



GUÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS QUÍMICOS EN EL CGISRQ

Contenido

1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS	2
2. MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS.....	3
3. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.....	5
4. PROTOCOLOS GENERALES.....	10

1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS

Hasta el momento en el CGISRQ no se cuenta con ningún protocolo para el tratamiento de los residuos químicos peligrosos generados en los laboratorios de docencia e investigación de la Universidad del Cauca, aquí se incluyen los residuos que generan los departamentos de ciencias básicas en la Facultad de Educación (Física, Biología y química), Facultad de ciencias agropecuarias, Facultad de salud, los talleres de gravado de la facultad de artes y los laboratorios de suelos y aguas de la Facultad de Ingeniería. El tratamiento que se realiza para los residuos entregados por los diferentes entes generadores de la universidad debe ser el adecuado para garantizar la inocuidad de las sustancias para su posterior tratamiento, y al mismo tiempo los pasos seguidos deben encontrarse sistematizados, para que los residuos generados con posterioridad se manejen de la misma forma y además se constituya en un registro soporte para procesos de mejoramiento.

Se pueden definir cinco parámetros para la segregación de los residuos químicos según sus características:

- a) **Poder calorífico e inflamabilidad:** Permite establecer la cantidad de energía calorífica que se desprende por unidad de masa en una sustancia al producirse una reacción de oxidación, además de la tendencia de esta sustancia a arder. De esta manera se puede prever un posible tratamiento de incineración o pirólisis para la sustancia.
- b) **pH:** indica el grado de acidez o alcalinidad de los residuos generados, lo que permite establecer el tipo de material para su tratamiento y segregación (material de acero o polímero). Considerándolo corrosivo por debajo de cinco y encima de ocho.
- c) **Composición química:** se refiere a los porcentajes de cenizas, humedad, contenido de elementos como C, N, P, K, Ca, Hg, Pb, Cr entre otros, los cuales permiten definir el posible tratamiento para la neutralización o desactivación.
- d) **Características biológicas:** Agentes patógenos, población microbiana u otro tipo de propiedades que lo hagan infeccioso.
- e) **Toxicidad:** su capacidad de producir sobre diferentes organismos (animales, personas o plantas) efectos adversos. Se definen para ellos propiedades como DL₅₀, CL₅₀, etc.

2. MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS

Los siguientes procedimientos serán aplicados a los residuos procedentes de las prácticas de laboratorio de docencia desarrolladas por el Departamento de Química en cursos orientados en la Facultad de Educación, servicios e investigación de los grupos adscritos al departamento. Sin embargo, pueden ser aplicados a los desechos de los diferentes entes involucrados en investigación y en ciencias básicas de la Universidad del Cauca.

a. Segregación

Teniendo en cuenta las características de los residuos que se producen durante las prácticas de laboratorio y las propiedades que se enumeran en el ítem anterior en el departamento de química se ha desarrollado el siguiente mecanismo de segregación (Tabla 1 y Tabla 2):

Tabla 1. Segregación de residuos químicos teniendo en cuenta sus características químicas

NÚMERO DE CLASIFICACIÓN	ESTADO	CARACTERÍSTICA DEL RESIDUO QUÍMICO SECREGADO
1	LÍQUIDO	SOLVENTES E HIDROCARBUROS HALOGENADOS
2	LÍQUIDO	HIDROCARBUROS NO HALOGENADOS
3	LÍQUIDO	ÉTERES (ÚNICAMENTE)
4	LÍQUIDO	SOLVENTES ORGÁNICOS (con C, H, O, N, S)
5	LÍQUIDO	RESIDUOS PARA EL APROVECHAMIENTO AGROQUÍMICO Metales (Cu, Fe, Mn, Zn, B, Mo, Co, K, Ca, Mg), sales azufradas, fosfatos
6	LÍQUIDO	METALES PESADOS Metales (Al, Ba, Be, Cd, Cr, Sn, Ni, Ag, Pb, Tl, V, Pd, Pt) Semimetal (As) y No metal (Se).
7	LÍQUIDO	MERCURIO Y SALES DE MERCURIO
8	SÓLIDO	SUSTANCIAS SÓLIDAS NO BIODEGRADABLES
9	LÍQUIDO	ÁCIDOS Y BASES ÚNICAMENTE

Tabla 2. Segregación de residuos químicos recuperables

ESTADO	CARACTERÍSTICA DEL RESIDUO QUÍMICO SECREGADO
LÍQUIDO	RESIDUOS DE ETANOL
LÍQUIDO	RESIDUOS DE ÁCIDO BENZOICO
LÍQUIDO	RESIDUOS DE HEXANO
SÓLIDO	RESIDUOS DE SÍLICA

b. Manejo

Para el manejo de residuos se tiene que tomar en cuenta que algunos metales y sustancias orgánicas presentes en este tipo de desechos son acumulables, mientras que algunos otros no son bioacumulables pero si altamente biodegradables, por lo que de manera controlada se pueden verter en el desagüe siempre y cuando se respeten los límites establecidos (consultar decreto 1594 de 1984). Generalmente las sustancias que pueden ser sometidas a este proceso son las siguientes:

- a) Soluciones acuosas de etanol y metanol
- b) Soluciones diluidas de acetatos (amonio, calcio, sodio y potasio), ácido cítrico y sus sales (amonio, calcio, sodio y potasio), azúcares, ácido acético, aldehídos (glutaraldehído, formaldehído, acetaldehído, entre otros), ácido acético, ácido láctico y sus sales (amonio, calcio, sodio y potasio).
- c) Soluciones diluidas de carbonatos y bicarbonatos (sodio, potasio, magnesio, calcio, estroncio, bario y amonio); cloruros (amonio, calcio, sodio y potasio), silicatos (magnesio, calcio, sodio y potasio), sulfatos (amonio, calcio, magnesio, sodio y potasio).

Se debe definir en este punto los siguientes conceptos:

Neutralización: Corresponde a una reacción ácido-base, con el objetivo de conseguir un pH igual o cercano a 7, con el objetivo de que las sustancias o mezclas dejen de ser corrosivas. Generalmente se realiza con bicarbonato de sodio (carbonato, cal viva) si la mezcla a neutralizar tiene pH ácido o con ácido clorhídrico si la mezcla tiene pH básico.

Desactivación: Corresponde a la conversión mediante reacciones químicas de sustancias agresivas o tóxicas a otras inocuas, para facilitar su tratamiento, almacenamiento o eliminación.

La neutralización se aplica generalmente a sustancias ácidas o básicas (Recipiente 9, tabla 1), aunque existe posibilidad de que residuos de metales pesados cuenten con un pH ácido o básico que facilite su solubilidad (Recipiente 5, 6 y 7, tabla 1) por lo que también la neutralización se hace necesaria. En el caso de los metales pesados la variación de pH causa que muchos de ellos precipiten eliminándolos o haciendo de su concentración en los sobrenadantes poco riesgosa tanto que se facilita su vertido. En algunos otros casos las concentraciones de especies activas y contaminantes como el Cr(VI) o el MnO_4^- pueden ser tan altas que se hace necesario además la desactivación de los residuos, cambiando el estado de oxidación del Cr(VI) a Cr(III) o convirtiendo el MnO_4^- en MnO_2 mediante el uso de un agente reductor.

c. Entrega a una empresa especializada en el manejo de residuos

Cuando las concentraciones de ácidos y bases, metales pesados o los principales componentes de los residuos es muy alta (superiores al 5% en peso), posterior a los procesos de neutralización o desactivación, debe considerarse si los productos obtenidos siguen siendo tóxicos o de difícil tratamiento, en tal caso los sobrenadantes se absorben en aserrín, o en algún tipo de compostaje. Una vez el material se encuentra seco, es rotulado y entregado a la empresa encargada de su incineración o confinamiento si se trata de metales altamente volátiles y tóxicos como el mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), antimonio (Sb) o selenio (Se) .

d. Aprovechamiento

Los residuos de sales de metales de transición y solventes de lavado pueden ser recuperados por recristalización o destilación para su uso posterior (numerales 4, 5 y 6, tablas 1 y 2).

3. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS

En esta sección se introducen diferentes tratamientos establecidos en Notas Técnicas de Prevención (NTP) y el Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards.

a. Tratamiento y vertido

Haluros de ácido: Añadir poco a poco bicarbonato de sodio y/o Carbonato de sodio y agua con agitación constante hasta saturación. Verter por el desagüe.

Clorhidrinas y nitroparafinas: Añadir carbonato de sodio. Neutralizar midiendo el pH con cinta indicadora. Verter al desagüe.

Ácidos orgánicos sustituidos: Añadir bicarbonato de sodio y agua. Neutralizar midiendo el pH con cinta indicadora. Verter al desagüe. Es posible también incinerarlos o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Aminas alifáticas: Añadir bicarbonato de sodio y rociar agua. Neutralizar midiendo el pH con cinta indicadora de pH, verter por el desagüe. Es posible también incinerarlas o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Sales inorgánicas: Añadir un exceso de carbonato de sodio y agua. Dejar en reposo (24 h). Neutralizar con ácido clorhídrico 6 M midiendo pH con cinta indicadora y verter al desagüe.

Oxidantes: Tratar con un agente reductor (disolución concentrada de sulfito de sodio 30%). Neutralizar midiendo con cinta indicadora de pH, el sobrenadante puede verterse al desagüe si provienen de metales aprovechables en agroquímica, los lodos generados provenientes de metales pesados (Cr, Hg, AgO, etc) deben ser encapsulados en bicarbonato de sodio o cal apagada y entregados como metal pesado para confinamiento.

Reductores: Añadir carbonato de sodio y agua (hasta obtener una suspensión). Dejar en reposo (2 h). Neutralizar midiendo pH con cinta indicadora. El sobrenadante se puede verter al desagüe.

Cianuros: tratar con hipoclorito de sodio o de calcio (hasta obtener una solución alcalina para la cinta indicadora de pH). Dejar en reposo (24 h). Verter a desagüe o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Nitrilos: Tratar con disolución alcohólica de hidróxido de sodio (conversión en cianato soluble), evaporar el alcohol y añadir hipoclorito de sodio o de calcio. Dejar en reposo (24 h). Verter al desagüe o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Hidracinas: Diluir hasta un 40% y neutralizar con ácido sulfúrico. Verter al desagüe, es posible también incinerarlas o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Amoníaco e hidróxidos caústicos: Neutralizar midiendo pH mediante cinta indicadora, verter al desagüe o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Hidruros: Mezclar con arena seca, pulverizar con alcohol butílico y añadir agua (hasta disolución del hidruro). Neutralizar con ácido clorhídrico 6 M midiendo con cinta indicadora de pH y decantar. Verter al desagüe. El residuo de arena debe ser enterrado.

Amidas inorgánicas: Verter sobre agua y agitar. Neutralizar con ácido clorhídrico 3 M o hidróxido de amonio 6 M midiendo el pH mediante cinta indicadora. Verter al desagüe o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Compuestos internometálicos (cloruro de sulfurilo, tricloruro de fósforo, etc): Rociar sobre una capa gruesa de una mezcla de carbonato de sodio y cal apagada. Mezclar y atomizar agua. Neutralizar midiendo pH con cinta indicadora. Verter al desagüe o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Peróxidos inorgánicos: Diluir, verter al desagüe.

Sulfuros inorgánicos: Añadir una disolución de cloruro férrico con agitación constante. Neutralizar con carbonato de sodio, bicarbonato de sodio o cal viva. Verter al desagüe o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Carburos: Adicionar sobre agua en un recipiente grande, quemar el hidrocarburo que se desprende, dejar en reposo (24 h). Verter el líquido por el desagüe. El precipitado sólido que se produce se puede tirar al vertedero.

b. Residuos que pueden ser incinerados

Aldehídos: Absorber en silicatos (arcillas como la vermiculita o arena) o mezclar con un disolvente inflamable. Incinerar o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Alcalinos, alcalinotérreos, alquilos y alcóxidos: Mezclar con carbonato de sodio o bicarbonato de sodio. Cubrir con viruta. Incinerar si se trata de derivados de metales del primer grupo (alcalinos) o en el caso de los alcalinotérreos calcio (Ca) y magnesio (Mg) es posible aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Compuestos orgánicos halogenados: Absorber en silicatos (arcillas como la vermiculita o arena) o bicarbonato. Incinerar.

Ácidos orgánicos sustituidos: Absorber en silicatos (arcillas como la vermiculita o arena) y añadir alcohol, o disolver directamente en alcohol. Incinerar o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Aminas aromáticas: Absorber sobre arena (o arcillas como la vermiculita) y carbonato de sodio. Mezclar con papel o aserrín, o un disolvente inflamable. Incinerar.

Aminas Alifáticas: Mezclar con un disolvente inflamable o seguir el mismo proceso que para las aromáticas. Incinerar.

Fosfatos orgánicos y compuestos de fósforo: Mezclar con papel, aserrín, arena o cal apagada. Incinerar si se trata de compuestos derivados de aromáticos o con largas cadenas alifáticas, en el caso que no cuenten con estos grupos funcionales aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje.

Disulfuro de carbono: Absorber sobre vermiculita (otra arcilla absorbente o arena) y cubrir con agua. Incinerar (Absorber en aserrín y quemar a distancia), el aserrín es posible aprovecharlo como compostaje o aprovechar los sobrenadantes mediante su adición a pilas de compostaje

Mercaptanos, sulfuros orgánicos: Mezclar con un disolvente inflamable o aserrín. Incinerar.

Éteres: Mezclar con un disolvente inflamable o aserrín. Incinerar. Si hay peróxidos llevarlos a un lugar seguro (cantera) y explosionarlos.

Hidracinas: Mezclar con solvente inflamable o aserrín, incinerar o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje o aserrín.

Hidruros: Quemar en paila de hierro.

Hidrocarburos, alcoholes, cetonas, ésteres: Mezclar con un disolvente inflamable o aserrín, incinerar o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje siempre y cuando no se deriven del benceno.

Amidas orgánicas: Mezclar con un disolvente inflamable o aserrín, incinerar o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje siempre y cuando no se deriven del benceno.

Ácidos orgánicos: Mezclar con papel, aserrín o un disolvente inflamable. Incinerar o aprovecharlos mediante su adición a pilas de compostaje siempre y cuando no se deriven del benceno.

c. Recuperación

Desechos metálicos: Recuperar y almacenar (según costos)

Mercurio metal: Aspirar, cubrir con polisulfuro de calcio y recuperar.

Compuestos de mercurio: Disolver y convertirlos en nitratos solubles, Precipitarlos como sulfuros. Recuperar.

Arsénico, bismuto, antimonio: Disolver en ácido clorhídrico y diluir hasta aparición de un precipitado blanco (SbOCl y BiOCl). Añadir ácido clorhídrico 6 M hasta redisolución. Saturar con ácido sulfhídrico. Filtrar, lavar y secar.

Selenio, telurio: Disolver en ácido clorhídrico. Adicionar sulfito de sodio para producir SO_2 (reductor). Calentar bajo campana extractora (se forma selenio gris y telurio negro). Dejar en reposo (12 h). Filtrar y secar.

Plomo y cadmio: Añadir ácido nítrico (se producen nitratos). Evaporar (Calentar bajo campana extractora), añadir agua y saturar con ácido sulfhídrico. Filtrar y secar.

Berilio: Disolver en ácido clorhídrico 6 M, filtrar. Neutralizar (hidróxido de amonio 6 M). Filtrar y secar.

Estroncio y bario: Disolver en ácido clorhídrico 6 M, filtrar. Neutralizar con hidróxido de amonio 6 M. Precipitar con carbonato de sodio. Filtrar, lavar y secar.

Vanadio: Añadir a una capa de carbonato de sodio en una placa de evaporación. Pulverizar con hidróxido de amonio 6 M. Añadir hielo y agitar. Reposar durante 12 h. Filtrar (vanadato de amonio) y secar.

Disolventes halogenados: Destilar y almacenar.

Etanol: Destilar y almacenar.

Metanol: destilar y almacenar.

Hexano: destilar y almacenar.

4. PROTOCOLOS GENERALES

Los siguientes protocolos se aplican a los residuos que son generados mediante las tablas 1 y 2 de este documento.

a. Neutralización de ácidos y bases (Recipiente 9)

- ☠ Los ácidos y bases deben ser neutralizados dependiendo de su concentración y fuerza. Los ácidos y bases débiles se neutralizan con bases y ácidos fuertes especialmente hidróxido de sodio comercial (cal apagada o cal viva), o los ácidos sulfúrico o clorhídrico del mismo tipo. Cuando la concentración es conocida se recomienda que sea cercana a 10 M. La dilución de los ácidos y bases genera calentamiento, se recomienda temperar.
- ☠ En el caso de los ácidos y bases fuertes, la neutralización se realiza con bicarbonato de sodio previa dilución hasta una concentración cercana a 10 M y adición del bicarbonato sólido. La evolución de gases suele ser violenta en algunos casos se recomienda esperar la dispersión para proseguir con el ajuste de pH.
- ☠ Cuando las concentraciones se desconocen lo más recomendable es realizar la neutralización mediante bicarbonato de sodio (cal apagada o cal viva).
- ☠ En todos los casos se debe dejar reposar hasta que se produzca la decantación de todas las posibles sales.
- ☠ Siempre que se conozca la identidad del ácido y la presencia o no de otras sustancias los compuestos neutralizados a pH entre 6.5 y 7.5 pueden ser desechados por el desagüe.
- ☠ Cuando existe otro tipo de contaminante como residuos orgánicos, cantidades no permitidas de indicadores, o mezclas no conocidas de los ácidos, posterior a la remoción de sólidos los sobrenadantes deben de absorberse sobre aserrín (Fig.1) y entregados para su incineración después de secos (30 a 45 días) o aprovecharse en procesos de compostaje. La relación aserrín líquido puede mantenerse en 1:3.



Fig.1. Lechos de aserrín para la absorción de sobrenadantes incinerables

b. Desactivación de Soluciones de metales pesados

Procedimiento recipiente numero 5

- ☠ Los residuos provenientes del recipiente de segregación número 5 (tabla 1.), pueden tener pH ácidos, por lo que se recomienda su neutralización. La solución debe mantenerse en reposo al menos un día.
- ☠ Después del período de reposo pueden generarse lodos, estos deben ser decantados y encapsulados en bicarbonato de sodio y posteriormente mezclados con aserrín en relación 2:1.
- ☠ El sobrenadante si es claro verter al desagüe. Si no lo es debe ser dispuesto en los lechos de aserrín hasta que este se seque (de 30 a 45 días) para su posterior incineración.

Procedimiento recipiente número 6

- ☠ Los residuos provenientes del recipiente de segregación número 6 (tabla 1), pueden tener pH ácidos, por lo que se recomienda su neutralización con bicarbonato de sodio, carbonato de sodio, cal apagada o cal viva. La solución debe mantenerse en reposo al menos un día.
- ☠ Por lo general existen entre estos residuos restos de oxidantes fuertes como dicromato de potasio, cromatos, etc. Estos se eliminan mediante la adición de solución concentrada (30%) de sulfito de sodio o potasio hasta cambio de coloración. Si hace necesario debe ajustarse el pH mediante el uso de cinta indicadora. Dejar en reposo al menos 24 h.
- ☠ Después del período de reposo pueden generarse lodos, estos deben ser decantados y encapsulados en bicarbonato de sodio y posteriormente mezclados con aserrín en relación 2:1.
- ☠ El sobrenadante debe ser dispuesto en los lechos de aserrín hasta que este se seque (de 30 a 45 días) para su posterior incineración o aprovecharse en procesos de compostaje.

c. Desactivación de desechos orgánicos recipientes 1, 2, 3, 4

- ☠ Los residuos de origen orgánico deben ser absorbidos directamente sobre aserrín, dejar en reposo por aproximadamente 30 días y ser entregados para incineración si

contienen cadenas alifáticas de parafina o derivadas del benceno, en caso contrario pueden aprovecharse en procesos de compostaje.

d. Residuos de mercurio y sales de mercurio

- ☠ Se realiza la reacción de la sales en solución con un reductor fuerte hasta la aparición del metal. El metal puede ser recogido y almacenado, si se generan lodos deben ser encapsulados en cal apagada, bicarbonato o carbonato de sodio y ser entregados para confinamiento.

e. Sólidos no Biodegradables

- ☠ Se deben pesar y ser entregados para su incineración
- ☠ Los cortopunzantes deben ser entregados para su incineración **sin reciclar** el guardián que los contiene

NOTAS:

- ✓ Cada uno de los recipientes debe ser desactivado por separado evitando mezclas de sus contenidos que puedan generar reacciones químicas desconocidas y dificulten su tratamiento.
- ✓ Se debe llenar el ACTA DE PROCESOS DE DESACTIVACIÓN para mantener un registro de lo que contiene cada uno de los lechos y de la necesidad de la entrega de su contenido.
- ✓ Posterior a la neutralización, desactivación y absorción, el sólido final debe ser rotulado y empaquetado en bolsas de color rojo. Pesado antes y después de la entrega para su neutralización.

SEGURIDAD

- ✓ Para llevar a cabo cualquiera de los procesos anteriores se debe contar con traje antiderrames u overol según convenga.
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Botas
- ✓ Mascara panorámica con filtros para vapores orgánicos o gases ácidos o básicos.
- ✓ Guantes de PVC o nitrilo.

REFERENCIAS

1. **URBEN PG**, Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards: 2-Volume Set, 7 edición. Elsevier Ltda. (2007).
2. **NTP 276**: Eliminación de residuos en el laboratorio; procedimientos generales, Enrique Gadea Carrera Ldo. en ciencias químicas, Xavier Guardino Solá. Dr. En Ciencias Químicas. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO ESPAÑA.
3. **GTC 86**: Guía para la implementación de la gestión integral de residuos –GIR-, Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2003-11-11.
4. **NTP 480**: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación, José Clavero Sublás, Pere Ysern Comas. CENTRO NACIONAL DE TRABAJO ESPAÑA.
5. **MARCOS ALONSO E.**, Manual de utilización de productos químicos peligrosos en el B.O. García del Cid, UNIDAD DE TECNOLOGIA MARINA. 2005-04-20.
6. **Loayza Pérez J., Silva Meza M.**, Gestión integral de residuos químicos generados en actividades industriales. Revista de Química Pontificia Universidad Católica del Perú, Vol. 26, No. 1 (2012), pp. 17-24.
7. **GARCÍA JEREZ A., MENDOZA L.Y.**, Protocolo de rutas de transporte y disposición final de residuos químicos peligrosos, generados en los laboratorios de la escuela de química de la Universidad Industrial de Santander, Monografía de especialización en química ambiental, Universidad Industrial de Santander, Colombia, 2007, pp. 269.

Elaborado por:	Revisado Por:	Aprobada por:	Fecha de Aprobación:
Omar Miguel Portilla Zúñiga Químico M. Sc.	Jefe Unidad de Área Ricardo Benitez B. Ph D. Presidente Comité de Plan Coordinador Comité Desactivación Residuos Químicos	Presidente Comité Técnico Ambiental Rector	