma hidrógeno, la reacción que se lleva a cabo es:



Se coloca en un matraz con agitación, la solución de hidruro, se adiciona lentamente el acetato de etilo. Esta mezcla algunas veces se hace viscosa después de la adición y se dificulta la agitación, por lo que se requiere de una adición extra de disolvente. Cuando la reacción ha terminado, se adiciona una solución acuosa saturada de cloruro de amonio. La mezcla se separa en una fase orgánica y una acuosa, esta última contiene sólidos inertes inorgánicos. La fase orgánica superior, deberá separarse y disponerse como un líquido flamable. La fase acuosa puede descargarse en el drenaje sanitario.

#### 7.2.5.2 Descomposición de hidruros de sodio o potasio

El hidruro de sodio o potasio ( $\text{KH}$ ,  $\text{NaH}$ ) en estado sólido es considerado como pirofórico, pero pueden adquirirse comercialmente en forma de dispersión en un aceite mineral. Cualquiera de las dos formas puede descomponerse mediante la adición de una cantidad suficiente de un hidrocarburo seco (por ejemplo, heptano), para reducir la concentración de hidruro a menos del 5 %, posteriormente se adiciona un exceso de alcohol t-butílico gota a gota, bajo atmósfera de nitrógeno, y con agitación continua. Se adiciona agua fría gota a gota, observándose la formación de dos fases. La fase orgánica puede ser dispuesta como líquido

flamable. La fase acuosa puede ser neutralizada y desechada en el drenaje sanitario.

#### *7.2.5.3 Descomposición de borohidruro de sodio*

El borohidruro de sodio, reactivo que se utiliza en absorción atómica con el generador de hidruros, es estable en solución acuosa de hidróxido de sodio al 12%, el cual puede adquirirse comercialmente.

Para su descomposición, el sólido, o la solución acuosa se combina con suficiente agua para hacer una solución de borohidruro de sodio de menos de 3%, y después se agrega un exceso de una solución acuosa de ácido acético gota a gota con agitación bajo atmósfera de nitrógeno.

#### *7.2.5.4 Descomposición de hidruro de calcio*

El hidruro de calcio ( $\text{CaH}_2$ ), es el menos reactivo de los materiales que han sido discutidos en esta sección, esta sustancia puede ser adquirido en forma de polvo. Se descompone mediante la adición de 25 mL de alcohol metílico por gramo de hidruro, esto se realiza bajo una atmósfera de nitrógeno y con agitación continua. Cuando la reacción ha concluido, se adiciona gradualmente un volumen igual de agua al lodo formado de metóxido de calcio. Esta mezcla es neutralizada posteriormente con ácido y dispuesta en el drenaje sanitario.

#### *7.2.5.5 Descomposición de Sulfuros inorgánicos*

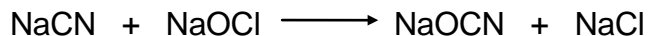
Se pueden destruir pequeñas cantidades de sulfuro de sodio o de potasio en solución acuosa, adicionando hipoclorito de sodio o de calcio.

#### *7.2.5.6 Descomposición de Fluoruros inorgánicos*

El más común es el ácido fluorhídrico, y es recomendable conocer sus propiedades y cuidados de manejo antes de trabajar con él, ya que puede causar serias quemaduras. Los residuos de ácido fluorhídrico se pueden tratar con una solución saturada de cal inactiva para precipitar el fluoruro de calcio, el cual es químicamente inerte y no es tóxico. Si no son producidos más de 100 g de fluoruro de calcio, la suspensión puede ser eliminada por el drenaje, cantidades más grandes deben ser separadas y mandadas a un cementerio.

#### *7.2.5.7 Descomposición de Cianuros inorgánicos*

Los cianuros inorgánicos pueden ser oxidados a cianato utilizando una solución acuosa de hipoclorito, siguiente un procedimiento similar para la oxidación de tioles. El ácido cianhídrico puede transformarse a cianuro de sodio por neutralización con una solución acuosa de hidróxido de sodio, y posteriormente se realiza la oxidación. La reacción que se desarrolla en el procedimiento de oxidación de cianuro es:



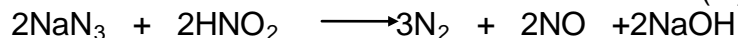
En un matraz de tres bocas, equipado con un agitador, termómetro y un embudo de separación, colocar la solución acuosa o la sal de cianuro, enfriar a una temperatura de 4 a 10 °C. Adicionar lentamente un exceso del 50% de una hipoclorito de sodio (blanqueador casero, contienen 5.25 % de hipoclorito de sodio, 0.75M), debe de aplicarse agitación en forma continua y mantener la temperatura baja. Cuando se concluye la adición y no se observa incremento en la temperatura, dejar que la solución alcance la temperatura ambiente y dejarla en reposo por varias horas. Esta mezcla puede ya ser descargada en el drenaje sanitario.

Este mismo procedimiento puede aplicarse a cianuros inorgánicos, como el cianuro cuproso (las sales de cobre no pueden descargarse en el drenaje sanitario). También puede aplicarse al ácido cianhídrico, el cual es soluble en agua fría, se adiciona un equivalente molar de una solución acuosa de hidróxido de sodio a una temperatura entre 4 y 10 °C para convertir el ácido cianhídrico en su sal de sodio, a partir de aquí se puede continuar con el procedimiento descrito para cianuros inorgánicos.

Los ferrocianuros y ferricianuros solubles, pueden destruirse de esta misma manera, otra alternativa para tratarlos, es mediante la precipitación como sales férricas o ferrosas y posteriormente mandarlas a un cementerio.

### **7.2.6 Descomposición de Azidas metálicas**

Las azidas de metales pesados son altamente explosivas y deberán ser manejadas únicamente por personal con entrenamiento especial. La azida de sodio es explosiva solamente si se calienta cerca de su temperatura de descomposición (300 °C). La azida de sodio, debe nunca de desecharse por el drenaje, porque reacciona con el plomo y el cobre de las tuberías, para producir azidas explosivas. La azida de sodio puede ser destruida mediante su reacción con ácido nitroso(III):



Para proceder con la destrucción de la azida de sodio, esta operación debe realizarse en una campana de extracción debido a la formación de óxido nítrico altamente tóxico. En un matraz de 3 bocas, equipado con agitador y un embudo de separación, se adiciona una solución acuosa de azida de sodio que no contenga más del 5 % de esta sustancia. Se adicionan 7 mL de una solución acuosa de nitrito de sodio al 20% por gramo de azida de sodio. Posteriormente se adiciona, gradualmente, una solución acuosa de ácido sulfúrico al 20% hasta que la solución sea ácida (con papel litmus). Cuando la producción de óxido de nitrógeno termine, la solución ácida deberá probarse con un papel de almidón/yoduro, si se pone azul, existe un exceso de nitrito, y la descomposición ha terminado. Esta mezcla de reacción puede descargarse en el drenaje.

**APÉNDICE A****SUSTANCIAS REACTIVAS CON EL AGUA**

La lista de este apéndice muestra los reactivos químicos más comúnmente utilizados en el laboratorio, que reaccionan violentamente con el agua y que siempre deberán ser almacenados y manipulados de tal manera que no entren en contacto con el agua líquida o en estado de vapor. Este tipo de sustancias no deben ser depositadas en rellenos sanitarios, debido a sus características reactivas. Hay algunos procedimientos químicos para descomponerlos, algunos de ellos ya se trataron anteriormente.

METALES ALCALINOS

HIDRUROS ALCALINOS DE METAL

AMIDAS ALCALINAS DE METAL

ALCALIS METÁLICOS, COMO LOS ÁLCALIS DE LITIO Y ALUMINIO

REACTIVOS DE GRIGNARD

HALUROS NO METÁLICOS, COMO  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{S}_2\text{Cl}_2$

ÁCIDOS DE HALUROS INORGÁNICOS, COMO  $\text{POCl}_3$ ,  $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ .

ANHÍDRIDOS DE HALUROS METÁLICOS, COMO  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{ZrCl}_4$ ,  $\text{SnCl}_4$

ÓXIDOS DE FÓSFORO (V)

CARBURO DE CALCIO

HALUROS DE ÁCIDO ORGÁNICOS Y ANHÍDRIDOS DE BAJO PESO MOLECULAR



## APÉNDICE B

### SUSTANCIAS FORMADORAS DE PERÓXIDOS

La mayoría de los compuestos comunes del laboratorio pueden formar peróxidos en presencia del oxígeno atmosférico. La simple operación de abrir el contenedor para usar una parte del contenido puede introducir suficiente aire para que se lleve a cabo la formación de peróxidos. Algunos compuestos forman peróxidos que son violentamente explosivos en solución concentrada o como sólidos.

Este apéndice provee un listado de las características estructurales de compuestos orgánicos que pueden peroxidizarse y de algunos materiales inorgánicos comunes que forman peróxidos. La tabla está elaborada en orden decreciente de peligrosidad. Este apéndice, también provee ejemplos específicos de los compuestos más comunes que pueden originar peligros de formación de peróxido. Se sugieren tiempos límites de retención o prueba de esos compuestos después de que ha sido abierto el recipiente. Por esta razón es muy conveniente anotar en el recipiente la fecha en que fue abierto.

La tabla B.1 proporciona ejemplos de sustancias comunes en el laboratorio que pueden formar peróxidos al exponerlos al aire. Cualquier compuesto que tenga en su composición alguna de las estructuras dadas en la tabla B.2 deberá de ser analizada para detectar la presencia de peróxidos antes de ser usados como disolventes o que sean destilados. La fecha de retención recomendada empieza con la fecha de síntesis o cuando se abre el recipiente original.

TABLA B.1 TIPOS DE SUSTANCIAS QUE PUEDEN FORMAR PERÓXIDOS

ESTRUCTURAS ORGÁNICAS
Éteres y cetales con átomos de hidrógeno alfa Olefinas con átomos de hidrógeno alílicos Cloroolefinas y fluoroolefinas Haluros vinílicos, ésteres y éteres Dienos Vinilacetilenos con átomos de hidrógeno alfa Alquilacetilenos con átomos de hidrógeno alfa Alquilarenos que contienen átomos de hidrógeno terciarios Acrilatos y metacrilatos Alcoholes secundarios Cetonas que contienen átomos de hidrógeno alfa Aldehídos Ureas, amidas y lactamas que tienen un átomo de hidrógeno enlazado a un carbono junto a un átomo de nitrógeno.
SUSTANCIAS INORGÁNICAS
Metales alcalinos, especialmente potasio, rubidio y cesio Amidas metálicas Compuestos organometálicos con un átomo metálico unido a un carbono Alcóxidos metálicos

**TABLA B.2 SUSTANCIAS FORMADORAS DE PERÓXIDO MAS COMUNES**

<b>Severo Peligro De Producción De Peróxido Durante El Almacenamiento Con Exposición Al Aire. Desechar En 3 Meses</b>	
Éter diisopropílico Divinilacetileno <sup>a</sup> Potasio metálico	Amida de sodio (sodamida) Cloruro de vilideno (1,1-Dicloroetileno) <sup>a</sup> Amida de potasio
<b>Peligro De Peróxido En Concentración: No Destilar O Evaporar Sin Hacer Antes La Prueba De Perdidos: Desechar O Probar Para Perdidos Después De 6 Meses.</b>	
Dietil acetaldehido (acetal) Cumeno (Isopropilbenceno) Ciclohexeno Ciclopenteno Decalin (decahidronaftaleno) Diciclopentadieno Dietil éter Dietilenglicol dimetil éter (diglime) Dioxan/Dioxolan Diacetileno	Dimetil etilen glicol éter (GLYME) Éter acetico etilen glicol Etilen glicol monoéteres (CELLOSOLVES) Furano Metilacetileno Metil isobutil cetona Tetrahidrofurano Tetralin (tetrahidronaftaleno) Éteres vinílicos <sup>a</sup> Metilciclopentano
<b>Peligro De Polimerización Rápida, Iniciada Por Formaciones Internas De Peróxidos</b>	
<b>Lista A. Líquidos normales: DESECHAR O HACER PRUEBA DE PERÓXIDOS DESPUÉS DE 6 MESES</b>	
Cloropreno (2-clor-1,3 butadieno) <sup>c</sup> Estireno	Acetato de vinilo Vinilpiridina
<b>Lista B. Gases normales: DESECHAR DESPUÉS DE 12 MESES<sup>d</sup></b>	
Butadieno Tetrafluoroetileno	Vinilacetileno Cloruro de vinilo

<sup>a</sup> Los monómeros pueden polimerizarse y deberán ser almacenados con un inhibidor de polimerización del cual se puede separar el monómero por destilación antes de su uso.

<sup>b</sup> Los monómeros acrílico más comunes tales como el acrilonitrilo, ácido acrílico, acrilato de etilo y metacrilato de metilo pueden formar peróxidos, no se ha reportado que desarrollen niveles peligrosos en el uso y almacenamiento normal.

<sup>c</sup> El peligro de la formación de peróxido en estos compuestos es substancialmente grande cuando son almacenados en fase líquida. Si se almacenan en esta forma, sin inhibidor, deberán ser incluidos en la lista A.

<sup>d</sup> El aire no puede entrar en un cilindro de gas, en el cual los gases se encuentran bajo presión, estos gases algunas veces son transferidos del cilindro original a otro en el laboratorio, y es muy difícil estar seguros de que no hay aire residual en el cilindro receptor. Se debe poner un inhibidor en el segundo cilindro antes de transferir la sustancia. El peligro que poseen estos gases se ve incrementado si hay una fase líquida en el segundo contenedor. Aún, los gases inhibidos que se han puestos en contenedores secundarios bajo condiciones que pudieran crear una fases líquida, deberán desecharse en 12 meses.

---

---

## APÉNDICE C

### SUSTANCIAS PIROFORICAS

Muchos componentes del siguiente listado se encuentran dentro de las sustancias comúnmente utilizadas en el laboratorio y que pueden sufrir de ignición espontánea con el aire, por lo que se deben tomar en cuenta las siguientes precauciones.

Los compuestos pirofóricos deberán ser almacenados en contenedores herméticamente cerrados bajo una atmósfera inerte, también todas las manipulaciones que se hagan con ellos deberán ser en este tipo de atmósfera. No pueden ser puestos en rellenos sanitarios, debido a su reactividad.

---

---

REACTIVOS DE GRIGNARD,  $RMgx$   
ALQUILOS METÁLICOS Y ARILOS, COMO  $RLi$ ,  $RNa$ ,  $R_3Al$ ,  $R_2Zn$   
CARBONILOS METÁLICOS, COMO  $Ni(CO)_4$ ,  $Fe(CO)_5$ ,  $Co_2(CO)_8$   
ÁLCALIS METÁLICOS COMO  $Na$ ,  $K$   
METALES COMO,  $Al$ ,  $Co$ ,  $Fe$ ,  $Mg$ ,  $Mn$ ,  $Pd$ ,  $Pt$ ,  $Ti$ ,  $Sn$ ,  $Zn$ ,  $Zr$ .  
HIDRUROS DE METAL COMO  $NaH$ ,  $LiAlH_4$   
HIDRUROS NO METÁLICOS COMO  $R_3B$ ,  $R_3P$ ,  $R_3As$   
FÓSFORO (BLANCO)

## APÉNDICE D

**COMBINACIONES DE SUSTANCIAS POTENCIALMENTE EXPLOSIVAS**

La siguiente tabla, lista algunas combinaciones de reactivos comunes en el laboratorio que pueden producir explosiones.

Acetona con cloroformo en presencia de una base  
Acetileno con cobre, plata, mercurio y sus sales  
Amonia (Incluyendo soluciones acuosas) con cloro, bromo y yodo  
Disulfuro de carbono con azida de sodio  
Cloruro con un alcohol  
Cloroformo o tetracloruro de carbono con Al o Mg  
Carbón decolorizante con un agente oxidante  
Dietil eter con cloro (Incluyendo el cloro de la atmósfera)  
Dimetil sulfóxido con un haluro acílico,  $\text{SOCl}_2$ , o  $\text{POCl}_3$  o con  $\text{CrO}_3$   
Etanol con clorato (I) de calcio o nitrato (V) de plata  
Ácido Nítrico (V) con anhídrido acético o ácido acético  
Ácido pícrico con sales de metales pesados, como Pb, Hg o Ag  
Óxido de plata con amonia con etanol  
Sodio con hidrocarburo clorado  
Clorato de sodio con una amina

## APÉNDICE E

### SUSTANCIAS QUÍMICAS INCOMPATIBLES

El término "incompatibles" se refiere a sustancias que pueden reaccionar con otras violentamente; con producción de calor; o producción de sustancias flamables o productos tóxicos. Las sustancias incompatibles no deberán colocarse en un mismo recipiente. Una guía para la separación de las sustancias incompatibles más comúnmente utilizadas en el laboratorio se presentan en las tablas E.1 y E.2. La tabla E.1 contiene las clases generales de los compuestos que deben ser colocados por separado. La Tabla E.2 lista compuestos específicos que pueden reaccionar peligrosamente. Las sustancias de cada grupo en las columnas A y B de cada tabla deberán colocarse separadamente.

**Tabla E.1 CLASES GENERALES DE SUSTANCIAS QUÍMICAS INCOMPATIBLES.**

Columna A. Ácidos y agentes oxidantes <sup>a</sup>	Columna B. Bases, metales y agentes reductores <sup>a</sup>
Cloratos (VI) Cromatos (VI) óxido de cromo (VI) Halógenos/agentes halogenantes Peróxido de hidrógeno Manganatos (VII) Ácido nítrico (V)/ Nitratos (V) Peróxidos Sulfatos (VII)	Amonia, anhídridos y acuosos Carbón Metales Hidruros metálicos Nitratos (III) Compuestos orgánicos en general Fósforo Silicio Azufre

<sup>a</sup> Los ejemplos de agentes oxidantes y reductores son representantes de las sustancias químicas de uso común en el laboratorio. Esta lista no pretende ser exhaustiva.

TABLA E.2. SUSTANCIAS QUÍMICAS ESPECÍFICAS INCOMPATIBLES

COLUMNA A	COLUMNA B
Acetileno, Actilenos Monosustituídos	Metales De Los Grupos IB Y IIB Y Sus Sales
Amoniaco, Anhídrido Y Acuoso	Halógenos/Agentes Halogenantes
	Halógenos/ Agentes Halogenantes
	Mercurio
	Plata
Álcalis Y Tierras Alcalinas	Agua
Carburos	Ácidos
Hidruros	Compuestos orgánicos halogenados
Hidróxidos	Agentes halogenantes
Metales	Agentes oxidantes <sup>a</sup>
Azidas Inorgánicas	Ácidos
	Metales pesados y sus sales
	Agentes Oxidantes <sup>A</sup>
Cianuros Inorgánicos	Ácidos / Bases Fuertes
Mercurio Y Sus Amalgamas	Acetileno
	Amoniaco, Anhídrido Y Acuoso
	Ácido Nítrico
	Azida De Sodio
Nitratos Inorgánicos	Acidos
	Agentes Reductores <sup>A</sup>
Ácido Nítrico	Bases
	Ácido Crómico
	Cromatos
	Metales
	Manganatos
	Agentes Reductores <sup>a</sup>
	Sulfuros
	Ácido Sulfúrico
Nitratos Inorgánicos	Ácidos
	Agentes Oxidantes <sup>a</sup>
Compuestos Orgánicos	Agentes Oxidantes <sup>a</sup>
Haluros Acíclicos Orgánicos	Bases
	Compuestos Orgánicos Hidroxi Y Amino
Anhídridos Orgánicos	Bases
	Compuestos Orgánicos Hidroxi Y Amino
Compuestos Orgánicos Halogenados	Metales De Los Grupos IA Y IIA
	Aluminio
Compuestos Nitro Orgánicos	Bases Fuertes
Ácido Oxálico	Mercurio Y Sus Sales
	Plata Y Sus Sales
Fósforo	Agentes Oxidantes <sup>a</sup>
	Oxígeno
	Bases Fuertes



Pentóxido De Fósforo	Alcoholes
	Bases Fuertes
	Agua
Sulfuros Inorgánicos	Ácidos
Ácido Sulfúrico (Concentrado)	Bases
	Manganato De Potasio
	Agua

<sup>a</sup> Ver lista de ejemplos en la tabla E.1



## APÉNDICE F

### GUÍA PARA LA DISPOSICIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL DRENAJE SANITARIO

La siguiente lista comprende compuestos que son posibles desechar a través del drenaje agregando un exceso de agua a cantidades que superen los 100 gramos. Sin embargo, deben ser consultadas las regulaciones locales para este tipo de compuestos antes de realizar esta operación. Los compuestos de esta lista son solubles en agua al menos en un 3% y presentan bajo peligro de toxicidad. Los compuestos orgánicos de esta lista son biodegradables.

***TABLA F.1 SUSTANCIAS QUÍMICAS ORGÁNICAS E INORGÁNICAS QUE PUEDEN SER DESECHADAS MEDIANTE EL DRENAJE SANITARIO.***

<b>A. SUSTANCIAS QUÍMICAS ORGÁNICAS</b>	
Alcoholes	<ul style="list-style-type: none"> <li>alcanoles con menos de 5 átomos de carbono</li> <li>alcohol ter-amílico</li> <li>alcanodioles con menos de 8 átomos de carbono</li> <li>glicerol</li> <li>azúcares y alcoholes de azúcar</li> <li>alcoxialcanoles con menos de 7 átomos de carbono</li> <li><math>n\text{-C}_4\text{H}_9\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}</math></li> <li>2-cloroetanol</li> </ul>
Aldehídos	<ul style="list-style-type: none"> <li>aldehídos alifáticos con menos de 5 átomos de carbono</li> </ul>
Amidas	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{RCONH}_2</math> Y <math>\text{RCONHR}</math> con menos de 5 átomos de carbono</li> <li><math>\text{RCONR}_2</math> con menos de 11 átomos de carbono</li> </ul>
Aminas <sup>a</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>aminas alifáticas con menos de 7 átomos de carbono</li> <li>diaminas alifáticas con menos de 7 átomos de carbono</li> <li>bencilamina</li> <li>piridina</li> </ul>
Ácidos carboxílicos <sup>a</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ácidos alcanóicos con menos de 6 átomos de carbono</li> <li>ácidos alcanodioicos con menos de 6 átomos de carbono</li> <li>ácidos hidroxialcanoicos con menos de 6 átomos de carbono</li> <li>ácidos aminoalcanoicos con menos de 7 átomos de carbono</li> <li>sales de amonia, sodio y potasio de los ácidos anteriores con menos de 21 átomos de carbono</li> <li>ácidos cloroalcanodioicos con menos de 4 átomos de carbono.</li> </ul>

***TABLA F.1 (CONTINUACIÓN)***

**A. SUSTANCIAS QUÍMICAS ORGÁNICAS****Ésteres**

ésteres con menos de 5 átomos de carbono  
isopropil acetato

**Éteres**

tetrahidrofurano  
dioxolano  
dioxano

**Cetonas**

cetonas con menos de 6 átomos de carbono

**Nitrilos**

acetonitrilos  
propionitrilos

**Ácidos sulfónicos**

Sales de sodio y potasio

**B. SUSTANCIAS QUÍMICAS INORGÁNICAS****Cationes**

Al (III)  
Ca (II)  
Cu (II)  
Fe (II), (III)  
H  
Li  
Mg  
Na  
NH (IV)  
Sn (II)  
Sr  
Ti (III), (IV)  
Zn (II)

**Aniones**

$\text{BO}_3^{3-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$   
Br-  
 $\text{CO}_3^{2-}$   
Cl-  
 $\text{HSO}_3^-$   
OH-  
I-  
 $\text{NO}_3^-$   
 $\text{PO}_4^{3-}$   
 $\text{SO}_4^{2-}$   
SCN-

## APÉNDICE G

TABLA G.1 TOXICIDAD RELATIVA DE CATIONES Y PRECIPITANTES PRINCIPALES

CATIONES ALTAMENTE PELIGROSOS	PRECIPITANTE S <sup>a</sup>	CATIONES DE BAJO PELIGRO	PRECIPITANTE S
Antimonio	OH-, S <sup>2-</sup>	Aluminio	OH-
Arsénico	S <sup>2-</sup>	Bismuto	OH-, S <sup>2-</sup>
Bario	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Calcio	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Berilio	OH-	Cerio	OH-
Cadmio	OH-, S <sup>2-</sup>	Cesio	
Cromo(III) <sup>b</sup>	OH-	Cobre <sup>c</sup>	OH-, S <sup>2-</sup>
Cobalto (II)	OH-, S <sup>2-</sup>	Oro*	OH-, S <sup>2-</sup>
Galio	OH-	Fierro <sup>c</sup>	OH-, S <sup>2-</sup>
Germanio	OH-, S <sup>2-</sup>	Lantánidos	OH-
Hafnio	OH-	Litio	
Indio	OH-, S <sup>2-</sup>	Magnesio	OH-
Iridio*	OH-, S <sup>2-</sup>	Molibdeno (VI) <sup>b,d</sup>	
Plomo	OH-, S <sup>2-</sup>	Niobio (V)	OH-
Manganeso (II) <sup>b</sup>	OH-, S <sup>2-</sup>	Paladio*	OH-, S <sup>2-</sup>
Mercurio	OH-, S <sup>2-</sup>	Potasio	
Níquel	OH-, S <sup>2-</sup>	Rubidio	
Osmio (IV) <sup>b,e</sup>	OH-, S <sup>2-</sup>	Escandio	OH-
Platino (II) <sup>b</sup>	OH-, S <sup>2-</sup>	Sodio	
Renio (VII) <sup>b</sup>	S <sup>2-</sup>	Estroncio	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Rodio (III) <sup>b</sup>	OH-, S <sup>2-</sup>	Tantalio	OH-
Rutenio (III) <sup>b</sup>	OH-, S <sup>2-</sup>	Estaño	OH-, S <sup>2-</sup>
Selenio	S <sup>2-</sup>	Titanio	OH-
Plata*	OH-, S <sup>2-</sup> , Cl-	Itrio	OH-
Teluro	S <sup>2-</sup>	Zinc <sup>c</sup>	OH-, S <sup>2-</sup>
Talio	OH-, S <sup>2-</sup>	Zirconio	OH-
Tungsteno (VI) <sup>b,d</sup>			
Vanadio	OH-, S <sup>2-</sup>		

<sup>a</sup> Los precipitantes están listados en orden de preferencia:

OH- = base (hidróxido de sodio o carbonato de sodio), S<sup>2-</sup> = sulfuro, y Cl- = cloruro

<sup>b</sup> El precipitante es para indicar el estado de valencia

<sup>c</sup> Se han establecido niveles de tolerancia máxima para estos iones debido a su toxicidad en algunos países, cantidades grandes no deben ser puestos en el sistema de drenaje. Las cantidades pequeñas típicamente utilizadas en los laboratorios normalmente no afectan los suministros de agua.

<sup>d</sup> Estos iones son mejor precipitados como molibdato de calcio (VI) o tungstato de calcio(VI).

<sup>e</sup> CUIDADO: El tetraóxido de osmio, es una sustancia extremadamente venenosa, volátil, se forma a partir de cualquier compuesto de osmio bajo condiciones ácidas en presencia de aire.

\* La recuperación de estos raros y caros metales, se paga por si misma.

**TABLA G.2. TOXICIDAD RELATIVA DE ANIONES Y PRECIPITANTES PRINCIPALES**

ANIONES ALTAMENTE PELIGROSOS	TIPO DE ION	PRECIPITANTES	ANIONES DE BAJO PELIGRO
AlH <sub>4</sub>	F	-	HSO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>
NH <sub>2</sub>	F, E <sup>b</sup>	-	BO <sub>3</sub> , B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>
AsO <sub>3</sub> <sup>3-</sup> , AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	T	Cu <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup>	Br-
AsO <sub>2</sub> <sup>3-</sup> , AsO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	T	Pb <sup>2+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
N <sub>3</sub> <sup>-</sup>	E, T	-	Cl-
BH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	F	-	OCN-
BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O, F, E	-	OH-
OCl-	O	-	
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O, E	-	I-
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	O, E	-	
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	T, O <sup>c</sup>	-	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
CN-	T	-	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	T	Fe <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sup>4-</sup>	T	Fe <sup>3+</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
F-	T	Ca <sup>2+</sup>	SCN-
H-	F	-	
O <sub>2</sub> H-	O, E	-	
SH-	T	-	
IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O, E	-	
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	T, O	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	T, O	-	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O	-	
O <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	O, E	-	
S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>2-</sup>	I	-	
SeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	T	Pb <sup>2+</sup>	
Se <sup>2-</sup>	T	Cu <sup>2+</sup>	
S <sup>2-</sup>	T <sup>e</sup>		

<sup>a</sup> Tóxico, T; oxidante, O; flamable, F; explosivo, E.

<sup>b</sup> Amidas metálicas forman peróxidos explosivos al exponerse al aire.

<sup>c</sup> Se reduce y precipita como Cr(III), ver tabla G.1

<sup>d</sup> Se reduce y precipita como Mn(II), ver tabla G.1

TABLA G.3. Ejemplos de residuos no peligrosos.

Compuestos Orgánicos	Compuestos Inorgánicos	Materiales De Laboratorio No Contaminados Con Sustancias Peligrosas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Azúcares, alcoholes de azúcar</li> <li>• Almidón</li> <li>• Aminoácidos y sales</li> <li>• Ácido cítrico y sus sales de Na, K, Mg, Ca, NH<sub>4</sub></li> <li>• Ácido láctico y sus sales de Na, K, Mg, Ca, NH<sub>4</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfatos: Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba, NH<sub>4</sub></li> <li>• Fosfatos: Na, K, Mg, Ca, Sr, NH<sub>4</sub></li> <li>• Carbonatos: Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba, NH<sub>4</sub></li> <li>• Óxidos: B, Mg, Ca, Sr, Al, Si, Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Zn.</li> <li>• Cloruros: Na, K, Mg.</li> <li>• Fluoruros: Ca</li> <li>• Boratos: Na, K, Mg, Ca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adsorbente de cromatografía</li> <li>• Material de vidrio</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Ayudafiltros</li> </ul>



**TABLA G.4. Intervalos de pH para la precipitación de hidróxidos y óxidos metálicos**

	pH									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ag <sup>1+</sup>										1N
Al <sup>3+</sup>										
As <sup>3+</sup>	No hay precipitado (se precipitan como sulfuro)									
As <sup>5+</sup>	No hay precipitado (se precipitan como sulfuro)									
Au <sup>3+</sup>										
Be <sup>2+</sup>										
Bi <sup>3+</sup>										1N
Cd <sup>2+</sup>										1N
Co <sup>2+</sup>										1N
Cr <sup>3+</sup>										1N
Cu <sup>1+</sup>										1N
Cu <sup>2+</sup>										1N
Fe <sup>2+</sup>										1N
Fe <sup>3+</sup>										1N
Ga <sup>3+</sup>										
Ge <sup>4+</sup>										
Hf <sup>4+</sup>										
Hg <sup>1+</sup>										1N
Hg <sup>2+</sup>										1N
In <sup>3+</sup>										pH 13
Ir <sup>4+</sup>										
Mg <sup>2+</sup>										1N
Mn <sup>2+</sup>										1N
Mn <sup>4+</sup>										1N
Mo <sup>6+</sup>	No hay precipitado (Precipita como sal de calcio)									
Nb <sup>5+</sup>										
Ni <sup>2+</sup>										1N
Os <sup>4+</sup>										
Pb <sup>2+</sup>										
Pd <sup>2+</sup>										
Pd <sup>4+</sup>										
Pt <sup>2+</sup>										
Re <sup>3+</sup>										1N
Re <sup>7+</sup>	No hay precipitado (precipita como sulfuro)									
Rh <sup>3+</sup>										
Ru <sup>3+</sup>										1N
Sb <sup>3+</sup>										
Sb <sup>5+</sup>										
Sc <sup>3+</sup>										1N

Se <sup>4+</sup>	No hay precipitado (precipita como sulfuro)									
Se <sup>6+</sup>	No hay precipitado (precipita como sulfuro)									
Sn <sup>2+</sup>										
Sn <sup>4+</sup>										
Ta <sup>5+</sup>										
Te <sup>4+</sup>	No hay precipitado (precipita como sulfuro)									
Te <sup>6+</sup>	No hay precipitado (precipita como sulfuro)									
Th <sup>4+</sup>										1N
Ti <sup>3+</sup>										1N
Ti <sup>4+</sup>										1N
Tl <sup>3+</sup>										1N
V <sup>4+</sup>										
V <sup>5+</sup>										
W <sup>6+</sup>	No hay precipitado (precipita como sal de calcio)									
Zn <sup>2+</sup>										
Zr <sup>4+</sup>										

**Nota:** La mayoría de los iones metálicos son precipitados como hidróxidos o como óxidos a pH's altos. Sin embargo, muchos de estos precipitados se redisuelven con un exceso básico. Por esta razón, es necesario controlar el pH en una forma estricta. Esta tabla muestra los intervalos de pH recomendados para la precipitación de la mayoría de los cationes en sus estados de oxidación más comunes. La notación "1 N" en la última columna de la derecha, indica que el precipitado formado, no se redissolverá en hidróxido de sodio 1 N (pH 14)

## APÉNDICE H

### MANUAL DE MANEJO DE RESIDUOS DE LABORATORIOS

En este apéndice se describe un ejemplo de algunas de las instrucciones que deben formar parte de un manual de manejo de residuos.

- El almacén de residuos es responsable del almacenamiento temporal de todas estas sustancias generadas en el laboratorio. Este almacén deberá ser controlado por el comité responsable del buen funcionamiento del sistema de manejo de residuos peligrosos, con apoyo y colaboración de el personal del laboratorio.
- Se deberá contratar una compañía especializada en la recolección y disposición de residuos peligrosos, siendo responsabilidad del comité hacer los arreglos necesarios para que la recolección de los residuos almacenados se haga en intervalos regulares.
- Es necesario considerar los siguientes aspectos para lograr una buena recolección de residuos peligrosos:
  1. *contenedores vacíos para residuos de solventes*: es responsabilidad del almacén de residuos, el proveer estos contenedores debidamente etiquetados para su uso específico; y que sean exactamente del tipo y características apropiadas para contener el residuo, para que esto llegue a representar un peligro.
  2. no colocar sustancias químicas incompatibles en un mismo contenedor (consultar apéndices anexos), y mantener las sustancias que requieren de un manejo especial (ej. ácido pícrico, éteres formadores de peróxidos, ácido perclórico) separadas de otros residuos.
  3. no colocar residuos sólidos (papel, plástico, etc.) dentro de los contenedores de residuos líquidos.
  4. no poner sustancias químicas corrosivas (ácidos fuertes o bases) dentro de contenedores metálicos.
  5. *medidas de precaución en el manejo de contenedores llenos*: para minimizar el riesgo de corrosión, y posibles fugas de los residuos de solventes de los contenedores metálicos, durante el almacenamiento o transporte, el personal de laboratorio deberá neutralizar los residuos antes de colocarlos en los contenedores. Esto es muy importante cuando los solventes han sido usados en la extracción de soluciones ácidas.
  6. Los analistas son los responsables de cualquier grieta en los contenedores metálicos causada por corrosión debida a la falta de neutralización de los solventes, en este caso si hay algún derrame, los solventes serán regresados al laboratorio para su tratamiento.

7. *recolección de los contenedores llenos*: el personal del laboratorio, debe notificar al almacén de residuos cuando tengan contenedores listos para la recolección. El comité encargado de esta recolección, deberá hacer inspecciones semanales a las instalaciones de los laboratorios y verificar el estado de los contenedores. En ningún caso se dejará un contenedor sin custodia, la entrega se hará de persona a persona. Es muy importante cuidar que ningún contenedor sea llenado a más del 90% de su capacidad.
8. *otras sustancias peligrosas*: aparte de los residuos de solventes, todas las demás sustancias peligrosas, o artículos contaminados con éstas, se depositarán en el almacén de residuos. Todas estas sustancias deberán estar en contenedores a prueba de fugas y etiquetados apropiadamente. En el caso de sustancias carcinógenas, éstas deberán colocarse en contenedores y a su vez, dentro de bolsas de polietileno selladas y etiquetadas con una advertencia tal como "AGENTE CARCINOGENICO".
9. *vidrio roto*: el vidrio roto se debe poner en contenedores específicos, con señalamientos como "SOLO VIDRIO", y no debe ser mezclado con papel, ni con tela.
10. *material de vidrio roto, contaminado con sustancias no peligrosas, solubles en agua*: este material deberá primero ser enjuagado, y después se colocará en los contenedores especiales para vidrio roto.
11. *material de vidrio roto, contaminado con sustancias peligrosas y/o insolubles en agua*: este tipo de material deberá colocarse en un contenedor y etiquetarse como "MATERIAL DE VIDRIO CONTAMINADO", especificando el tipo de contaminante, y así el contenedor se llevará al almacén de residuos.
12. *termómetros rotos*: el mercurio derramado y el vidrio, se recolectará en un recipiente de plástico de boca ancha, de preferencia con tapa de rosca, para que pueda ser sellado. La recolección de las gotas de mercurio visibles se puede hacer con un pedazo de cartón rígido, para las más pequeñas será necesario el uso de una bomba de vacío especial para recolectar mercurio.
13. *objetos punzantes*: este tipo de residuos, tales como agujas hipodérmicas o navajas, no deben ser puestos en bolsas ni sacos, se depositarán en recipiente especiales para ellos.

**BIBLIOGRAFÍA**

Prudent Practices in the Laboratory  
Handling and Disposal of Chemicals  
Committee on Prudent Practices for handling Storage and Disposal of Chemical in  
Laboratories  
Commission on Physical Sciences, Mathematics, and Applications  
National Research Council  
National Academy Press  
Washington, D. C. 1995

Diario Oficial  
Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/1993  
Octubre 1993

Diario Oficial  
Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-002-ECOL/1993  
Octubre 1993

Chemical Safety Matters  
IUPAC-IPCS  
Cambridge University Press  
1992

Code of Federal Regulations  
Vol. 40, Part 260, 1992, U.S.A

Code of Federal Regulations  
Protection of Environment  
Parts 100-149  
1992

The Foundations of Laboratory Safety  
Stephen R. Rayburn  
Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience  
1990

EPA's RCRA Program  
Solving the Hazardous Waste Program.