MANUAL DE HIGIENE, SEGURIDAD Y MANEJO DE SUSTANCIAS DE RESIDUOS PELIGROSOS DEL LABORATORIO DE OPCIONES TÉCNICAS DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL ORIENTE.

En este trabajo se realizó un manual de seguridad e higiene para el manejo de sustancias de residuos peligrosos del laboratorio de Opciones Técnicas del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente. Para ello se llevó a cabo una investigación bibliográfica así también como la identificación, clasificación de residuos peligrosos mediante el código CRETIB y su compatibilidad para poder almacenarse, esto basados en lo que decreta la normatividad vigente, con base en la ley general de equilibrio ecológico y de protección del ambiente, las normas oficiales mexicanas y la ley general para la prevención y gestión integral para los residuos peligrosos, clasificación, compatibilidad, rombo etiquetado, pictogramas y disposición final.

En el Bachillerato de la UNAM se desarrollan diversas áreas del conocimiento, donde se realizan actividades de docencia e investigación que, en algunos casos, implica el uso y manejo de sustancias químicas peligrosas y la manipulación de diversos organismos o partes de estos, con los que se pueden generar residuos peligrosos, que demandan un estricto control en su manejo, para minimizar riesgos en la salud de la comunidad universitaria. Para ello es de vital importancia desarrollar estrategias y procedimientos propios para aprovechar y manejar de manera ambientalmente segura todos los tipos de residuos peligrosos generados en actividades de docencia e investigación en la UNAM, con la finalidad de generar condiciones de seguridad de alumnos y profesores que desarrollan la actividad experimental como apoyo académico, hacer conciencia de responsabilidad en el cuidado del medio ambiente y dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente.

Para apoyar el trabajo tanto de profesores como de los estudiantes de las ETE que se imparten en el laboratorio de Opciones Técnicas del CCH Oriente, Se sugiere realizar los experimentos con las medidas de seguridad e higiene buscando las mejores condiciones de trabajo preventivas de riesgo, para evitar accidentes ya que algunos laboratorios no cuentan con servicios de protección tales como: lava ojos, regadera y campana de extracción que permitan minimizar el riesgo de daño a la salud en casos de emergencias, así como extraer sustancias volátiles peligrosas durante la actividad de laboratorio, además de neutralizar líquidos y sólidos peligrosos. Algunos experimentos propuestos en los que se generan sustancias volátiles se requiere hacer alguna modificación en el equipo para utilizarse en el laboratorio, con el fin de arrastrar con aire y neutralizar dichos gases, tomando las medidas de seguridad necesarias. La UNAM reconoce su responsabilidad institucional con el mantenimiento de un ambiente limpio y la seguridad de la comunidad universitaria. El CCH en colaboración con la Facultad

de Química: Reforzará siempre las buenas prácticas en todos sus laboratorios, de manera que no solamente se alcancen habilidades y conocimientos científicos técnicos, sino también aquellos relacionados con el respeto al ambiente seguro y limpio. Para prevenir la contaminación en los laboratorios, utilizará prácticas y materiales que eviten, reduzcan y controlen la generación de residuos peligrosos, sean biológico infecciosos o químicos.

- ✓ Implementará los mecanismos de mejora continua con una visión de responsabilidad hacia el ambiente.
- ✓ Minimizará los residuos peligrosos generados en el laboratorio de Opciones Técnicas.
- ✓ Removerá los residuos generados en el laboratorio con periodicidad, seguridad y eficiencia, de manera que el ambiente en el laboratorio sea lo más limpio posible.
- ✓ Observará en todo momento las Leyes, Reglamentos, Normas y, en general, toda la legislación vigente aplicable en todos los ámbitos, con especial atención en la legislación ambiental.
- ✓ Comunicará estos propósitos a todos los integrantes de la comunidad del Colegio de Ciencias y Humanidades, con la finalidad de que se sumen en este esfuerzo institucional de respeto a la salud y al ambiente.

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS QUÍMICOS

Los residuos químicos deberán ser identificados y clasificados de acuerdo con los elementos normativos aplicables. Con base en la NOM-052- SEMARNAT-2005, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de estos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, los residuos químicos se clasificarán con base al código **CRETIB**, citado en esta norma.

CORROSIVOS (C)

Cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las Propiedades: Son aquellas que en estado líquido acuoso y presenten un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.5. Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.5 Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020, a una velocidad de 6.35 mm/año, a una temperatura de 328 °K (55°C).

REACTIVOS (R)

Cuando una muestra representativa: Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el Aire se inflama en un tiempo menor a 5 min., sin que exista una fuente externa de ignición. Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor a 1 lt/kg del residuo por hora. Posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables, cuando se expone a condiciones ácidas.

EXPLOSIVO (E)

Capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento.

TÓXICO AMBIENTAL (T)

Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la norma oficial mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993, el lixiviado de la muestra representativa que contenga cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas, por ejemplo: Arsénico 5.0 mg/l, Níquel 5.0 mg/l, Mercurio 0.2 mg/l, Plata 5.0mg/l, Cloroformo 6.0mg/l, Fenol 14.4 mg/l.

INFLAMABLE (I)

Cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- ✓ Es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60,5 °C, medido en copa cerrada, de conformidad con el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente, quedando excluidas las soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%.
- ✓ No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C, según el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.
- ✓ Es un gas que, a 20°C y una presión de 101,3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.
- ✓ Es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.

RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS (RPBI)

Son aquellos materiales generados en los laboratorios que contengan agentes peligrosos biológicos infecciosos y que puedan causar efectos no

civos a la salud y al ambiente (restos de cultivos microbianos, sangre, tejidos, humores o animales muertos).

TRATAMIENTO.

Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.

MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LABORATORIOS DE DOCENCIA.

El laboratorio debe ser un lugar seguro para trabajar, los accidentes pueden originarse por negligencia en la prevención, descuidos, bromas o por circunstancias fuera de control. Para garantizar seguridad en el laboratorio se deberán tener siempre presentes los posibles peligros asociados al trabajo con reactivos químicos y conocer las medidas técnicas, educacionales, médicas y psicológicas empleadas para prevenir accidentes, tendientes a eliminar las condiciones inseguras del ambiente y a instruir o convencer a las personas acerca de la necesidad de implementar prácticas preventivas. El alumno estará obligado seguir al pie de la letra las indicaciones dadas por el profesor acerca de cómo

preparar reactivos y como llevar a cabo la práctica y a utilizar el Equipo de Protección Personal:

BATA. Debe ser de algodón, de manga larga, contar con todos los botones para mantenerla cerrada. La bata de laboratorio es obligatoria.

LENTES DE SEGURIDAD. También llamados gafas, “goggles” deben proteger toda la superficie frontal y lateral de los ojos y ser de un material transparente que permita una completa visibilidad.

MASCARILLA. Protege las vías respiratorias de polvos y/o vapores tóxicos o corrosivos

GUANTES. De asbesto, protege manos y permite sujetar objetos calientes y de neopreno para manejo de ácidos.

ZAPATO. Se recomienda usar zapato cerrado, de suela antiderrapante.

OTRAS RECOMENDACIONES. Traer el cabello recogido, evitar el uso de anillos, pulseras y gorras, y en el caso de las mujeres, las uñas largas no son apropiadas para el trabajo de laboratorio y no se recomienda el uso de medias.

CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS SEGÚN LA NORMA NFPA 704.

La norma NFPA 704 es el código que explica el diamante del fuego, utilizado para comunicar los peligros de los materiales peligrosos. Es importante tener en cuenta que el uso responsable de este diamante o rombo en el Laboratorio implica que todo el personal (Profesores, Alumnos, Técnicos y Laboratoristas) conozca tanto los criterios de clasificación como el significado de cada número sobre cada color. Así mismo, no es aconsejable clasificar los productos químicos por cuenta propia

sin la completa seguridad y conocimiento, con respecto al manejo de las variables involucradas.

El rombo de colores esta seccionado en cuatro partes de diferentes colores, que indican los grados de peligrosidad de la sustancia química a clasificar, el riesgo de una sustancia ante un siniestro mediante números del 0 al 4.

Los colores en el rombo son:

- ✓ **Azul** (izquierda) para riesgo a la salud.
- ✓ **Rojo** (arriba) para riesgo de inflamabilidad.
- ✓ **Amarillo** (derecha) para riesgo de reactividad
- ✓ **Blanco**, para riesgos especiales, donde se coloca parte de la palabra, por ejemplo: oxi (oxidante), aci (ácidos), etc.

Equipo de protección personal en el laboratorio:

Letra de Identificación:

A. Anteojos de seguridad (goggles)

B. Anteojos de seguridad y guantes.

C. Anteojos de seguridad, guantes y mandil

D. Goggles, guantes, mandil y mascarilla

Nota: Existen más letras de identificación, se pueden utilizar una o más letras de identificación. El uso de la bata de algodón es necesario en todo momento para el trabajo de laboratorio.

ELIMINACIÓN DE RESIDUOS EN EL LABORATORIO:

PROCEDIMIENTOS GENERALES

En el laboratorio se manejan gran cantidad de productos y se efectúan diversas operaciones que conllevan la generación de residuos, en la mayoría de los casos peligrosos para la salud y el medio ambiente. Aunque el volumen de residuos que se generan en los laboratorios es generalmente pequeño en relación con el proveniente del sector industrial, no por ello debe minusvalorarse el problema. Unas adecuadas condiciones de trabajo en el laboratorio implican inevitablemente el **control, tratamiento** y **eliminación** de los residuos generados en el mismo, por lo que su gestión es un aspecto imprescindible en la organización de todo laboratorio. Otra cuestión a considerar es la de los derrames, que, si bien tienen algunos aspectos coincidentes con los métodos de tratamiento para la eliminación de residuos, la actuación frente a ellos exige la consideración de otros factores como la rapidez de acción, aplicación de métodos de descontaminación adecuados, etc. Para una correcta realización de lo indicado anteriormente es aconsejable designar personas responsables, así como facilitar una completa información a todo el personal del laboratorio sobre estos temas.

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.

El tipo de tratamiento y gestión de los residuos del laboratorio depende, entre otros factores, de las características y peligrosidad de éstos, así como de la posibilidad de recuperación, de reutilización o de reciclado, que para ciertos productos resulta muy aconsejable. Si consideramos su peligrosidad se podría establecer la siguiente clasificación.

RESIDUOS NO PELIGROSOS

Estos residuos, considerando sus propiedades, pueden eliminarse mediante vertidos, directamente a las aguas residuales o a un vertedero. Si aún no considerándose peligrosos, son combustibles, se pueden utilizar como combustibles suplementarios, como ocurre, por ejemplo, con los aceites, que, si son “limpios”, se pueden eliminar mezclándolos con combustibles; los aceites fuertemente contaminados, en cambio, deberán ser procesados en función de los contaminantes que contengan (metales, clorados, etc.).

RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS.

COMBUSTIBLES.

Pueden utilizarse como combustible suplementario o incinerarse. Debe controlarse la posible peligrosidad de los productos de combustión.

NOCOMBUSTIBLES.

Pueden verterse a las aguas residuales o vertederos controlados siempre que previamente se haya reducido su peligrosidad mediante tratamientos adecuados.

EXPLOSIVOS.

Son residuos con alto riesgo y normalmente deben ser manipulados fuera del laboratorio por personal especializado.

GASES.

Su eliminación está en función de sus características de peligrosidad (tóxica, irritante, inflamable). Para su eliminación, deberán tenerse en cuenta las normativas sobre emisión existentes.

RESIDUOS BIOLÓGICOS.

Deben almacenarse en recipientes específicos convenientemente señalizados y retirarse siguiendo procesos preestablecidos. Normalmente se esterilizan y se incineran.

FACTORES POR CONSIDERAR PARA LA ELIMINACIÓN DE RESIDUOS.

Los residuos generados en el laboratorio pueden tener características muy diferentes y producirse en cantidades variables, aspectos que inciden directamente en la elección del procedimiento para su eliminación. Entre otros, se pueden citar los siguientes factores:

- ✓ Volumen de residuos generados.
- ✓ Periodicidad de generación.
- ✓ Facilidad de neutralización.
- ✓ Posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización.
- ✓ Coste del tratamiento y de otras alternativas.
- ✓ Valoración del tiempo disponible.

Todos estos factores combinados deberán ser convenientemente valorados con el objeto de optar por un modelo de gestión de residuos adecuado y concreto. Así, por ejemplo, si se opta por elegir una empresa especializada en eliminación de residuos, se debe concertar de antemano la periodicidad de la recogida y conocer los procesos empleados por la empresa, así como su solvencia técnica. La elección de una empresa especializada es recomendable en aquellos casos en que los residuos son de elevada peligrosidad y no les son aplicables los tratamientos generales habitualmente utilizados en el laboratorio.

PROCEDIMIENTOS PARA ELIMINACIÓN-RECUPERACIÓN DE RESIDUOS.

Los procedimientos para la eliminación de los residuos son varios y el que se apliquen unos u otros dependerá de los factores citados antes, siendo generalmente los más utilizados, los siguientes:

VERTIDO

Recomendable para residuos no peligrosos y para peligrosos, una vez reducida ésta mediante neutralización o tratamiento adecuado. El vertido se puede realizar directamente a las aguas residuales o bien a un vertedero. Los vertederos deben estar preparados convenientemente para prevenir contaminaciones en la zona y preservar el medio ambiente.

INCINERACIÓN

Los residuos son quemados en un horno y reducidos a cenizas. Es un método muy utilizado para eliminar residuos de tipo orgánico y material biológico. Debe controlarse la temperatura y la posible toxicidad de los humos producidos. La instalación de un incinerador sólo está justificada por un volumen importante de residuos a incinerar o por una especial peligrosidad de los mismos. En ciertos casos se pueden emplear las propias calderas disponibles en los edificios.

RECUPERACIÓN

Este procedimiento consiste en efectuar un tratamiento al residuo que permita recuperar algún o algunos elementos o sus compuestos que su elevado valor o toxicidad hace aconsejable no eliminar. Es un procedimiento especialmente indicado para los metales pesados y sus compuestos.

REUTILIZACIÓN - RECICLADO

Una vez recuperado un compuesto, la solución ideal es su reutilización o reciclado, ya que la acumulación de productos químicos sin uso previsible en el laboratorio no es recomendable. El mercurio es un ejemplo claro en este sentido. En algunos casos, el reciclado puede tener lugar fuera del laboratorio, ya que el producto recuperado (igual o diferente del contaminante originalmente considerado) puede ser útil para otras actividades distintas de las del laboratorio.

PROCEDIMIENTOS GENERALES DE ACTUACIÓN

Seguidamente se describen los procedimientos generales de tratamiento y eliminación para sustancias y compuestos o grupos de ellos que por su volumen o por la facilidad del tratamiento pueden ser efectuados en el laboratorio, agrupados según el procedimiento de eliminación más adecuado.

TRATAMIENTO Y VERTIDO

Haluros de ácidos orgánicos: Añadir $NaHCO_3$ y agua. Verter al desagüe.

Ácidos orgánicos sustituidos (*): Añadir $NaHCO_3$ y agua. Verter al desagüe.

Sales inorgánicas: Añadir un exceso de Na_2CO_3 y agua. Dejar en reposo (24h). Neutralizar (HCl 6 M). Verter al desagüe.

Oxidantes: Tratar con un reductor (disolución concentrada). Neutralizar. Verter al desagüe.

Reductores: Añadir Na_2CO_3 y agua (hasta suspensión). Dejar en reposo (2h). Neutralizar. Verter al desagüe.

Cianuros: Tratar con $Ca(CIO)_2$ (disolución alcalina). Dejar en reposo (24h). Verter al desagüe.

Nitrilos: Tratar con una disolución alcohólica de NaOH (conversión en cianato soluble), evaporar el alcohol y añadir hipoclorito cálcico. Dejar en reposo (24h). Verter al desagüe.

Álcalis cáusticos y amoníaco: Neutralizar. Verter al desagüe.

Hidruros: Mezclar con arena seca, pulverizar con alcohol butílico y añadir agua (hasta destrucción del hidruro). Neutralizar (HCI 6M) y decantar. Verter al desagüe. Residuo de arena: enterrarlo.

Peróxidos inorgánicos: Diluir. Verter al desagüe. Sulfuros inorgánicos: Añadir una disolución de FeCl3 con agitación. Neutralizar (Na2 CO3). Verter al desagüe.

Carburos: Adicionar sobre agua en un recipiente grande, quemar el hidrocarburo que se desprende. Dejar en reposo (24h). Verter el líquido por el desagüe.

Precipitado sólido: Tirarlo a un vertedero. (*) Estas sustancias o sus residuos también pueden eliminarse por incineración (Ver apartado de “incineración”).

INCINERACIÓN.

Aldehídos: Absorber en vermiculita ó mezclar con un disolvente inflamable. Incinerar.

Alcalinos, alcalinotérreos, alquilos, alcóxidos: Mezclar con Na_2CO_3, cubrir con virutas. Incinerar.

Compuestos orgánicos halogenados: Absorber sobre vermiculita, arena o bicarbonato. Incinerar.

Ácidos orgánicos sustituidos (**): Absorber sobre vermiculita y añadir alcohol, o bien disolver directamente en alcohol. Incinerar.

Aminas aromáticas: Absorber sobre arena y Na_2CO3 Mezclar con papel o con un disolvente inflamable. Incinerar.

Aminas aromáticas halogenadas, nitrocompuestos: Verter sobre $NaHCO_3$. Mezclar con un disolvente inflamable. Incinerar.

Aminas alifáticas (**): Mezclar con un disolvente inflamable. Incinerar.

Fosfatos orgánicos y compuestos: Mezclar con papel, o arena y cal apagada. Incinerar.

Éteres: Mezclar con un disolvente inflamable. Incinerar. Si hay peróxidos llevarlos a lugar seguro (canteras, etc.) y explosionarlos.

Hidracinas (**): Mezclar con un disolvente inflamable. Incinerar.

Hidruros (**): Quemar en paila de hierro.

Hidrocarburos, alcoholes, cetonas, esteres: Mezclar con un disolvente inflamable. Incinerar.

Amidas orgánicas: Mezclar con un disolvente inflamable. Incinerar.

Ácidos orgánicos: Mezclar con papel o con un disolvente inflamable. Incinerar.

(**) Estas sustancias o sus residuos también pueden eliminarse mediante un procedimiento de tratamiento y vertido. (Ver apartado sobre “tratamiento y vertido”).

RECUPERACIÓN

Desechos metálicos: Recuperar y almacenar (según costes).

Mercurio metal: Aspirar, cubrir con polisulfuro cálcico y Recuperar.

Mercurio compuestos: Disolver y convertirlos en nitratos solubles. Precipitarlos como sulfuros. Recuperar.

Plomo, cadmio: Añadir HNO3 (Se producen nitratos). Evaporar, añadir agua y saturar con H2 S. Filtrar y secar.

Estroncio, bario: Disolver en HCI 6M, filtrar. Neutralizar (NH_4OH 6M). Precipitar (Na2 CO3). Filtrar, lavar y secar.

Vanadio: Añadir a Na_2CO_3 (capa) en una placa de evaporación. Añadir NH4 OH 6M (pulverizar). Añadir hielo (agitar). Reposar (12h). Filtrar (vanadato amónico) y secar.

Todos los productos que no tengan un uso más o menos inmediato en el laboratorio, es recomendable devolverlos al suministrador o entregarlos a un laboratorio al que le puedan ser de utilidad. Entre estos productos se pueden citar, los metales recuperados (Pb, Cd, Hg, Se, etc.), cantidades grandes de mercaptanos (especialmente metilmercaptano), disolventes halogenados destilados, etc.

RECOMENDACIONES GENERALES.

Seguidamente se resumen una serie de recomendaciones generales aplicables al tratamiento de residuos en el laboratorio:

- ✓ Deben considerarse las disposiciones legales vigentes, tanto a nivel general, como local.
- ✓ Consultar las instrucciones al objeto de elegir el procedimiento adecuado.
- ✓ Informarse de las indicaciones de peligro y condiciones de manejo de las sustancias (frases R y S).
- ✓ No se deben tirar al recipiente de basuras habitual (papeleras, etc.), trapos, papeles de filtro u otras materias impregnables o impregnadas.
- ✓ Previamente se debe efectuar una neutralización o destrucción de éstos..
- ✓ Deben retirarse los productos inflamables.
- ✓ Debe evitarse guardar botellas destapadas. ◊
- ✓ Deben recuperarse en lo posible, los metales pesados.
- ✓ Se deben neutralizar las sustancias antes de verterlas por los desagües y al efectuarlo, hacerlo con abundante agua.

  Cuando se produzcan derrames debe actuarse con celeridad pero sin precipitación, evacuar al personal innecesario, evitar contaminaciones en la

indumentaria y en otras zonas del laboratorio y utilizar la información disponible sobre residuos.

BIBLIOGRAFÍA

Marroquín Cristóbal, T., Lizarde Sandoval, J., Corona Santoyo, G.A. (2019). Manual de Actividades de Laboratorio del CCH, con Tratamiento y Manejo de Residuos Peligrosos, Química y Biología.

Rodas Camacho, A. (2023). Manual de Seguridad y Manejo de Sustancias de Residuos Peligrosos del Laboratorio de Control de Calidad de la Planta Potabilizadora Ciudad del Agua

Álvarez Rivera, U., González Castro, I., & López Anaya, L. (1998). *Química Ii. Manual de Actividades Experimentales Para El Alumno*. UNAM.