



MANUAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS

María Alejandra Torres Ardila

Francey Valentina Ruíz Gacha

Jonathan Steven Murcía Fandiño

Saúl Martínez Molina

Valma Martins Barbosa



MANUAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS

MANUAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS

María Alejandra Torres Ardila
Francey Valentina Ruíz Gacha
Jonathan Steven Murcia Fandiño
Saúl Martínez Molina
Valma Martins Barbosa



Torres Ardila, María Alejandra

Manual para la gestión de residuos químicos peligrosos / María Alejandra Torres Ardila [y otros cuatro autores]. - Villavicencio, Universidad Santo Tomás, 2023.

88 páginas (Colección Modular).

e-ISBN: 978-958-782-623-4

1. Laboratorios – Residuos peligrosos 2. Bioseguridad - Residuos peligrosos. 3. Residuos peligrosos - Gestión. 4. Diseño arquitectónico. 5. Dibujo arquitectónico. I. Ruíz Gacha, Francey Valentina. II. Murcia Fandiño, Jonathan Steven. III. Martínez Molina, Saúl. IV. Martins Barbosa, Valma. V. Universidad Santo Tomás (Colombia)

628.42 SCDD 23

CO-ViUST

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación CRAI, Universidad Santo Tomás, Villavicencio.

© María Alejandra Torres Ardila, Francey Valentina Ruíz Gacha, Jonathan Steven Murcia Fandiño, Saúl Martínez Molina y Valma Martins Barbosa, autores, 2023

© Universidad Santo Tomás, seccional Villavicencio, 2023

Ediciones USTA

Bogotá, D. C., Colombia

Carrera 9 n.º 51-11

Teléfono: (+601) 587 8797, ext. 2991

editorial@usta.edu.co

<http://ediciones.usta.edu.co>

Carrera 22 con calle 1 vía Puerto López
Villavicencio, Meta, Colombia

Teléfono: (+608) 6784260, ext. 4078

editorial@ustavillavicencio.edu.co

<http://www.ediciones.usta.edu.co>

<https://www.ustavillavicencio.edu.co/investigacion-publicaciones>

Universidad Santo Tomás, seccional
Villavicencio

Director Dirección Investigación e Innovación
Jorge Enrique Ramírez Martínez

Coordinación editorial

Nicolás Sepúlveda Perdomo

Corrección de estilo

Sindy Tatiana Bedoya

Diagramación y diseño de cubierta

Alexandra Romero Cortina

Imágenes: Freepik

Esta obra tiene una versión de acceso abierto disponible en el Repositorio Institucional de la Universidad Santo Tomás:

<https://repository.usta.edu.co/>

Las imágenes incluidas en esta publicación son gratis para usos comerciales, tomadas de Freepik.com

e-ISBN: 978-958-782-623-4

Primera edición, 2023

Universidad Santo Tomás

Vigilada Mineducación

Reconocimiento personería jurídica:

Resolución 3645 del 6 de agosto de 1965,

Minjusticia

Acreditación Institucional de Alta Calidad

Multicampus: Resolución 014525 del 28

de julio de 2022, 8 años, Mineducación

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin la autorización expresa del titular de los derechos.

Contenido

Introducción	7
Objetivo general	9
Alcance	11
Trabajo seguro en el laboratorio	13
Responsabilidades del personal que ingrese al laboratorio	13
Normas generales de conducta	13
Normas sobre seguridad y trabajo	14
Elementos de Protección Personal (EPP)	15
Manipulación de sustancias químicas en el laboratorio	17
Manejo de sustancias químicas	17
Clasificación de sustancias químicas	17
Gestión y clasificación de residuos químicos	23
Clasificación de residuos químicos	23
Tipos de residuos peligrosos RESPEL	24
Manejo de residuos químicos	25
Métodos físicos	25
Métodos químicos	25

Ficha 001: alcoholes alifáticos	26
Ficha 002: sales de azufre	28
Ficha 003: hidrocarburos alifáticos halogenados	30
Ficha 004: hidróxido de sodio	32
Ficha 005: ácido clorhídrico	34
Ficha 006: ácido sulfúrico	36
Ficha 007: ácido nítrico	38
Ficha 008: aldehídos y cetonas alifáticas	40
Ficha 009: hidrocarburos alifáticos	43
Ficha 010: alcoholes aromáticos	45
Ficha 011: sales nitrogenadas	47
Ficha 012: ésteres alifáticos	50
Ficha 013: ácidos inorgánicos	52
Ficha 014: ésteres aromáticos	54
Ficha 015: ácidos carboxílicos alifáticos	56
Ficha 016: soluciones acuosas de metales pesados	59
Ficha 017: aminas y amidas alifáticas	61
Ficha 018: hidrocarburos aromáticos	64
Ficha 019: hidróxido de potasio	67
Ficha 020: sales haloideas	69
Rutas de recolección interna	71
Bibliografía	75
Anexos	81
Autores	87

Introducción

Los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental son parte del conjunto de recursos de aprendizaje para el desarrollo de actividades académicas y de investigación que la Universidad Santo Tomás brinda a los estudiantes en busca de una formación integral. Para los distintos procedimientos que allí se llevan a cabo, se emplean sustancias químicas de forma periódica que generan residuos de diferente naturaleza. Dichos residuos, cuando provienen de una sustancia química peligrosa, se consideran también peligrosos, por lo que deben tratarse de forma segura (Benítez, 2013).

Debido a la combinación de diferentes sustancias químicas, se deben identificar y clasificar los residuos según su peligrosidad fisicoquímica, toxicológica y ambiental (Raymundo, 2016). En orden jerárquico, lo primero es minimizar la generación de residuos peligrosos a través de su reutilización. De no ser posible, se deben tratar y, como última alternativa, eliminarse de forma segura para el medio ambiente, según lo establecido en el decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que reglamenta la gestión integral de los residuos peligrosos. Este decreto fue acogido por el 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005).

El presente *Manual para la gestión de residuos químicos peligrosos*, producto de las actividades asociadas a cada espacio académico, establece los criterios para el manejo adecuado de los residuos, con base en la clasificación existente. Además, propone tratamientos que garantizan la disminución de la peligrosidad de los residuos en las prácticas experimentales. Así mismo, provee una serie de pautas de seguridad y uso de equipo de protección personal, cuya finalidad es la prevención de accidentes en la zona de trabajo. Es indispensable que cada persona comprenda su responsabilidad y procure siempre la seguridad personal, colectiva, de los equipos empleados y la preservación del medio ambiente.

Objetivo general

Este manual tiene como objetivo establecer procedimientos para el adecuado manejo y disposición final de los residuos químicos líquidos, generados en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental.

Para esto, tiene como objetivos específicos: realizar un diagnóstico de la gestión de los residuos peligrosos generados por el desarrollo práctico de las guías de laboratorio; identificar estrategias de prevención, minimización, manejo externo e interno de los residuos químicos generados; y promover el uso de los elementos de protección en la ejecución de las actividades de laboratorio como una medida de seguridad personal y colectiva.

Alcance

El *Manual para la gestión de residuos químicos peligrosos* abarca exclusivamente los laboratorios de química, física mecánica, biología, microbiología, suelos, hidráulica, calidad de agua y calidad de aire de la Facultad de Ingeniería Ambiental, del campus Aguas Claras, ubicado al este de la ciudad de Villavicencio, en el departamento del Meta como se muestra en la Figura 1.

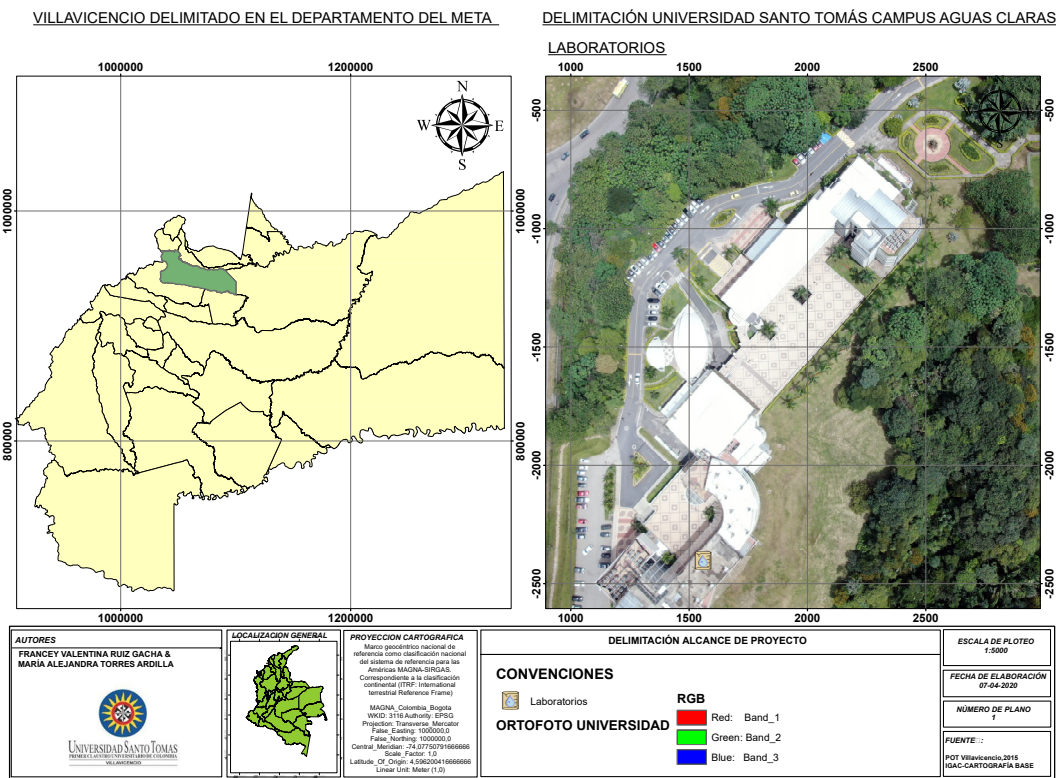


Figura 1.
Zona de estudio, Universidad Santo Tomás, campus de Aguas Claras, Villavicencio.
Fuente: elaboración propia.

Trabajo seguro en el laboratorio

Responsabilidades del personal que ingresa al laboratorio

Realice todas las actividades del laboratorio dando cumplimiento a las siguientes normas de seguridad:

Normas generales de conducta

Está prohibido:

- Fumar, comer o beber.
- Almacenar alimentos, medicamentos o cosméticos, además de cualquier elemento que posteriormente tenga contacto con alimentos, medicamentos o cosméticos.
- Llevar el cabello suelto.
- Usar pantalones cortos, faldas, zapatos de tela, tacón o sandalias y, en general, cualquier elemento que no cubra por completo la piel.
- Utilizar equipos electrónicos (celular, iPod, portátil, entre otros) en el área de trabajo.
- Dejar prendas y objetos personales sobre la mesa de trabajo.
- Manipular sustancias químicas sin el uso adecuado del equipo de protección personal.
- Jugar, correr, exponer la piel o cualquier otro comportamiento inseguro.
- Probar u oler directamente las sustancias químicas.

Normas sobre seguridad y trabajo

- Al ingresar al laboratorio debe seguir el protocolo de trabajo marcado por el responsable de las prácticas.
- Utilice los elementos de protección personal (EPP) determinados por el tipo de trabajo y el riesgo al cual está expuesto.
- Mantenga en orden y limpieza los lugares de trabajo antes, durante y después de la ejecución de cualquier actividad.
- Consulte con anticipación las fichas de seguridad de los productos químicos que utilizará.
- Lávese las manos al entrar y salir del laboratorio, así como cuando tenga contacto con algún producto químico.
- Lea detenidamente las etiquetas de las sustancias químicas o mezclas que empleará.
- No use más reactivo de lo que se indica, ya que el uso excesivo puede ocasionar que obtenga resultados negativos.
- Nunca devuelva reactivos sobrantes al envase de donde los obtuvo.
- Utilice las pinzas cuando requiera calentar tubos de ensayo. No mire al interior del tubo, ni dirija la boca del tubo hacia otro compañero, ni hacia usted mismo.
- Realice la prueba de acidez de la sustancia a verter para verificar el pH admitido y, así, evitar corrosiones en las tuberías.
- No realice experimentos que no están autorizados.

Elementos de protección personal (EPP)

Para el ejercicio práctico del trabajo en el laboratorio y la manipulación del residuo peligroso se cuenta con los elementos de protección personal (EPP), con el fin de minimizar el riesgo del personal que se expone al residuo. En la Tabla 1, se presentan algunas recomendaciones de los EPP.

Tabla 1.

Recomendaciones sobre uso y disposición de los EPP básicos para uso en el laboratorio.

EPP	RECOMENDACIONES	CRITERIOS DE CAMBIO Y DISPOSICIÓN FINAL
	Usar bata antilíquidos manga larga, totalmente abotonada o con el cierre cerrado. En ningún caso recoger las mangas.	Retirla al terminar la actividad y salir del laboratorio.
	Ubique el tapabocas de tal manera que se ajuste a su contorno facial.	Retire y deposite en bolsa roja.
	Ubique la máscara antigases de tal manera que se ajuste a su contorno en la cara y cabeza. Evite que se caiga, para protección contra la filtración de aire contaminado.	Se desechan ante deterioro evidente de sus características protectoras y visuales.
	Ubique las gafas transparentes de tal forma que se ajusten totalmente a la cara, evitando que se caigan, para protección contra partículas y salpicaduras químicas. Al finalizar la actividad, disponga para reutilización, luego de limpieza y desinfección.	Se desechan ante deterioro evidente de sus características protectoras y visuales.
	La selección del guante depende del uso que se les va a dar. Estos deben cubrir los puños de la bata para evitar todo contacto directo con la piel durante el procedimiento.	Retire luego o durante de la actividad, si la contaminación es alta. Posteriormente, su disposición final será en la bolsa roja.

Fuente: elaboración propia.

Manipulación de sustancias químicas en el laboratorio

La base fundamental del manejo de sustancias químicas es tener conocimiento sobre su peligrosidad, debido a que la clasificación, almacenamiento, trasvase y disposición son actividades que implican riesgo para quienes tienen contacto directo. Por consiguiente, la manipulación segura de los productos químicos requiere procedimientos que minimicen el riesgo de exposición del personal del laboratorio, así como del entorno en general (Comité Técnico Ambiental, 2012, p. 26).

Manejo de sustancias químicas

Al momento de utilizar sustancias químicas:

- Lea la etiqueta de seguridad química antes de manipularlas.
- Utilice los elementos de protección personal.
- Para agentes químicos peligrosos de alta volatilidad use siempre la cabina de extracción.
- No debe pipetear sustancias químicas con la boca.
- No debe olfatear directamente el contenido de un frasco.
- No debe probar ninguna sustancia química.
- Cierre los frascos de los reactivos inmediatamente después de su uso.
- Reconozca los productos peligrosos que existen en el laboratorio, teniendo en cuenta la información contenida en las fichas de seguridad y las precauciones individuales de los reactivos para la preparación de mezclas.
- Llene los envases hasta un 80 % de su capacidad para evitar salpicaduras y derrames.

17

Clasificación de sustancias químicas

La Universidad Santo Tomás, seccional de Villavicencio, se articula con lo exigido por el Gobierno de la República de Colombia en el Decreto 1496 de 2018 del Ministerio de Trabajo, en el cual se adopta el Sistema de Clasificación y Etiquetado de Productos

Químicos. Por lo tanto, las sustancias químicas se clasifican bajo los pictogramas establecidos por las Naciones Unidas (Martínez Molina, 2019).

Los pictogramas establecidos por las Naciones Unidas se pueden observar en la siguiente tabla junto con los peligros asociados a cada uno.

Tabla 2.

Pictogramas de peligro según el Sistema Globalmente Armonizado.

PICTOGRAMA	PELIGROS ASOCIADOS
	• Explosivo • Sustancia o mezcla que reacciona espontáneamente • Peróxidos orgánicos
	• Gas inflamable • Aerosol inflamable • Líquido o sólido inflamable • Sustancia o mezcla que reacciona espontáneamente • Líquido o sólido pirofórico • Sustancia o mezcla que experimenta calentamiento espontáneo • Sustancia o mezcla que, en contacto con el agua, desprende gases inflamables • Peróxidos orgánicos • Explosivos insensibilizados
	• Gas comburente • Aerosol comburente • Sólido comburente • Líquido comburente
	• Gas comprimido • Gas licuado • Gas licuado refrigerado • Gas disuelto

PICTOGRAMA	PELIGROS ASOCIADOS
	• Corrosivo para los metales • Corrosivo para la piel o los ojos (lesiones oculares graves)
	• Toxicidad Aguda
	• Irritante para la piel • Irritante para los ojos • Sensibilización cutánea • Toxicidad aguda (nocivo) • Toxicidad sistémica específica de órganos diana tras una exposición única (irritación, somnolencia o vértigo) • Peligro para la capa de ozono
	• Sensibilización respiratoria • Mutagenicidad • Carcinogenicidad • Toxicidad para la reproducción • Toxicidad sistémica específica de órganos diana • Peligro por aspiración
	• Peligro para el medio ambiente acuático (agudo y crónico)

Fuente: (ARL Sura, 2020).

Las fichas de seguridad química deben tener 16 secciones según el Decreto 1496 del Ministerio de Trabajo de Colombia. Allí se debe añadir la información del producto, la identificación según la empresa, los peligros químicos, entre otras variables como los datos fisicoquímicos de gestión del producto químico.

Tabla 3.

Secciones de la ficha de seguridad según el Sistema Globalmente Armonizado.

FICHAS DE DATOS SEGURIDAD
1. Identificación del producto
2. Identificación del peligro o peligros
3. Composición/información sobre los componentes
4. Primeros auxilios
5. Medidas de lucha contra incendios
6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
7. Manipulación y almacenamiento
8. Controles de exposición/protección personal
9. Propiedades físicas y químicas
10. Estabilidad y reactividad
11. Información toxicológica
12. Información ecotoxicológica
13. Información relativa a la eliminación de los productos
14. Información relativa al transporte
15. Información sobre la reglamentación
16. Otras informaciones

Fuente: Ministerio de Trabajo de la República de Colombia, (2018).

A continuación, se presentan los lineamientos que, según el Sistema Globalmente Armonizado, debe tener una etiqueta de producto químico.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS VILLAVICENCIO			ETIQUETA SUSTANCIAS QUIMICAS				
Código: AC-VI-F-25		Versión: 02		Fecha: 01/09/2020		Página: 01	
Nombre de la sustancia: Hidróxido de potasio					Código del producto		A60
CAS: 1310-58-3		Fecha de preparación (dd/mm/aa):					
Advertencia:		Peligro					
Identificación del peligro:	Pictograma 1	Pictograma 2	Pictograma 3	Pictograma 4	Pictograma 5		
			N/A	N/A	N/A		
Código pictograma	GHS05_Corrosión	GHS07_Signo_de_exclamación	No_Aplica	No_Aplica	No_Aplica		
Indicaciones de peligro (H):			Consejos de prudencia (P):				
Reacciona con el agua / nocivo si se ingiere / es destructivo para todos los tejidos corporales / causa severas quemaduras de piel y ojos / produce quemadura severa de tracto respiratorio			Lavarse concienzudamente las manos tras la manipulación / no respirar el polvo, el humo, el gas la niebla, los vapores, el aerosol / no comer, beber ni fumar durante su utilización / llevar guantes, prendas, gafas, máscara de protección				
	Cabeza, cara y rostro	Respiratorio	Manos	Cuerpo	Pies		
Medidas de prevención:					N/A		
	Uso de gafas de protección obligatorias	Uso de máscara obligatoria	Uso obligatorio de guantes	Uso obligatorio de ropa de protección (bata)	No reporta		
Código pictograma	3	4	8	10	No reporta		
Identificación del fabricante:	R_A Chemical			Identificación del proveedor:	Yequim		

Figura 2.
Elementos básicos de una etiqueta de seguridad química.

Fuente: (De Fex-Anichiárico, 2000)

Gestión y clasificación de residuos químicos

Durante el manejo de los residuos químicos líquidos es muy importante la identificación de su tipo, con base en el volumen (ml) generado en cada práctica de laboratorio. Por tanto, dentro de la ficha de caracterización y protocolo de manejo se priorizan dichos residuos de manera decreciente. A continuación, se presenta una breve descripción de cada residuo, las correspondientes medidas para tener en cuenta, la identificación de peligros, su tratamiento y su posible mecanismo de aprovechamiento.

Clasificación de residuos químicos

Al momento de clasificar sustancias químicas:

- Identifique el tipo de peligro de la sustancia en la etiqueta o en la ficha de datos de seguridad.
- Clasifique las sustancias de acuerdo con el tipo de pictograma de peligro.
- Agrupe las sustancias según las características o elementos químicos que lo conforman.
- Evite transvasar residuos peligrosos de un recipiente a otro.
- Esté atento a la descripción de las incompatibilidades de las sustancias con otros residuos así estén en un mismo grupo de clasificación.
- Agrupe las sustancias químicas envasadas teniendo en cuenta las incompatibilidades de las sustancias.
- Evite la mezcla de los solventes.
- Aísle aquellas sustancias que, por sus características fisicoquímicas (cancerígenas, tóxicas, inflamables, entre otras), deben permanecer bajo estrictas condiciones de seguridad.

23

Tipos de residuos peligrosos RESPEL

Los residuos químicos líquidos generados durante las prácticas académicas de la Facultad de Ingeniería Ambiental se clasifican en los siguientes grupos, atendiendo a sus propiedades químicas y físicas (Programa de investigación sobre residuos [PIRS], 2022) (Ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL):

- A. Residuos de recipientes (tipo 1 a 5)
- B. Residuos sólidos variados (Tipo 6 a 10)
- C. Residuos de hidrocarburos alifáticos (Tipo 11 a 13)
- D. Residuos de hidrocarburos aromáticos (Tipo 14 a 16)
- E. Residuos de hidrocarburos cíclicos (Tipo 17 a 19)
- F. Residuos orgánicos con diferentes grupos funcionales (Tipo 20 a 27)
- G. Residuos orgánicos aromáticos con diferentes grupos funcionales (Tipo 28 a 35)
- H. Residuos de ácidos inorgánicos (Tipo 36 a 39)
- I. Residuos alcalinos (Tipo 40 a 43)
- J. Residuos de sales y soluciones acuosas inorgánicas (Tipo 44 a 49)
- K. Lodos (Tipo 50 a 53)
- L. Contenidos de recipientes a presión (Tipo 54)



Manejo de residuos químicos

Los residuos químicos generalmente requieren de un tratamiento especial, previo a la eliminación, para reducir su reactividad, de tal manera que no represente un peligro para la salud o el medio ambiente (Meyer, 2018). Para este tratamiento se tienen en cuenta los grupos funcionales tales como: 1) ácidos orgánicos e inorgánicos, 2) bases orgánicas e inorgánicas, 3) disolventes halogenados y 4) disolventes no halogenados. Según Elizondo (1999), los métodos para la eliminación dependerán de las propiedades de cada residuo, los cuales se pueden clasificar como:

Métodos físicos

Evaporación: proceso de combustión controlada que se usa para degradar las sustancias orgánicas. Para que el proceso sea generalmente aceptable, la destrucción o eliminación de residuos peligrosos debe ser superior al 99.99 %.

Lavado y secado: permite la eliminación de sales simples o complejos solubles, las sustancias tampón y los iones halogenuros mediante el aclarado con agua.

Destilación: separación y purificación de sustancias. Consiste en separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus diferentes volatilidades.

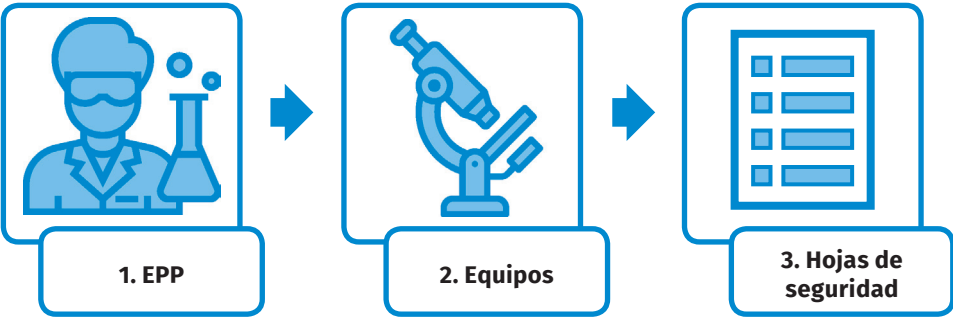
Métodos químicos

Neutralización / Oxidación – Hidrólisis: se lleva a cabo utilizando sustancias oxidantes comunes como el peróxido de hidrógeno o neutralización ácidos.

Reducción: se produce cuando una sustancia se pone en contacto con el hidrógeno u otra sustancia reductora.

A continuación se presentan las fichas de manejo interno de cada uno de los residuos químicos establecidos en la sección Tipos de residuos peligrosos-RESPEL-.

Ficha 001: alcoholes alifáticos

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (F) orgánicos con diferentes grupos funcionales	
Familia química: disolventes orgánicos no halogenados	
Residuo: (Tipo 20) alcoholes alifáticos	Ficha: 001
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Conceptualización Son compuestos que poseen el grupo –OH unido a un átomo de carbono (Durst y Gokel, 2007), cuyo radical R es una cadena alifática (alcanos, alquenos, alquinos o cicloalcanos) (Químicas, 2015b). Los alcoholes alifáticos se clasifican en: 1) primarios, aquellos en los que el átomo de carbono unido al grupo hidroxilo solo se halla enlazado a otro átomo de carbono (son ejemplos el metanol y etanol); 2) secundarios, cuando el hidroxilo tiene ligados otros dos carbonos; o 3) terciarios, cuando el carbono totalmente sustituido se halla unido al átomo de oxígeno (Aldabe, 2004). En este grupo se encuentran compuestos como el alcohol etílico (C_2H_5OH), el metanol (CH_3OH), la glicerina ($C_3H_8O_3$), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignada en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.	
  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS06 Toxicidad aguda, categoría 1, 2, 3 (TO)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los alcoholes alifáticos:

Residuos	ácidos fuertes	amonio	sodio	metales alcalinos
	nitrato de plata	peróxidos	potasio	hipoclorito de calcio

Tratamiento: neutralización

1. En un recipiente añadir 23.5 g de sulfato de hierro (FeSO_4).
2. Añadir 7 g de agua (H_2O) y disolver en la mezcla.
3. Ajustar pH entre 5-6 con ácido sulfúrico diluido (H_2SO_4 al 20 %).
4. Agitar durante 2 horas mientras la temperatura baja gradualmente hasta llegar al ambiente.
5. Dejar toda la noche.
6. Verter al desagüe con exceso de agua.

(Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se incineran para aprovechar su poder calorífico por medio de la técnica cogeneración. Esta técnica consiste en la generación de energía térmica mediante dinamo o alternador que son movidos por un motor térmico o una turbina. También pueden aportar energía calorífica necesaria para diferentes equipos como los evaporadores al vacío, los cristalizadores o las plantas de ósmosis inversa (Condorchen Evitech, s.f.a).

Ficha 002: sales de azufre

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (I) residuos de sales y soluciones acuosas inorgánicas	
Familia química: sales y soluciones acuosas inorgánicas	
Residuo: (Tipo 46) sales de azufre	Ficha: 002
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son sustancias químicas creadas con compuestos de cobre en combinación con ácido sulfúrico, en las que el azufre forma sales actuando con estados de oxidación (Químicas, 2015a). En este grupo se encuentran compuestos como el tampón de fosfato, sulfato de zinc (ZnSO_4), sulfato (SO_4^{2-}), sulfato de cobre (CuSO_4), sulfato de diácido, sulfato de potasio (K_2SO_4), sulfato de sodio (Na_2SO_4), sulfato de manganeso (MnSO_4), sulfato de calcio (CaSO_4), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignada en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP ➔  2. Equipos ➔  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (Peligro al inhalar) (DA)	GHS09 Dañino para el medio ambiente acuático (EN)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con las sales de azufre.

Residuos	agentes reductores	aluminio	metales
	oxidantes muy fuertes	ácidos	

Tratamiento: neutralización

1. Añadir una disolución de cloruro de hierro (FeCl_3) con agitación 1 a 1 con el ion sulfato (SO_4^{2-}) para generar el sulfato ferroso, una fuente segura del ion sulfato.
2. Neutralizar con carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 0.5 M; verificar que su pH se encuentre entre 6 y 8.
3. No verter al desagüe. La disposición final debe ser con una empresa certificada a menos que se cuente con una PTAR.

(Gómez Guarnizo, 2003)

Mecanismo de aprovechamiento

Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007), se puede utilizar en la fabricación de formas básicas de caucho. Mediante la tecnología de reutilización y valorización se someten los neumáticos en el proceso de vulcanizado, entrelazando cadenas de polímeros con moléculas de azufre a alta presión y temperatura. Allí el caucho como polímero vulcanizado reacciona de tal forma que cambia sus propiedades termoplásticas a unas elastoméricas (López, Delgado y Manso, 2009).

Ficha 003: hidrocarburos alifáticos halogenados

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (C) hidrocarburos alifáticos	
Familia química: sales y soluciones acuosas inorgánicas	
Residuo: (Tipo 11) hidrocarburos halogenados	Ficha: 003

PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Conceptualización Son compuestos orgánicos cuya estructura molecular se forma de la unión entre átomos de carbono e hidrógeno. Dependiendo de su estructura química, pueden ser de dos tipos: 1) hidrocarburos lineales, en los cuales los carbonos se encuentran unidos formando una cadena lineal; o 2) hidrocarburos ramificados, a cuya cadena lineal principal se le unen carbonos que forman una estructura ramificada (Gutsche y Pasto, 1979). Además, como condición, se encuentran enlazados a un halógeno (F, Cl, Br, etc). En este grupo se encuentran compuestos como el clorobutano (C_4H_9Cl), cloruro de n-propilo (C_3H_7Cl), cloroetano (C_2H_5Cl), yoduro de etilo (C_2H_5I), bromuro de metilo (CH_3Br), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignada en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.	
  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma		
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS06 Toxicidad aguda, categoría 1, 2, 3 (TO)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los hidrocarburos alifáticos.

Residuos	nitrato amónico
	clorato potásico

Tratamiento: neutralización

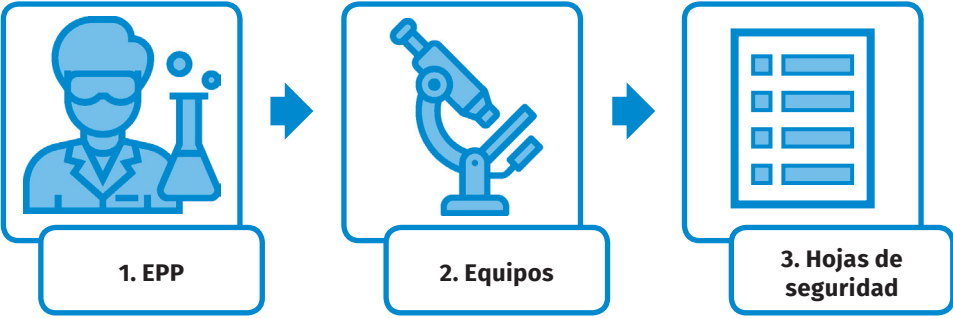
1. En caso de poder realizar destilación y aprovechar el residuo se sugiere neutralizarlo con carbonato de sodio (Na_2CO_3) o hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en relación 1:10.
2. Verificar pH entre 2 y 4.
3. No verter al desagüe. Disponer para incineración, pues la presencia de halógenos implica la necesidad de filtros y temperaturas con condiciones especiales.

(Gómez Guarnizo, 2003)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se pueden tratar mediante biotecnología de tensioactivos, a través de la cual sus compuestos se reducen en el proceso de tensión superficial de la interfaz de aceite/ agua. Por lo tanto, su recuperación es eficiente para obtener hidrocarburos (Espinoza Eche, 2003) que se pueden utilizar como combustibles o materia prima para refinerías (Promoting Effective Spill Response, 2021).

Ficha 004: hidróxido de sodio

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (I) alcalinos	
Familia química: bases inorgánicas	
Residuo: (Tipo 40) hidróxido de sodio	Ficha: 004
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Conceptualización Son soluciones acuosas básicas libres de metales pesados que se disuelven con facilidad en agua. Generan gran cantidad de calor y se disocian por completo en sus iones. Sus soluciones son alcalinas debido a la presencia del ion OH (Parry, Steiner, Tellefsen y Dietz, 1973). En este grupo se encuentran compuestos como el hidróxido de sodio (NaOH) y sus diluciones (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL).	
Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.	
  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma		
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los hidróxidos de sodio.

Residuos	ácidos	peróxidos	compuestos halógenos
	acetona	magnesio	

Tratamiento: neutralización

1. Diluir con agua, en relación 1:5 de volumen.
2. Añadir lentamente una disolución al 50 % de ácido clorhídrico (HCl).
3. Agitar la base a eliminar.
4. Neutralizar hasta pH 6-8.
5. Diluir la solución obtenida a 1:10 volumen.
6. No verter al desagüe. La disposición final debe ser con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con un exceso de agua.

(Gómez Guarnizo, 2003)

Mecanismo de aprovechamiento

Estos residuos resultantes se transportan a una planta de tratamiento, pues allí se recupera y regenera el hidróxido de sodio en el mismo giro activo, para su misma utilidad y recirculación económica. Para esto, se usan contenedores de almacenamiento, de forma que cada uno sigue su debido proceso hasta que se obtiene nuevamente el producto final (ATR Consultores, 2008).

Ficha 005: ácido clorhídrico

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (H) ácidos inorgánicos	
Familia química: ácidos inorgánicos, soluciones acuosas	
Residuo: (Tipo 37) ácido clorhídrico	Ficha: 005
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son disoluciones acuosas cuyas moléculas se constituyen de un átomo de cloro y otro de hidrógeno (Uriarte, 2020), empleadas comúnmente en la preparación de muestras para el análisis de laboratorio (Fisher Scientific, 2019) y como reactivo químico y neutralizante de sustancias alcalinas (Quimpac de Colombia S.A., 2012). En este grupo se encuentran compuestos como el ácido clorhídrico (HCl) al 37 % y sus diluciones, entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma	
Descripción	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con el ácido clorhídrico.

Residuos	aldehídos	aminas	oxidantes fuertes
	carburos	cianuros	sulfuro

Tratamiento: neutralización

1. Dilución del ácido en agua hasta un 5 %.
2. Añadir bicarbonato de sodio (NaHCO_3) hasta pH entre 6 y 8.
3. No verter al desagüe. La disposición final debe ser con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con exceso de agua. (Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se pueden reciclar mediante la técnica de diálisis por difusión, que consiste en separar las membranas. La difusión permite un movimiento espontáneo del residuo desde un área de mayor concentración a una de menor. La diálisis, por su parte, separa las moléculas utilizando la diferencia en su velocidad de movimiento, a través de una membrana semipermeable; su uso es para la esterilización de equipos (Mech-Chem Associates, 2021).

Ficha 006: ácido sulfúrico

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (H) ácidos inorgánicos	
Familia química: ácidos inorgánicos	
Residuo: (Tipo 36) ácido sulfúrico	Ficha: 006
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Es un compuesto químico líquido aceitoso, incoloro y de olor particular dependiendo su concentración. Puede formar soluciones con el agua en cualquier proporción (Zschimmer y Schwarz, 2020) y tiene un gran efecto deshidratante, por lo que puede utilizarse para el secado de gases y líquidos. Para la clasificación de otros tipos de residuos ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL. Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma	
Descripción	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con el ácido sulfúrico.

Residuos	bases	permanganatos	compuestos alcalinos
	acetona	hidróxido sódico	disolventes orgánicos

Tratamiento: neutralización

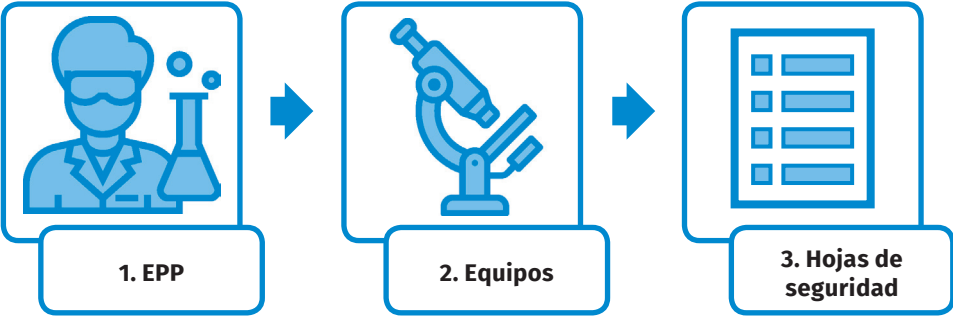
1. En un recipiente verter 5 volúmenes de agua fría.
2. Adicionar lentamente una base inorgánica: bicarbonato de sodio (NaHCO_3), carbonato de sodio (Na_2CO_3), hidróxido de sodio (NaOH) o de potasio (KOH).
3. La mezcla resultante debe tener un pH básico (>7-14).
4. No verter al desagüe. La disposición final debe ser con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con un exceso de agua.

(Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Este residuo puede ser recuperado mediante el proceso de decapado y destilado. Este mecanismo se puede usar en el laboratorio, a través de la preparación de superficies metálicas galvánicas en las que los residuos de ácido sulfúrico se utilizan como catalizadores o desecantes. Otra alternativa es el proceso de ácido sulfúrico por oxidación por craqueo térmico (SATCO), el cual descompone el ácido y se obtiene dióxido de azufre, que luego se utiliza para producir más ácido sulfúrico (Greener Industry, 2021).

Ficha 007: ácido nítrico

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (H) ácidos inorgánicos	
Familia química: ácidos inorgánicos, soluciones acuosas	
Residuo: (Tipo 38) ácido nítrico	Ficha: 007
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Conceptualización Es una sustancia química líquida cuyo color varía de incoloro a amarillo pálido, con un característico olor irritante en concentraciones altas. Contiene propiedades químicas que se descomponen cuando se encuentra en forma diluida generando óxidos de nitrógeno. En este grupo se encuentran compuestos como el ácido nítrico (HNO_3) y sus diluciones, entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL).	
Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.	
  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)	GHS06 Toxicidad aguda, categoría 1, 2, 3 (TO)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos a continuación presentan incompatibilidad con el ácido nítrico.

Residuos	disolventes orgánicos	compuestos halogenados	peróxido de hidrógeno
	sustancias básicas	hipoclorito de sodio	

Tratamiento: neutralización

1. En un recipiente amplio que contenga un exceso de disolución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH), se vierte lentamente y con agitación el ácido a destruir.
 2. La mezcla resultante debe tener pH básico (>7-14).
 3. No verter en el desagüe. La disposición final debe ser con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con exceso de agua.
- (Gómez Guarnizo, 2003)

Mecanismo de aprovechamiento

Estos residuos se pueden tratar mediante el proceso de sintetizado. El ácido nítrico (HNO_3) y el amoníaco (NH_3) son sintetizados en fuentes de distribución. Este proceso permite la reducción electrocatalítica de oxidación de los residuos de nitrato y nitrógeno en el aire. Estas tecnologías o sistemas son prácticos para eficiencia energética (Wang, Yu, Jia y Zhang, 2019).

Ficha 008: aldehídos y cetonas alifáticas

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (F) orgánicos con diferentes grupos funcionales	
Familia química: disolventes orgánicos no halogenados	
Residuo: (Tipo 21) aldehídos y cetonas alifáticas	Ficha: 008
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son compuestos orgánicos que se usan como disolventes y materias primas. Se caracterizan por presentar reacciones comunes que se deben a la estructura del grupo carbonilo (Tovar y Grande, 2019). Los aldehídos son compuestos que, en su estructura, se unen a un átomo de hidrógeno y a un radical alquilo. Contienen el grupo carbonilo en uno de los extremos de la cadena. Por el contrario, en las cetonas el grupo carbonilo es intermedio, está unido a dos radicales que pueden ser iguales, diferentes o alquílicos. Sin embargo, los aldehídos y las cetonas pueden atraerse entre sí mediante las interacciones polar-polar de sus grupos carbonilo y son funciones en segundo grado de oxidación (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2021). En este grupo se encuentran compuestos como el acetaldehído (C_2H_4O), acetona (C_3H_6O), butanal (C_4H_8O), formaldehído (CH_2O), dihidroxiacetona ($C_3H_6O_3$), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con las aldehídos y cetonas alifáticas.

Residuos	ácidos inorgánicos fuertes y débiles	metales alcalinos
	hidrocarburos halogenados	ácidos orgánicos

Tratamiento: oxidación (aldehídos)

1. Revolver en un matraz de fondo redondo 100 ml de agua (H_2O) y 0.1 mol de aldehído. Si el punto de ebullición del aldehído es inferior a 100 °C, usar un condensador.
2. Una vez obtenida la solución, esperar 10 minutos. Posteriormente, agregar aproximadamente 30 ml de solución de permanganato de potasio ($KMnO_4$) a 250 ml de agua (H_2O). Si la temperatura supera los 45 °C, la solución debe enfriarse.
3. A continuación, aumentar la temperatura de 70 °C a 80 °C y continuar revolviendo durante 1 hora o hasta que desaparezca el color púrpura.
4. Cuando la mezcla esté a temperatura ambiente, agregar ácido sulfúrico 6 N, con agitación de 20 a 40 °C.
5. Agregar bisulfito de sodio ($NaHSO_3$) sólido (al menos 8.3 g, 0.08 mol) para reducir todo el manganeso, es decir, el color púrpura.
6. No verter al desagüe. Su disposición final debe hacerse con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con exceso de agua.

(The National Academies Press, 1995)

Tratamiento: destilación (alcoholes alifáticos)

1. Ocupar la mitad de la capacidad de un balón de destilación. Depositar la disolución de acetona-agua al 15 % provisto de un condensador tipo Liebig y un termómetro termocuplas.
2. Luego, calentar con la placa hasta el punto de ebullición para que se condense el vapor en el termómetro y en las paredes del balón.
3. Depositar lo destilado en una probeta graduada.
4. Tomar la lectura del índice de refracción y su temperatura.
5. El destilado debe rotularse como alcohol recuperado y se sugiere usarlo como material de lavado o en prácticas de laboratorio en las cuales no se requiera un grado analítico del reactivo.

(Yana, 2015)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se pueden utilizar como disolventes residuales para el tratamiento térmico y la recuperación de energía. Su contaminación es relativamente baja, debido a que su calor térmico libre de halógenos se puede utilizar como insumo rentable (Sören, 2021). De igual manera, con la técnica de destilación se pueden sobreponer los residuos de disolventes orgánicos (alcoholes alifáticos), puesto que en su proceso se tiene que mantener una temperatura inferior a 100 °C. También se deben tener en cuenta los compuestos que se forman durante el proceso de producción, como los peróxidos que deben ser descartados inmediatamente (Shanley, 1990).

Ficha 009: hidrocarburos alifáticos

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (C) hidrocarburos alifáticos	
Familia química: disolventes no halogenados	
Residuo: (Tipo 13) hidrocarburo	Ficha: 009
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son compuestos orgánicos cuya estructura molecular se forma a partir de la unión entre átomos de carbono e hidrógeno. Son hidrofóbicos (insolubles en agua) y pueden encontrarse en diferentes estados de la materia: líquido, gaseoso y sólido (Soto, 2005). Los hidrocarburos alifáticos son aquellos que carecen de anillo aromático. Sus cadenas son abiertas y pueden ser tanto lineales como ramificadas (Universidad de Chile, 2022). En este grupo se encuentran compuestos como el hexano (C_6H_{14}), el heptano (C_7H_{16}), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP ➔  2. Equipos ➔  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma		
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los hidrocarburos.

Residuos	peróxidos
-----------------	-----------

Tratamiento: oxidación química (proceso Fenton)

1. Introducir el residuo en el reactor Fenton en condiciones atmosféricas.
2. Añadir el ácido o la base para ajustar el pH entre 2.5 y 4 (2.8 idealmente). Se sugiere ácido sulfúrico o hidróxido de sodio.
3. Añadir los reactivos lentamente, para evitar cambios fuertes de pH o temperatura.
4. Agregar el sulfato de hierro (II) en una relación 1:1 con el hidrocarburo y, luego, el peróxido de hidrógeno (30-35 %) en disolución, en una relación 1:1 respecto al sulfato de hierro.
5. Se pasa a un tanque de neutralización para adicionar una base (hidróxido de sodio 0.5 M) hasta pH entre 6 y 8.
6. Precipitar el hidróxido de hierro en forma de lodo con agentes coagulantes (FeCl_3).
7. Coagular el lodo en un tanque de coagulación.
8. Su disposición final debe hacerse con una empresa certificada.

(Bes Monge, Silva y Bengoa, 2018)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos pueden ser utilizados mediante la técnica de pirólisis, que consiste en la conversión de biomasa en residuos de polímeros, productos químicos y combustibles automotrices. Son un modelo de hidrocarburos y materias primas no convencionales dependiendo de los parámetros de temperatura, tiempo de resistencia y presión parcial, empleado en los reactores del laboratorio (Ústav y Katalýzy, 2015).

Ficha 010: alcoholes aromáticos

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (G) aromáticos con diferentes grupos funcionales	
Familia química: disolventes no halogenados	
Residuo: (Tipo 28) alcoholes aromáticos	Ficha: 010
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son compuestos orgánicos en los cuales el anillo aromático se encuentra enlazado a un grupo hidroxilo, lo cual establece propiedades fisicoquímicas con tendencia a las de los alcoholes (Aldabe, 2004). Son poco solubles en agua y tienen un olor agradable (Hans y Wolfgang, 1987). En este grupo se encuentran compuestos como el fenol (C_6H_6O), el catecol ($C_6H_6O_2$), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP ➡  2. Equipos ➡  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS01 Sustancias explosivas (EX)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes presentan incompatibilidad con los alcoholes aromáticos.

Residuos	ácidos inorgánicos débiles y fuertes	aminas alifáticas
	anhídridos orgánicos	

Tratamiento: oxidación química (ozonización)

1. Se introduce el fenol o el alcohol aromático en una cámara con deflectores.
2. Se libera el ozono por medio de válvulas. Este proceso produce la degradación del fenol y libera ácido oxálico y oxígeno.
3. La cinética de la reacción de oxidación depende decisivamente de dos parámetros: la temperatura y el pH. Por lo tanto, si el valor del pH cambia de 8 a 11, la tasa de degradación del fenol se duplicará, lo cual es requerido para degradar parte del fenol.
4. Se libera el gas con una concentración de ozono inferior a 0.1 ppm.

(Bes Monge, Silva y Bengoa, 2018)

Mecanismo de aprovechamiento

La recuperación de los residuos se realiza mediante una reacción química con hidróxido de sodio, obteniendo fenolato de sodio que se utiliza para las resinas fenólicas tipo novolacas. Los residuos resultantes se absorben completamente por el lecho de carbón activado granular para asegurar que no queden trazas de residuos expuestas por el proceso. Luego pueden ser vertidos al alcantarillado o desagüe (Rivera Lapa, 2010).

Ficha 011: sales nitrogenadas

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (J) residuos de sales y soluciones acuosas inorgánicas	
Familia química: sales y soluciones acuosas	
Residuo: (Tipo 45) sales nitrogenadas	Ficha: 011
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son compuestos inorgánicos iónicos que forman parte del ciclo del nitrógeno. En este grupo se encuentran compuestos como el nitrato de cobre ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$), nitrato (NO_3^-), nitrato de amonio (NH_4NO_3), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP ➔  2. Equipos ➔  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma				
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS03 Sustancias comburentes (CB)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con las sales nitrogenadas.

Residuos	hidrocarburos halogenados insaturados
----------	---------------------------------------

Tratamiento: oxidación química

1. Estos compuestos de nitrógeno se pueden eliminar por el método de oxidación.
2. Primero todo el nitrógeno se oxida a nitrato utilizando bacterias nitrificantes.
3. Luego, el nitrato es desnitrificado por las bacterias que lo convierten en nitrógeno molecular, que escapa del agua.
4. La segunda etapa de reducción de nitratos requiere sustancias oxidadas, por lo que, si es necesario, se puede agregar metanol y luego convertirlo en CO₂.
5. Para lidiar con fugas o desbordamientos:
 - a. Ventile las áreas con fugas o derrames.
 - b. Recoja el líquido que gotea en recipientes herméticos tanto como sea posible.
 - c. Diluir los materiales recolectados sin agua.
 - d. Neutralizar con álcali diluido como carbonato de sodio a cal viva.
 - e. No intente absorber con materiales combustibles como el aserrín.

(Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Se pueden tratar con la técnica de absorción de óxidos de nitrógeno (NO_x), mediante una reacción química en fase líquida a través del ácido sulfúrico. Las sales nitrogenadas, en su reacción con los óxidos de nitrógeno, forman el compuesto HSO_4NO (ácido nitrosil sulfúrico), que permanece en fase líquida con condiciones de alta presión (a 2 atm) y baja temperatura (35 °C). Los óxidos de nitrógeno (NO_x) se absorben en la fase líquida. De igual forma, el proceso se puede invertir a alta temperatura (180 °C) y baja presión (0.5 atm). Esto quiere decir que la molécula de nitrógeno (que se convierte en ácido nítrico debido a la presencia de agua) se separa del ácido sulfúrico y puede usarse para esterilización (Condorchem Envitech, s.f.b).



Ficha 012: ésteres alifáticos

50

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (F) orgánicos con diferentes grupos funcionales	
Familia química: disolventes orgánicos no halogenados	
Residuo: (Tipo 23) ésteres alifáticos	Ficha: 012
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son compuestos orgánicos que contienen un grupo funcional éster y algún tipo de cadena de carbono alifático. Es decir que un átomo de carbono contiene un enlace doble a un átomo de oxígeno y un enlace sencillo a un segundo átomo de oxígeno. Además, son versátiles por su capacidad de disolver una amplia gama de compuestos (Ricardo, 2020). En este grupo se encuentran compuestos como el acetato de amilo ($C_7H_{14}O_2$), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$), etanolato de sodio (C_2H_5ONa), acetato de isobutilo ($C_6H_{12}O_2$), etanolato de potasio (C_2H_5KO), tercbutanolato de sodio, propanolato de sodio ($C_3H_5NaO_2$), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP ➔  2. Equipos ➔  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los ésteres alifáticos.

Residuos	ácidos inorgánicos
-----------------	--------------------

Tratamiento: hidrólisis

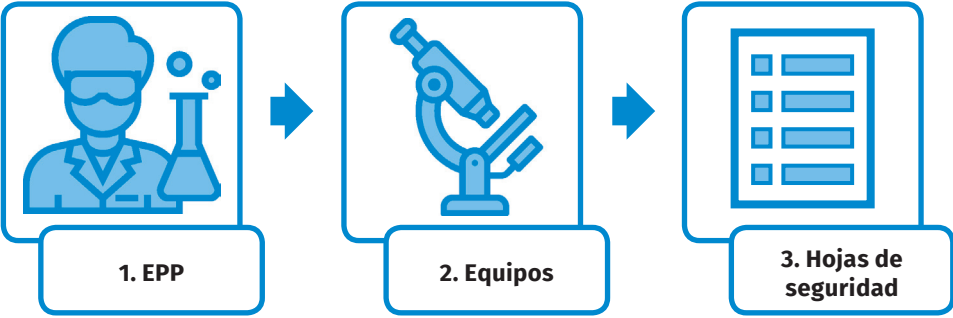
1. Agregar a 50 mg una disolución de 10 ml de NaOH a 5M.
2. Agitar a temperatura ambiente.
3. Se espera que los compuestos sean hidrolizados a alcanos, alcoholes o ácidos de baja cadena molecular.

(Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos de ésteres alifáticos se pueden tratar mediante el proceso de esterasa, un sistema degradación (Sören, 2021), puesto que, en su proceso, las enzimas catalizan la hidrólisis de enlaces éster en sus propiedades enzimáticas de sustrato (Ramos Jiménez, 2016). Después de este proceso, se pueden utilizar para sintetizar compuestos antioxidantes (Sutto Ortiz, 2012).

Ficha 013: ácidos inorgánicos

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (H) ácidos inorgánicos	
Familia química: ácidos	
Residuo: (Tipo 39) ácidos inorgánicos	Ficha: 013
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Conceptualización Son compuestos que tienen hidrógeno de uno o más elementos que, al disolverse en agua u otro solvente, se descompone o disocia para liberar iones de hidrógeno. Se utilizan como sustancias químicas intermedias, colorantes y catalizadores en reacciones químicas. Este grupo incluye compuestos como el ácido tetraoxosilícico (H_4SiO_4), el ácido fosfórico (H_3PO_4), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL).	
Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.	
  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma		
Descripción	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los ácidos inorgánicos.

Residuos	metales en general
-----------------	--------------------

Tratamiento: neutralización

1. Tomar un recipiente cuyo contenido de solución acuosa a temperatura ambiente supere el 10 % en peso de hidróxido de sodio (NaOH).
2. Luego, verter lentamente y agitar con el ácido.
3. Controlar la temperatura al principio de la adición, ya que es una reacción exotérmica.
4. A la mezcla resultante, se le toma el pH que debe estar entre 5.5 a 9.
5. No verter al desagüe. La disposición final debe ser con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con exceso de agua.

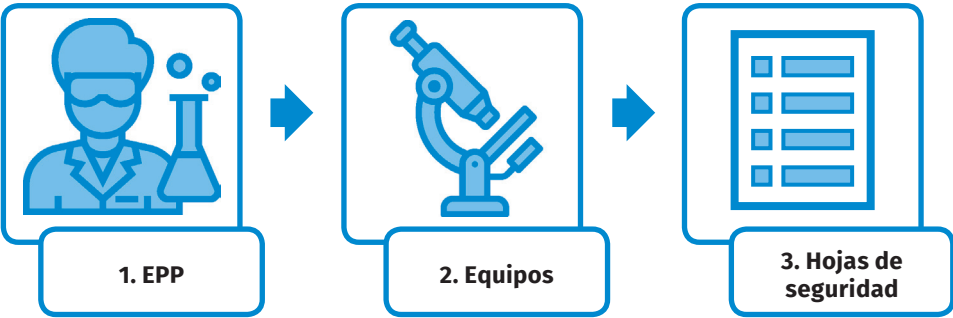
Nota: agregar siempre el ácido al agua, nunca en sentido contrario. Para eliminar derrames de ácidos inorgánicos fuertes cubrir la zona contaminada con bicarbonato de sodio (NaHCO_3) y abundante agua. Al final, verter al desagüe.

(Villanueva, Torres, García y Morales, 2010).

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se pueden utilizar para la acidificación en el refinado de minerales de estaño y tantalio. También pueden usarse para la eliminación de capas de óxido de calderas y equipos de intercambio de calor (Finklea et ál., 1998).

Ficha 014: ésteres aromáticos

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (G) aromáticos con diferentes grupos funcionales	
Familia química: disolventes no halogenados	
Residuo: (Tipo 31) ésteres aromáticos	Ficha: 014
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Conceptualización Los ésteres son compuestos que se forman por la unión de ácidos con alcoholes, lo que genera agua como subproducto (Yamaguchi, 2020). Según el tipo de ácido orgánico que se usó en la formación, el compuesto se puede clasificar en aromático, correspondiente a los derivados de los anillos bencénicos (Morrison y Boyd, 1998). En este grupo se incluyen compuestos como el ión benzoato ($C_6H_5COO^-$), el benzoato de propilo ($C_{10}H_{12}O_2$), el benzoato de etilo ($C_9H_{10}O_2$), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL).	
Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.	
  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS01 Sustancias explosivas (EX)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los ésteres aromáticos.

Residuos	ácidos inorgánicos
-----------------	--------------------

Tratamiento: evaporación

1. Tomar diferentes cantidades de éster aromático (Et2O).
2. Se debe tener en cuenta que el éster aromático (Et2O) no contenga peróxido o inhibidores, para evitar la formación de mezclas combustibles de vapor/aire. Mantenerlo lejos de llamas abiertas u otras fuentes de inflamación.
3. Se debe mantener una temperatura entre 200 °C a 230 °C para proceder a evaporar en la caja de vidrio.
4. El éster aromático Et2O también se puede combinar con al menos 10 volúmenes de disolventes con puntos de ebullición más altos para la incineración.
5. Los gases se transportan por ductos al ambiente. En otras condiciones se obtiene la energía de combustión que se puede transformar en electricidad, por medio de una turbina y agua en condición térmica; también en climatización de frío o calor.

(Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se pueden recuperar mediante el proceso de separación de membranas de nanofiltración, el cual puede utilizarse como único complemento de las operaciones de separación básicas en procedimientos químicos. A través de las membranas de nanofiltración se pueden retener las moléculas de agua después de su separación previa. Por ende, esto se ablanda para eliminar los metales pesados de los solventes orgánicos de los ésteres en su tratamiento durante su ósmosis inversa (Condorchen Evitech, s.f.a).

Ficha 015: ácidos carboxílicos alifáticos

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (F) orgánicos con diferentes grupos funcionales	
Familia química: ácidos orgánicos	
Residuo: (Tipo 22) ácidos carboxílicos alifáticos	Ficha: 015

PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS

Conceptualización

Los ácidos carboxílicos son aquellos que contienen un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$), unido a un radical alquilo. Estos ácidos tienen puntos de ebullición más altos que los alcoholes ya que presentan mayor masa molecular y, a su vez, más estabilidad, debido a la presencia de doble puente de hidrógeno (Cruz, 2017). En este grupo se incluyen compuestos como el ácido glicólico ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$), ácido valérico ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$), ácido butírico ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$), ácido propanoico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$), ácido acético (CH_3COOH), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL).

Medidas previas

Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.



1. EPP

➔



2. Equipos

➔



3. Hojas de seguridad

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)

Incompatibilidades

Por medio de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los ácidos carboxílicos alifáticos.

Residuos	ácidos inorgánicos
-----------------	--------------------

Tratamiento: neutralización

1. Tomar 50 mg (o 1 gota) del ácido carboxílico de la muestra problema.
2. Agregar unas gotas de agua para comprobar si es soluble.
3. Luego, en una balanza analítica, pesar una muestra seca (alrededor de 0.5 g) en un vaso de precipitados de 100 ml y agregue 10 ml de agua (o de etanol si la muestra es poco o insoluble en agua).
4. Disolver la muestra, calentar a baño de maría si es necesario. Transferir la solución a un Erlenmeyer de 250 ml, lavar el vaso de precipitados con el solvente para asegurar que no quede muestra en dicho vaso y verter completamente al Erlenmeyer.
5. Agregar 2 gotas de solución de fenolftaleína al 0.2 % (p/v) y titular con hidróxido de sodio NaOH de normalidad conocida (0.5 N).
6. En el punto final de la titulación se produce un viraje que va de incoloro a rosa tenue que permanece por al menos 30 segundos.
7. Cuando se utilice alcohol como solvente el punto final con fenolftaleína no es claro. Por eso debe utilizarse preferencialmente azul de bromotimol como indicador.

(Urbina y González, 2013)

8. En caso de que estos residuos de ácidos orgánicos se desborden, la superficie contaminada se cubrirá con un exceso de bicarbonato de sodio (NaHCO_3)

(Gómez Guarnizo, 2003)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos pueden ser tratados mediante el proceso de reciclaje de soluciones acuosas, con el sistema de bomba de circulación cerrada de Temarry, por ejemplo, a través del cual se pueden recuperar los residuos químicos a base de agua. La corrosividad del líquido (ácido), agua aceitosa y refrigeración del agua disponible también permite reducir en gran medida el uso de agua limpia. Por lo tanto, en su proceso final, toda el agua es solo para uso interno, es decir que se emplea en la torre de enfriamiento para el proceso de destilación de solventes y en la cámara de combustión principal para el aprovechamiento energético (Temarry, 2008).



Ficha 016: soluciones acuosas de metales pesados

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (J) residuos de sales y soluciones acuosas inorgánicas	
Familia química: sales y soluciones acuosas de metales pesados	
Residuo: (Tipo 48) soluciones acuosas de metales pesados	Ficha: 016
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son disoluciones acuosas de productos inorgánicos en los que se establece la división de metales pesados con un número atómico más alto que el del calcio, por ejemplo, el del cobre (Cu), el cromo (Cr), el manganeso (Mn), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos a continuación presentan incompatibilidad con las soluciones acuosas de metales pesados:

Residuos	ácidos inorgánicos	bases alcalinas
	amoníaco	

Tratamiento: neutralización

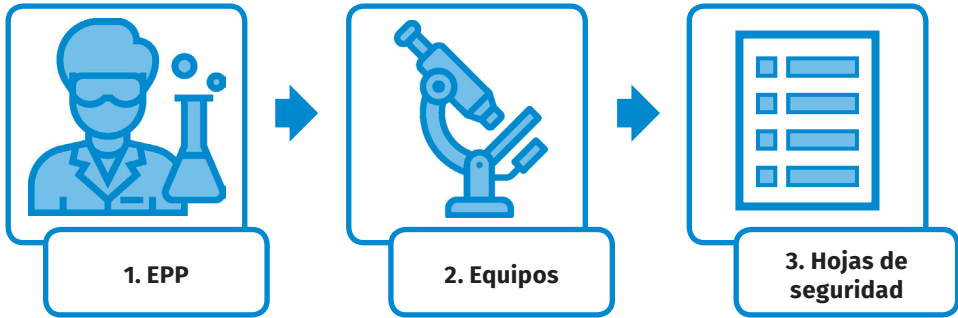
1. Diluir el residuo de cobre en 4 ml de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).
2. Si no se encuentra el reactivo disponible, utilizar sulfato ferroso (FeSO_4), metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) o dióxido de azufre (SO_2).
3. Luego precipitarlo alcalizándolo, para que la reducción en la reacción suceda de manera más acelerada.
4. Agregar el compuesto orgánico óxido de titanio (TiO_2), un elemento común en la tierra como mineral.
5. No verter al desagüe. Su disposición final debe hacerse con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con exceso de agua.

(Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se pueden tratar por medio del sistema de oxidación por fotocatalisis. Este método consiste en la destrucción de los contaminantes mediante el empleo de radiación solar ultravioleta y catalizadores, con el objeto de formar radicales hidroxilos. Estos tienen un efecto oxidante sobre los contaminantes químicos y se pueden usar como fuente de energía solar (Garcés Giraldo et ál., 2004).

Ficha 017: aminas y amidas alifáticas

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (F) orgánicos con diferentes grupos funcionales	
Familia química: aminas y amidas alifáticas	
Residuo: (Tipo 25) aminas y amidas alifáticas	Ficha: 017
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son compuestos producidos a menudo en la descomposición de la materia orgánica cuando uno o más átomos de hidrógeno del amoníaco (NH_3) son sustituidos por uno, dos o tres radicales alquil o alcanol. Según el número de grupos que se unen al nitrógeno, estos compuestos se clasifican en primarios (NH_2R), secundarios (NHR_2) o terciarios (NR_3), los cuales sirven como productos químicos intermedios, disolventes, catalizadores (Lara, 2009). En este grupo se incluyen compuestos como la butilamina ($\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP 2. Equipos 3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma			
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los aminas y amidas alifáticas.

Residuos	aldehídos	ácidos inorgánicos fuertes y débiles	ácidos orgánicos
	acrilatos	ácidos orgánicos insaturados	

Tratamiento: neutralización

1. Diluir 1 g de residuo de nitrosa amida en 30 ml de metanol.
2. Agregar 30 ml de solución saturada de carbonato sódico (Na_2CO_3). Dejar la mezcla a temperatura ambiente durante 24 h.
3. Agregar 30 ml de carbonato sódico (Na_2CO_3) con una concentración de 1 M y 10 g. Dejar la mezcla a temperatura ambiente durante 24 h.
4. Agregar 30 ml de solución concentrada de hidróxido de potasio (KOH) 1 M. Posteriormente, agitar la mezcla durante 24 h y, luego, filtrar.
5. No verter al desagüe. La disposición final debe hacerse con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con exceso de agua.

Nota: En caso de fugas o desbordamientos cubrir la zona contaminada con metanol.

(Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Se utilizan ampliamente como productos intermedios, disolventes, catalizadores, estabilizantes, por sus compuestos con bases débiles, por lo que pueden reaccionar con ácidos fuertes (corrosivos). Esto puede ser útil para los sistemas de generación de vapor en sus líneas de transacciones de agua condensada: al reaccionar con el dióxido de carbono (CO_2) existente, produce ácido carbónico, que se agota en la presencia de las aminas o amidas a neutralizar. De igual manera, por su capacidad neutralizante, interviene en la corrosión en el sistema de generación de vapor. Allí las aminas o amidas deben ser alimentadas estratégicamente, ya que su efectividad en el canal del proceso depende proporcionalmente de su volatilidad (Maquimex, 2021).



Ficha 018: hidrocarburos aromáticos

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (D) hidrocarburos aromáticos	
Familia química: disolventes orgánicos halogenados	
Residuo: (Tipo 16) hidrocarburos aromáticos	Ficha: 018
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS Conceptualización Son compuestos cuyas moléculas están formadas por una o más estructuras de anillo bencénico, conformados por átomos de carbono e hidrógeno (Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo). Por otra parte, por su intenso y agradable aroma son llamados compuestos aromáticos (Restrepo, 1950). En este grupo se incluyen compuestos como el bromo benceno (C_6H_5Br), cloro tolueno (C_7H_7Cl), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP 2. Equipos 3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma				
Descripción	GHS02 Sustancias inflamables (IN)	GHS07 Toxicidad aguda categoría 4 (peligro al inhalar) (DA)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)	GHS09 Daño para el medio ambiente acuático (EN)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los hidrocarburos aromáticos.

Residuos	ácido nítrico
-----------------	---------------

Tratamiento: evaporación

1. Este disolvente se puede eliminar por evaporación a presión reducida.
2. Por cada 5 mg de residuo hidrocarburo aromático (HAP), agregar 2 ml de acetona y verificar que los hidrocarburos estén completamente disueltos, incluidos los hidrocarburos que puedan adherirse a las paredes del recipiente.
3. Luego, por cada 5 mg de residuo hidrocarburo aromático (HAP), añadir 10 ml de solución de permanganato de potasio (KMnO_4) con una concentración de 0.3 M a la solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4).
4. Después concentrar 3 M (recién preparado), remover la mezcla y dejar reaccionar durante 1 hora.
5. En cuanto al color púrpura, será el mismo durante todo el tiempo de reacción. De ser posible, agregar más permanganato de potasio (KMnO_4) hasta que la mezcla de reacción permanezca violeta durante 1 hora.

6. Simultáneamente en la reacción, usar ácido ascórbico para decolorar y neutralizar la solución y verificar si la destrucción se completó.
7. Finalmente usar exceso de agua para verterla en el alcantarillado (Guarnizo, 2003).
8. Para lidiar con derrames, se puede cubrir la zona con carbón activado granular, que puede remover hasta el 99 % de estos hidrocarburos volátiles.

(Gaitán Varón et ál., 2021)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos pueden ser utilizados como gas de combustión adsorbido en carbón activado. Consiste en cadenas moleculares básicas y complejas que pueden eliminar del gas otros componentes orgánicos volátiles (COV), por sus hornos de activación en el proceso de purificación de gases de combustión que deshace los hidrocarburos volátiles (Lema, 2021).



Ficha 019: hidróxido de potasio

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (I) alcalinos	
Familia química: bases inorgánicas	
Residuo: (Tipo 41) hidróxido de potasio	Ficha: 019
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Conceptualización Es un compuesto químico inorgánico, el cual es soluble en agua cuando se desprende calor, para la clasificación de tipos de residuos (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL). Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	
Identificación de peligros Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:	

Pictograma		
Descripción	GHS05 Sustancias corrosivas (CR)	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los hidróxidos de potasio.

Residuos	ácidos inorgánicos fuertes y débiles	ácidos orgánicos
	anhídridos orgánicos	aldehídos

Tratamiento: neutralización

1. Diluir con agua (H_2O), en relación de 1:5 por volumen.
2. Neutralizar hasta un pH 6-8.
3. Añadir disolución al 50 % de ácido sulfúrico (H_2SO_4) lentamente.
4. Diluir la solución obtenida a 1:10.
5. No verter al desagüe. La disposición final debe hacerse con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con exceso de agua.

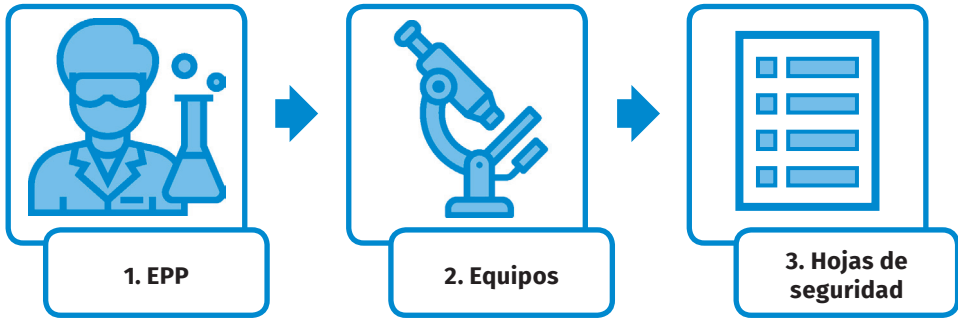
(Díaz Peñalver, 2000)

Nota: siempre agregar lentamente el ácido al agua (nunca en el sentido contrario). En caso de presentarse desbordamiento de superficie contaminada cubrir con bisulfato de sodio ($NaHSO_4$) (Ministerio de Educación Superior, 2014) o utilizar un exceso de 50 % de solución de ácido clorhídrico (HCl) o ácido sulfúrico (H_2SO_3) y el residuo resultante se diluye con agua (H_2O) (Díaz Peñalver, 2000).

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se pueden reciclar y utilizar para producir biodiésel, con base en la reacción de transesterificación, optimizando las variables del proceso como el exceso de metanol y catálisis para la desactivación del hidróxido de potasio (KOH). No puede tener una temperatura superior a 100 °C. Los residuos restantes de la reacción como el agua y los desechos se utilizan como fertilizantes. Se debe tener en cuenta que el resultado esperado es según las condiciones óptimas en el proceso, esto hace referencia el exceso de metanol, catálisis, desactivación del catalizador, agitación y temperatura (Jaramillo Henao y Zapata Márquez, 2008).

Ficha 020: sales haloideas

SGA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS MANEJO INTERNO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Clasificación: (J) residuos de sales y soluciones acuosas inorgánicas	
Familia química: sales	
Residuo: (Tipo 44) sales haloideas	Ficha: 020
PROTOCOLO DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS	
Conceptualización Son compuestos cuaternarios que contienen oxígeno e hidrógeno. Resultan de la reacción de un ácido hidrácido con hidróxidos, formados de la combinación de un metal con un no metal de los grupos o familias VII y VI de la tabla periódica (Carrillo y Chamorro, 2018, p. 82). Según el halógeno del cual se componen, en este grupo se incluyen compuestos como el yodo (I), el bromo (Br), entre otros (ver Anexo 1. RESPEL PIRS UNAL).	
Medidas previas Recuerde contar con los elementos de protección personal básicos (EPP) antes de ingresar al laboratorio, revisar el estado actual de los elementos y equipos de trabajo, leer la información consignadas en las fichas de seguridad de cada uno de los reactivos a emplear y limpiar el área de trabajo.	
  1. EPP  2. Equipos  3. Hojas de seguridad	

Identificación de peligros

Empleando la metodología de identificación de peligrosidad y pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA), se obtienen para el residuo en cuestión las siguientes características:

Pictograma		
Descripción	GHS08 Cancerígeno, mutágeno (MU)	GHS09 Dañino para el medio ambiente acuático (EN)

Incompatibilidades

Por medio de las relaciones de la matriz de incompatibilidad (información de peligros, estabilidad y reactividad) entre residuos peligrosos y empleando el SGA, los siguientes residuos presentan incompatibilidad con los alcoholes alifáticos:

Residuos	ácidos inorgánicos
-----------------	--------------------

Tratamiento: neutralización

1. Diluir agua (H_2O) con una relación de 1:5 de volumen.
2. Neutralizar hasta un pH 6-8.
3. Añadir ácido sulfúrico (H_2SO_4) lentamente.
4. Obtenida la disolución a 1:10.
5. No verter al desagüe. Su disposición final debe hacerse con una empresa certificada. Si se cuenta con una PTAR, la solución resultante se vierte por el desagüe con exceso de agua.

(Díaz Peñalver, 2000)

Mecanismo de aprovechamiento

Los residuos se pueden tratar mediante oxidación térmica bajo ciertas condiciones específicas. Posteriormente, se recicla en forma de ácido mineral de alta pureza (Ichem, 2021).

Rutas de recolección interna

La Universidad Santo Tomás, seccional de Villavicencio, cuenta con rutas de recolección interna para el manejo adecuado de los residuos sólidos, incluyendo los peligrosos. Estas rutas aseguran la reducción de riesgo de exposición y contaminación cruzada de este tipo de residuos, lo que garantiza condiciones sanitarias y libres de exposición a riesgo biológico y químico. A continuación, se presentan los mapas con las rutas de recolección realizadas por la Coordinación de Gestión Ambiental de la USTA, seccional de Villavicencio (Figuras 3 y 4).

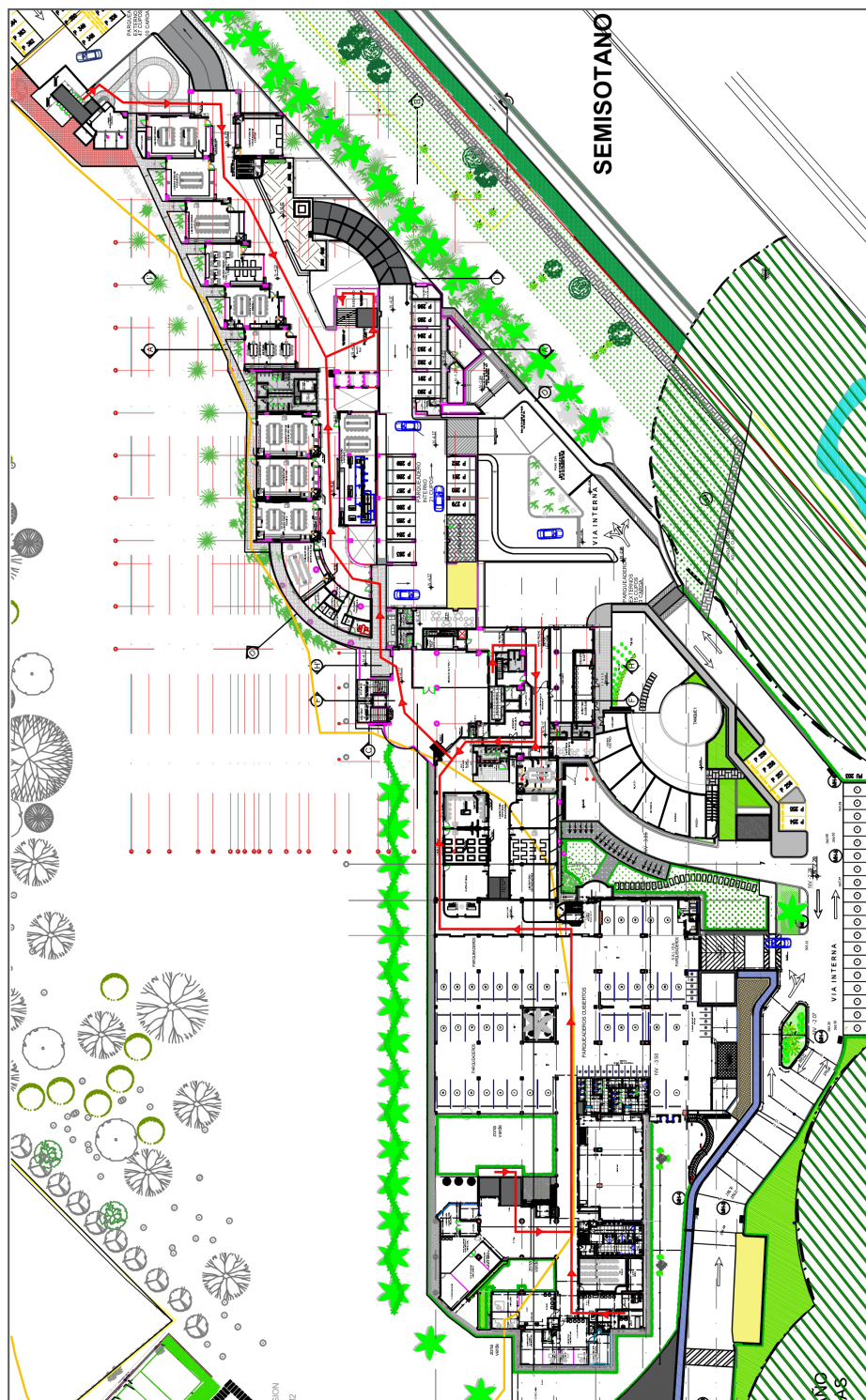


Figura 3.

Ruta de recolección interna: semisótano

Fuente: Oficina de Gestión Ambiental. Coordinación Universidad Santo Tomás, Villavicencio.

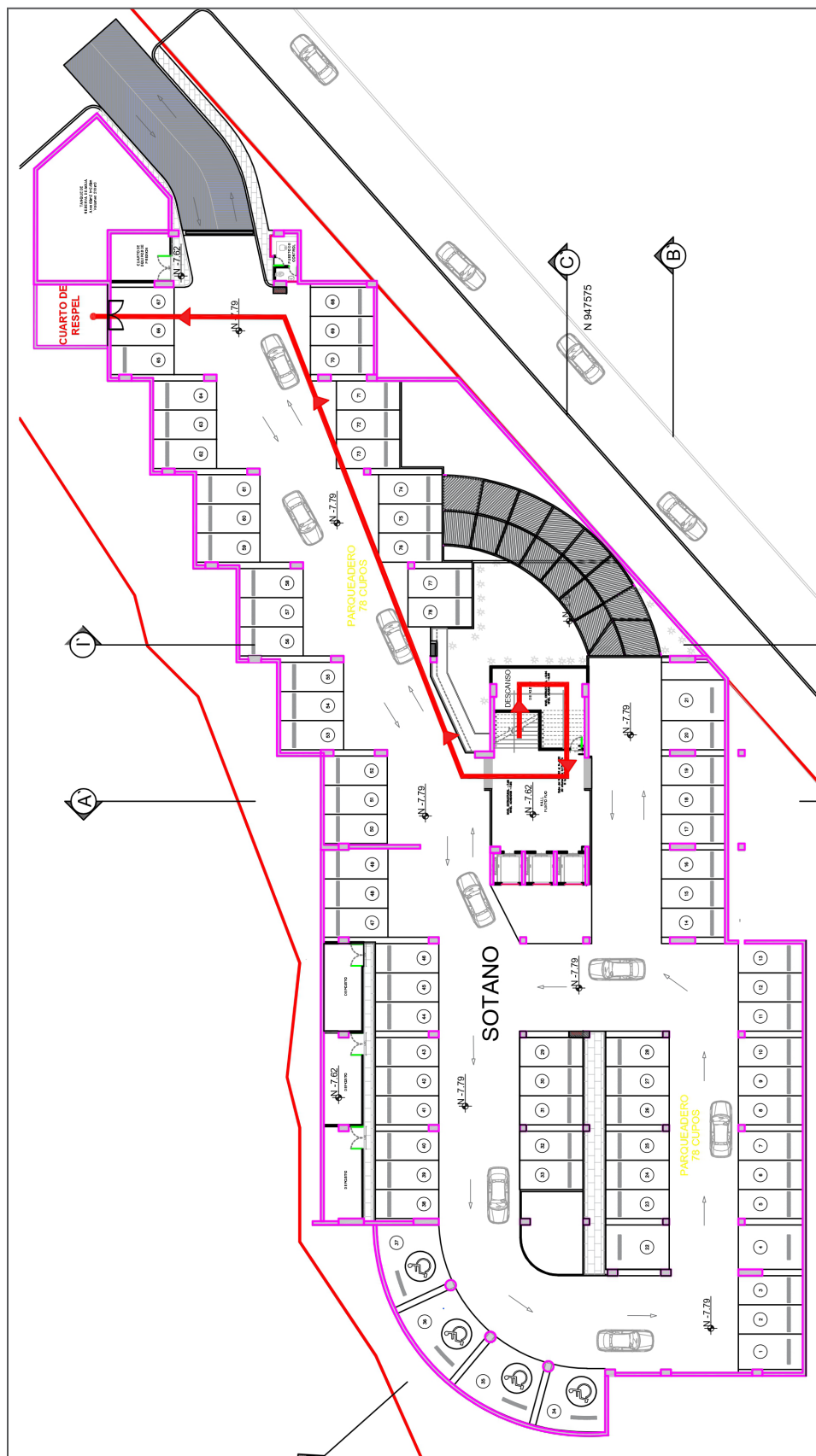


Figura 4.

Ruta de recolección interna: sótano

Fuente: Oficina de Gestión Ambiental. Coordinación Universidad Santo Tomás, Villavicencio.

Referencias

- Aldabe, S. B. (2004). Química en acción. En *Química 2*. Buenos Aires: Colihue.
- ARL Sura. (2020, octubre). *Sistema Globalmente Armonizado para la clasificación y etiquetado de productos químicos*. <https://www.arlsura.com/files/2018/Sistema-SGA-ARL.pdf>
- ATR Consultores. (2008). *Proyecto de reciclaje de hidróxido de sodio*. Gestión Ambiental y Seguridad Industrial.
- Benítez, R. R. (2013). Gestión integral de residuos químicos generados en los laboratorios de docencia en química de la Universidad del Cauca. *Ciencia en desarrollo*, 4(2), 63-72.
- Bes Monge, S., Silva, A. M., y Bengoa, C. (2018). *Manual técnico sobre procesos de oxidación avanzada aplicados al tratamiento de aguas residuales industriales*. Madrid, España: Red de tratamiento y reciclaje de aguas industriales mediante soluciones sostenibles fundamentadas en procesos biológicos.
- Carrillo, E. y Chamorro, S. (2018). Sales halógenas. En *Nomenclatura química inorgánica* (pág. 82). Universidad Internacional SEK.
- Comité Técnico Ambiental. (2012). *Protocolo de seguridad química: Manipulación segura de sustancias químicas*. Universidad Industrial de Santander.
- Condorchen Evitech. (s.f.a). *Cogeneración a partir de residuos*. Consultado el 15 de diciembre de 2022 <https://condorchem.com/es/blog/cogeneracion-de-residuos/>
- Condorchen Evitech. (s.f.b). *Eliminación de NOX (óxidos de nitrógeno)*. Consultado el 15 de diciembre de 2022. <https://blog.condorchem.com/eliminacion-de-nox/>
- Cruz, F. H. (2017). *Guía temática para el curso de química orgánica II*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- De Fex-Anichiárico, R. L. (2000). *Modelo cero accidentes, Suratep*. Administradora de Riesgos Profesionales. Litotipo, Ltda.
- Díaz Peñalver, N. (2000). *Manual de gestión de los residuos especiales de la Universidad de Barcelona*. Publicacions de la Universitat de Barcelona. https://www.ub.edu/ossma/wp-content/uploads/2016/03/manual_residus_especials_cs.pdf

- Dwojak, A. N., Vera, M. L., Traid, H. D., Rosenberger, M. R., Schvezov, C. E., Litter, M. I. (2022). Photocatalytic and mechanical properties of immobilized nanotubular TiO_2 photocatalysts obtained by anodic oxidation: a novel combined analysis. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 21, 1793–1806. <https://doi.org/10.1007/s43630-022-00257-5>
- Durst, D., y Gokel, G. (2007). Química orgánica experimental. En *Tipos de alcoholes* (pp. 500-502). Reverté, S.A.
- Elizondo, L. (1999). *Manejo, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos generados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAL*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de León]. Repositorio de la Universidad Autónoma de León <http://eprints.uanl.mx/6342/1/1080095025.PDF>
- Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. (s.f.). *Propiedades de los hidrocarburos aromáticos*. Guía de productos químicos. <https://www.insst.es/documents/94886/162038/6.+Hidrocarburos+arom%C3%A1ticos--+Hidrocarburos+arom%C3%A1ticos+halogenados--+Hidrocarburos+poliarom%C3%A1ticos--+Isocianatos--+Cetonas>
- Espinoza Eche, J. J. (2003). *Tratamiento y disposición final de residuos industriales generados en una refinería*. Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtual/publicaciones/geologia/vo6_n11/trata_dispo.htm
- Finklea, J., Messite, J., Coppée, G. H., Sauter, S. L., Hunt, V. R., Spiegel, J., . . . Myers, M. L. (1998). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Chantal Dufresne, BA. <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/proteccioncivil/normatividad/Enciclopedia%20de%20salud%20y%20seguridad%20en%20el%20trabajo.pdf>
- Fisher Scientific. (s.f). *Ácido clorhídrico (HCl)*. Consultado el 15 de diciembre de 2022. <https://www.fishersci.es/es/es/products/I9C8K49K/hydrochloric-acid.html>
- Gaitán Varón, M., González Herrera, L. F., Pedraza Vega, J. I., León Manrique, L. C. y Murad Pedraza, J. A. (2021). *Guía nacional para el control, monitoreo y seguimiento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/GUIA-EMISIONES-COMPUESTOS-VOLATILES3-1.pdf>
- Garcés Giraldo, L. F., Mejía Franco, E. A. y Santamaría Arango, J. J. (2004). La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 83-92.
- Gómez Guarnizo, C. A. (2003). *Plan de manejo de residuos peligrosos para el laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería Ambiental* [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15803/u239225.pdf?sequence=1>
- Greener Industry. (2021). http://resources.schoolscience.co.uk/greenerindustry/pages/sulphuric_acid/8sulphuricacidrecycling.html

- Gutsche, C. y Pasto D. (1979). Fundamentos de química orgánica. En *Hidrocarburo lineal y ramificado* (pp. 463-464). Reverté, S.A.
- Hans, B. y Wolfgang, W. (1987). *Manual de química orgánica*. Reverté, S.A.
- Ichem. (2021). *The vichem group*. <http://www.vitherm-rus.ru/vichem-products-waste-treatment-acid-recovery-en.html>
- Jaramillo Henao, G. y Zapata Márquez, L. M. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Universidad de Antioquia.
- Lara, A. (2009). *Química orgánica I*. OpenCourseWare UAM.
- Lema, W. (2021). *Desotec activate carbon*. <https://www.desotec.com/es/carbonologia/casos/eliminaci-n-de-haps-en-gases-de-combusti-n>
- López, F., Delgado, A. L. y Manso, F. Y. (2009). *Situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención de negro humo de alta pureza*. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas.
- Maquimex. (s.f.). *Aminas como inhibidores de corrosión*. Consultado el 15 de diciembre de 2022. <https://maquimex.com/blog/que-tipo-de-aminas-debo-de-elegir-para-inhibir-la-corrosion-de-un-proc>
- Martínez Molina, S. (2019). *Ampliación de la metodología de sustancias químicas considerando variables de salud ocupacional y sistema globalmente armonizado* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá]. Repositorio Insitucional UN. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77245>
- Mech-Chem Associates, I. (s.f.). *Acid Recycling at Electronics Plating Company*. Consultado el 15 de diciembre de 2022. <https://mech-chem.com/images/stories/Acid-Brochure/HCL.pdf>
- Meyer, R. (2018). *Manejo de desechos químicos para laboratorios*. Physikalisch-Technische Bundesanstalt. https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_9/9.3_internationale_zusammenarbeit/publikationen/Get_an_Insight_into_Our_Instruments/PTB_Info_Chemical-Waste-Management_SP.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos*. Organización de Control Ambiental y Desarrollo Empresarial-OCADE.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Decreto 4741 de 2005: Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral*. República de Colombia.
- Ministerio de Educación Superior. (2014). *Sustancias químicas peligrosas*. Universitaria Félix Varela.
- Ministerio de Trabajo de la República de Colombia. (2018). *Decreto 1496 de 2018*.

- Morrison, R. T., y Boyd, R. N. (1998). *Química orgánica*. Pearson Educación.
- Naciones Unidas. (2015). *Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos*. Naciones Unidas. https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_revo6/Spanish/ST-SG-AC10-30-Rev6sp.pdf
- Parry, R., Steiner, L., Tellefsen, R. y Dietz, P. (1973). *Química fundamentos experimentales*. Reverté, S.A.
- Programa de Investigación sobre Residuos [PIRS]. (2021). *Ruta de asignación de tipos de residuos peligrosos-RESPEL*. Universidad Nacional de Colombia. <https://ogabogota.unal.edu.co/wp-content/uploads/2021/06/Pendon-ruta-Respel-Final.pdf>
- Promoting Effective Spill Response. (2011). *Eliminación de hidrocarburos y desechos*. https://www.itopf.org/uploads/translated/Final_TIP_9_2011_SP.PDF
- Químicas. (2015a). *El azufre*. <https://www.quimicas.net/2015/07/el-azufre.html>
- Químicas. (2015b). *Alcoholes*. <https://www.quimicas.net/2015/05/ejemplos-de-alcoholes.html>
- Quimpac de Colombia S.A. (2012). *Ácido clorhídrico*. <https://www.quimpac.com.co/index.php/acido-clorhidrico>
- Ramoz Jiménez, S. (2016). *Identificación y caracterización de una esterasa proveniente del acuífero de Yucatán* [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán]. Repositorio Institucional CICY. https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1155/1/PCB_BT_M_Tesis_2016_Ramos_Sergio.pdf
- Raymundo, N. (2016). *Gestión de residuos generados en laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*. [Tesis de maestría]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/3639?show=full>
- Restrepo, F. &. (1950). ¿Qué son los hidrocarburos aromáticos? En *Hola, química* (pág. 133). Susaeta Ediciones S. A.
- Ricardo, R. (2020, 28 de octubre). ¿Qué es un éster alifático? Definición, Síntesis y Disolvente. *Estudiando*. <https://estudiando.com/que-es-un-ester-alifatico-definicion-sintesis-y-disolvente/#::~:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20un%20%C3%A9ster%20alif%C3%A1tico&text=En%20qu%C3%ADmica%20org%C3%A1nica%2C%20el%20t%C3%A9rmino,compuesto%20pentano%20se%20considerar%C3%ADa%2>
- Rivera Lapa, G. P. (2010). *Método para la recuperación de fenol en aguas residuales industriales y su contribución para minimizar el impacto al ecosistema acuático*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Shanley, E. (1990). *Organic Peroxides*. Sociedad Química Americana.
- Sören, A. (2021). *Nachhaltigkeit im organisch-chemischen Praktikum*. Solvent Wastes in the Laboratory. https://www.oc-praktikum.de/nop/en/articles/pdf/SolventRecyclingDisposal_en.pdf
- Soto, J. L. (2005). *Química orgánica II: hidrocarburos y sus derivados halógenos*. Síntesis.

- Sutto Ortiz, P. (2012). *Estudio de la actividad en síntesis e hidrólisis de la esterasa recombinante lipc de haloarcula marismortui en medios de reacción no convencionales* [Tesis de maestría, CIATEJ]. Repositorio del Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/56/1/Priscila%20Sutto%20Ortiz.pdf>
- Temarry. (2008). *Servicio de reciclaje de soluciones acuosas*. <http://recicladoratemarry.com/reciclaje-de-soluciones-acuosas/>
- The National Academies Press. (1995). *Prudent Practices in the laboratory, Handling and Disposal of Chemicals*. The National Academies Press. <https://www.nap.edu/catalog/4911/prudent-practices-in-the-laboratory-handling-and-disposal-of-chemicals#toc>
- Tovar, J. y Grande, J. C. (2019). *Aldehídos y cetonas*. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química.
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2021, 01 de mayo). *Boletín científico*. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n8/index.html>
- Universidad de Chile. (2022, 10 de abril). *Recursos para aprender ciencias básicas y matemáticas*. <https://aprendizaje.uchile.cl/recursos-para-aprender-ciencias-basicas-y-matematicas/quimica/hidrocarburos-alifaticos/>
- Urbina, L. A. y González, A. R. (2013). *Manual de prácticas de laboratorio I de química orgánica*. Universidad Industrial de Santander. http://ciencias.uis.edu.co/quimica/sites/default/files/paginas/archivos/Vo1Mano7Orgal_MFOQ-OR.01_08072013.pdf
- Uriarte, J. (2020). *Características del ácido clorhídrico*. Humanidades.com <https://www.caracteristicas.co/acido-clorhidrico/>
- Ústav, O. y Katalýzy, P. (2015). *Laboratory of thermal decomposition of hydrocarbon raw materials, waste tires, plastics and biomass to chemicals and fuels*. Univerzita v Brastislave Slovenska Technicka. https://www.stuba.sk/english/science-and-research/other-research-centres-and-laboratories/laboratory-of-thermal-decomposition-of-hydrocarbon-raw-materials-waste-tires-plastics-and-biomass-to-chemicals-and-fuels.html?page_id=10604
- Vilchez Caceda, H. A. (2008). *El sistema de información Pharmacy en la optimización de la administración de sustancias químicas para los laboratorios de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega* [Tesis de maestría, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio Institucional UIGV. http://intra.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1625/TESIS_H%c3%89CTOR%20ALEXANDER%20VIL.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Villanueva, M., Torres, D., García, G. (2010). *Seguridad y protección en el laboratorio químico*. Ministerio de Educación Superior, Cuba.
- Wang, Y., Yu, Y., Jia, R. y Zhang, C. Z. (2019). Electrochemical synthesis of nitric acid from air and ammonia through waste utilization. *National Science Review*, 6(4), 730-738. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwz019>

- Yamaguchi, J. (2020). Reacción catalítica innovadora para la síntesis de bajo costo de ésteres aromáticos. *Quimica.es*. <https://www.quimica.es/noticias/1167215/qumicos-bailarines.html>
- Yana, M. (2015). *Destilación: laboratorios de química orgánica*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería.
- Zschimmer y Schwarz. (2020). *¿Qué es el ácido sulfúrico? Propiedades, beneficios y precauciones*. <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-es-el-acido-sulfurico-propiedades-beneficios-y-precauciones/>

Anexos

Anexo 1.

RESPEL PIRS UNAL (Programa de investigación sobre residuos [PIRS], 2022)

TIPO	RESIDUOS	DESCRIPCIÓN
1	Vidrio	Vidrio refractario, ámbar, verde y vidrio plano que estuvo en contacto con sustancias químicas.
2	Envases de refrigerantes	Latas varias de productos químicos, cilindros o balas de gases vacías y sin presión.
3	Envases y contenedores	Plásticos que contenían sustancias con características peligrosas, cámpalas vacías, recipientes vacíos de plástico que contenían residuos peligrosos.
4	Todo empaque	Embalaje, cinta, estopas, tela, papel, cartón, PPP (máscaras, guantes, coñas, etc.) y demás dispositivos con los que se manejó o transportó una sustancia química.
5	Equipos contaminados	Que estuvieron en contacto con sustancias químicas con características de peligro (neveras, microondas, balanzas, etc.). Son, en particular, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
6	Resinas poliméricas	De carácter peligroso en estado sólido (acrílicos, epóxidos, látex, resinas no entrecruzadas o en estado gel).
7	Amalgamas de mercurio	Amalgamas de mercurio.
8	Sólidos	Que estuvieron en contacto con mercurio o fueron contaminados (guantes, caretas, tubos de termómetro, bulbos de manómetros, contactores eléctricos, etc.).

TIPO	RESIDUOS	DESCRIPCIÓN
9	Metales alcalinos	En estado sólido. Por ejemplo: litio, sodio, potasio y otros no alcalinos. Por su carácter, son explosivos al contacto con el agua o inflamables en presencia de fuente de ignición como el magnesio y otros.
10	Metales pesados	En estado sólido no reaccionan violentamente con el agua o no son inflamables en presencia de fuente de ignición, pero son de carácter tóxico (manganeso, plomo, cromo, plata). Se incluyen todos los catalizadores.
11	Hidrocarburos de cadena lineal o ramificada que tienen reemplazos de hidrógeno por halógeno	Dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo, epiclorhidrina, cloroformo, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, triclorotrifluoretano, bromometano, clorometano.
12	Hidrocarburos de cadena lineal o ramificada que tienen reemplazos de hidrógeno por metal pesado	Tetra etilo de plomo, de hierro y de cobalto; algunos maltenos y asfaltenos alifáticos.
13	Hidrocarburo	Pentano, hexano, decano, etc.
14	Hidrocarburos aromáticos que tienen reemplazos por halógeno	Cloro benceno, diclorobenceno, todos los PCB, orto, meta y para cloro tolueno.
15	Hidrocarburos aromáticos que tienen reemplazos de hidrógeno por metal pesado	Fracciones pesadas de hidrocarburos tipo maltenos y asfaltenos.
16	Hidrocarburos aromáticos, no clasificados en el Tipo 14 ni en el 15	Benceno, tolueno, xileno, antraceno, naftaleno, pireno, thiner.
17	Hidrocarburos cíclicos halogenados	1 cloro-ciclobutano, 1 cloro ciclo pentano y 1,2 dicloro ciclo hexano, etc.
18	Hidrocarburos cíclicos halogenados con reemplazos de metal pesado	1 plomo-ciclobutano, 1 plomo ciclo pentano, entre otros.

TIPO	RESIDUOS	DESCRIPCIÓN
19	Hidrocarburos cíclicos	Ciclo butano, ciclo pentano y ciclo hexano.
20	Alcoholes alifáticos	Metanol, etanol, propanol, butanol, octano, Isopropanol. Alcohol amílico, alcohol alílico, etilenglicoles, polialcoholes.
21	Aldehídos y cetonas alifáticas	Formol, acetona, propanaldehído, butanona, acetaldehído, hexanona, metil butanal.
22	Residuos de ácidos carboxílicos alifáticos	Ácido fórmico, ácido acético, ácido propiónico, ácido valérico y ácido caprílico.
23	Ésteres alifáticos	Acetato de etilo, acetato de butilo, acetato de vinilo, propanoato de etilo, propanoato de butilo.
24	Éteres alifáticos	Éter etílico, éter propílico, éter butílico.
25	Aminas y amidas alifáticas	Metilamina, dimetil amina, metil propil amina, metanamida, propanamida, 3 butanamida, etc.
26	Nitrogenados	Nitrilos, azocompuestos.
27	Alifáticos con azufre	Tioles, sulfuros, disulfuros, tioeteres, tioesteres, tiocetonas, etc.
28	Alcoholes aromáticos	Fenol, 1,2 dihidroxifenol, orto metil fenol, 2 fenil etanol, 2 iso propil fenol, etc.
29	Aldehídos y cetonas aromáticas	Benzaldehído, difenilmetanona, acetofenona, p-etil benzaldehído, p-totualdehído, etc.
30	Ácidos carboxílicos aromáticos	Ácido benzoico, ácido fenil acético, ácido p-metoxi benzoico, ácido m-nitro benzoico, ácido ftálico, ácido isoftálico, ácido tereftálico, ácido naftaleno 1,3,5, tricarboxílico, entre otros.
31	Ésteres aromáticos	Benzoato de metilo, benzoato de propilo, etc.
32	Éteres aromáticos	Metoxi benceno, éter difenílico, 2-metoxi antraceno, éter etilfenílico, etc.
33	Aminas y amidas aromáticas	Anilinas, metilanilinas, benceno carboxamida, difenilamnina, para toluidina, entre otras.
34	Aromáticos nitrogenados	Nitrilos y azo-compuestos aromáticos, piridina, quinoleina.
35	Residuos aromáticos con azufre	Ácido bencensulfónico, derivados del ácido bencelsulfónico, venzo tiofenos, dibenzotiofenos.
36	Residuos de ácido	En todas concentraciones y soluciones acuosas.

TIPO	RESIDUOS	DESCRIPCIÓN
37	Residuos de ácido clorhídrico	En todas las concentraciones y soluciones acuosas.
38	Residuos de ácido nítrico	En todas las concentraciones y en soluciones acuosas.
39	Mezclas de los ácidos	Residuos de otros ácidos inorgánicos, sus soluciones o sus mezclas.
40	Residuos de hidróxido de sodio	Y a sus soluciones acuosas en cualquier concentración.
41	Residuos de hidróxido de potasio	Y a sus soluciones acuosas en cualquier concentración.
42	Residuos de hidróxido de amonio	Y a sus soluciones acuosas en cualquier concentración.
43	Residuos alcalinos inorgánicos	Y a sus soluciones acuosas en cualquier concentración.
44	Residuos de sales halogenadas	Cloro, yodo, bromo y flúor.
45	Residuos de sales nitrogenadas	Principalmente nitritos y nitratos, o a sus soluciones acuosas.
46	Residuos de sales de azufre	Principalmente sulfatos y sulfitos.
47	Residuos de cianuro en todas sus formas	Principalmente sus sales y sus soluciones acuosas.
48	Soluciones acuosas de metales pesados	Principalmente los provenientes de cromatógrafos, espectrofotómetros y otros residuos de equipos de análisis, reveladores y fijadores fotográficos a base de plata.
49	Residuos de los diferentes tipos de fósforo	Blanco, rojo o amarillo.
50	Borras o ripsos de tuberías o recipientes	Lavado de equipos, lavados de tanques, lavados de recipientes o trampas de grasa que tengan hidrocarburos, emulsiones con agua entre otros
51	Lodos de recipientes o tanques	Limpieza de equipos o plantas que contengan sustancias halogenadas, aceites usados.
52	Lodos de trampas	Plantas de tratamiento, lavado de equipos, tanques o recipientes que contengan metales pesados.

TIPO	RESIDUOS	DESCRIPCIÓN
53	Lodos provenientes de precipitados de tanques	Limpieza de tuberías, trampas de grasa, plantas de tratamiento y lavado de equipos.
54	Gases industriales en recipientes a alta presión	Bombonas de baja presión y aerosoles industriales recipiente.

Sobre los autores

María Alejandra Torres Ardila

Ingeniera Ambiental. Egresada Facultad de Ingeniería Ambiental

Correo: maria.torresa@usantotomas.edu.co

Francey Valentina Ruíz Gacha

Ingeniera Ambiental. Egresada Facultad de Ingeniería Ambiental

Correo: franceyruiz@usantotomas.edu.co

Jonathan Steven Murcia Fandiño

Ingeniero Ambiental, Esp. Salud y Seguridad en el trabajo, M.Sc Ciencia y Tecnología Ambiental. Docente Facultad de Ingeniería Ambiental

Correo: jonathanmurcia@ustavillavicencio.edu.co

Saúl Martínez Molina

Ingeniero Químico, M.Sc Ingeniería Ambiental. Docente Unidad de Ciencias Básicas.

Correo: saulmartinez@ustavillavicencio.edu.co

Valma Martins Barbosa

Química, M.Sc Ciencias, Ph.D Química. Docente Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Correo: valmam7@gmail.com

Modular

El presente *Manual para la gestión de residuos químicos peligrosos* es producto de las actividades asociadas a cada espacio académico. Aquí se establecen los criterios para la ejecución de procedimientos sobre el manejo adecuado de los residuos generados con base en las categorías existentes para su tratamiento, lo que garantiza la disminución de peligrosidad de los mismos en las prácticas experimentales. Así mismo, provee una serie de pautas de seguridad y uso de equipo de protección personal, cuya finalidad es la prevención de accidentes en la zona de trabajo, por consiguiente, es indispensable que cada persona comprenda su responsabilidad, procurando siempre la seguridad personal, colectiva, de equipos y la preservación del medio ambiente.