



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

Diseño de una “Bitácora Electrónica de Residuos” para categorizar las propiedades de peligrosidad y tratamientos fisicoquímicos de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de la Facultad de Química.

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERÍA QUÍMICA**

**P R E S E N T A
CASANDRA CARREÓN BLAS**



Ciudad Universitaria, CD.MX.

Octubre, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Presidente Prof. **GAVILÁN GARCÍA IRMA CRUZ**

Vocal Prof. **DURAN MORENO ALFONSO**

Secretario Prof. **ANDRACA AYALA GEMA LUZ**

Suplente 1 Prof. **MANRIQUEZ TOLSA URSULA**

Suplente 2 Prof. **GARCÍA REYNOSO JOSÉ AGUSTÍN**

Sitio donde se desarrolló el tema:

Unidad de Gestión Ambiental (UGA), Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

ASESOR DEL TEMA: DRA. IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA

(Nombre y firma)

SUSTENTANTE: CASANDRA CARREÓN BLAS

(Nombre y firma)

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
General	3
Específicos	3
Alcance	3
Capítulo I ANTECEDENTES	4
1.1. Marco regulatorio	4
1.2. Legislación en materia de residuos en México	4
1.3. Alcances y limitaciones de la clasificación de los residuos regulados.....	5
1.4. Las NOM´s en materia de residuos peligrosos	7
1.5. Aspectos relevantes de la gestión de los residuos peligrosos	9
1.6. Trazabilidad de los residuos peligrosos.....	10
1.7. Clasificación de peligrosidad (CRETIB).....	10
Capítulo II LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LAS UNIVERSIDADES	12
2.1. Características de las instituciones universitarias.....	12
2.2. La enseñanza experimental en las IES	14
2.3. Generación de residuos en la Facultad de Química de la UNAM	15
2.4. Residuos químicos peligrosos en las instituciones educativas	16
Capítulo III TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS	17
3.1. Tratamiento de residuos.....	17
3.2. Operaciones unitarias utilizadas en el tratamiento de residuos	18
3.2.1. Filtración.....	19
3.2.2. Adsorción	19
3.2.3. Sedimentación.....	20
3.2.4. Precipitación física.....	21
3.2.5. Secado.....	21
3.2.6. Evaporación	21
3.2.7. Destilación.....	22
3.2.8. Centrifugación	22
3.2.9. Floculación	23

3.2.10.	Flotación	23
3.2.11.	Extracción.....	23
3.3.	Transformaciones químicas utilizadas en el tratamiento de residuos	24
3.3.1.	Neutralización	24
3.3.2.	Precipitación química	25
3.3.3.	Reducción	25
3.3.4.	Oxidación	25
3.3.5.	Hidrólisis	25
Capítulo IV	METODOLOGÍA	27
4.1.	Diseño de los campos de la bitácora electrónica.....	27
4.2.	Sistematización de la bitácora electrónica.....	27
4.3.	Estructuración de las operaciones unitarias y transformaciones químicas.	30
4.4.	Diseño del formulario.	31
Capítulo V	RESULTADOS.....	32
5.1.	Formato de solicitud de recolección.	32
5.2.	Integración de datos en la bitácora.	33
5.3.	Ejercicio piloto.....	34
5.4.	Análisis de la captura de datos.....	39
5.5.	Instructivo de manejo de la “bitácora electrónica.....	41
Capítulo VI	CONCLUSIONES.....	42
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43
	ANEXO 1 Instructivo de manejo del usuario “bitácora electrónica”	45

Lista de figuras

Figura 1. Actividades sustantivas en las Instituciones de Educación Superior (IES). _____	13
Figura 2. Diagrama de identificación de residuos. _____	16
Figura 3. Etapas de desarrollo del proyecto. _____	27
Figura 4. Diagrama de campos de la bitácora electrónica. _____	28
Figura 5. Proceso de elaboración de la bitácora electrónica. _____	28
Figura 6. Diagrama de tren de tratamiento. _____	30
Figura 7. Formato de solicitud UGA-FOR-001. _____	32
Figura 8. Importación de datos. _____	33
Figura 9. Características de peligrosidad para la clasificación del residuo CRIT. _____	36
Figura 10. Panel de instrucciones finales. _____	37
Figura 11. Sección 1 y 2. _____	38
Figura 12. Sección 3 y 4. _____	39
Figura 13. Visualización de registro de residuos. _____	40
Figura 14. Ejemplo de residuo con similitud en tren de tratamiento. _____	40
Figura 15. Pasos generales del instructivo para el usuario de la bitácora electrónica. _____	41

Lista de tablas

<i>Tabla 1.</i> Definiciones legales de residuos. _____	6
<i>Tabla 2.</i> Características de peligrosidad CRETIB. _____	11
<i>Tabla 3.</i> Métodos de tratamiento de los residuos peligrosos. _____	18
<i>Tabla 4.</i> Tipos de procesos de sedimentación. _____	20
<i>Tabla 5.</i> Tipos de procesos de destilación. _____	22
<i>Tabla 6.</i> Tipos de procesos de flotación. _____	23
<i>Tabla 7.</i> Tipos de procesos de extracción. _____	24
<i>Tabla 8.</i> Aplicaciones de tratamientos físicos. _____	26
<i>Tabla 9.</i> Aplicaciones de tratamientos químicos. _____	26
<i>Tabla 10.</i> Ejemplo de tabla de combinaciones en Access. _____	29
<i>Tabla 11.</i> Departamentos académicos y laboratorios generadores. _____	34

INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como la máxima casa de estudios, tiene la responsabilidad de asegurar que los residuos generados derivados de las actividades de docencia e investigación sean tratados adecuadamente para evitar impactos adversos al ambiente.

La Facultad de Química ha demostrado ser pionera en la implementación de programas institucionales en beneficio de la sociedad mexicana. Por tal motivo, la responsabilidad de efectuar una gestión adecuada de los residuos peligrosos en los laboratorios es un compromiso legal, ético y moral.

Desde 2007 la facultad a través del Reglamento para el Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos Generados en la Facultad de Química de la UNAM, aprobado por el H. Consejo Técnico, estableció las estrategias y procedimientos propios para manejar de manera ambientalmente segura todos los tipos de residuos peligrosos generados de las actividades de docencia e investigación, con el objetivo de dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente, nombrando a la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) como la encargada operativa de las actividades de clasificación, recolección, tratamiento y acondicionamiento de los residuos peligrosos derivado de la actividad experimental de los diferentes departamentos académicos.

La UGA realiza su trabajo de conformidad con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), así como con las NOM-018-STPS-2015, NOM-052-SEMARNAT-2005 y la NOM-087-ECOL-SSA1-2002, NOM-161-SEMARNAT-2001 y la NOM-004-NUCL-2013 referentes al manejo de residuos.

Actualmente del 100% de residuos químicos que se generan en nuestra facultad, aproximadamente el 30% (más de 600 diferentes residuos) son tratados para destruir sus características de peligrosidad y ser desechados de manera segura.

A partir de la creciente demanda curricular de generación de residuos químicos peligrosos, surge la necesidad de implementar estrategias de sustentabilidad para el manejo de materiales y residuos peligrosos.

El contenido del siguiente trabajo está compuesto por 6 capítulos. El primer capítulo presenta el marco regulatorio en materia de residuos en México sustentadas en leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y normas mexicanas.

El segundo capítulo plantea las características que se presentan en instituciones universitarias por la generación de residuos debido a las actividades de enseñanza experimental en laboratorios, relacionados con un aspecto importante el cual es regular el manejo de las sustancias y residuos peligrosos.

Las técnicas de tratamiento de residuos son abordadas en el capítulo tres, los cuales se describen de manera general.

En lo que corresponde al capítulo cuatro, se puntualiza las bases del diseño, sistematización y estructuración de lo que es la bitácora electrónica de residuos.

El desarrollo y ejecución de una prueba piloto, se menciona en el capítulo cinco, así como el protocolo de manejo de la bitácora electrónica.

Finalmente, se presenta la recopilación de los datos obtenidos por el diseño de la bitácora electrónica mostrando los elementos de clasificación, separación, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos establecidos en la legislación vigente.

OBJETIVOS

General

Estructurar una “Bitácora Electrónica de Residuos” con el software Microsoft Access para sistematizar la información de los residuos generados por las actividades de enseñanza experimental y de investigación en la Facultad de Química.

Específicos

- Identificar las potencialidades y limitaciones que ofrece el software Microsoft Access para la construcción de los campos que integrarán los diferentes tipos de tratamiento fisicoquímico, asociado a las características de peligrosidad CRETl de cada residuo.
- Elaborar el diagrama de decisión para seleccionar las operaciones unitarias y las transformaciones químicas al que puede someterse un residuo y asociarlo a las características de peligrosidad.
- Realizar la prueba piloto para verificar la funcionalidad de la bitácora diseñada.
- Elaborar un instructivo de manejo de la “bitácora electrónica mostrando los pasos a seguir para la captura de tratamientos y su actualización.

Alcance

Este trabajo se restringe a los tratamientos de residuos que se pueden llevar a cabo con la infraestructura e instalaciones con las que cuenta la UGA dentro de la Facultad de Química de la UNAM.

Capítulo I

ANTECEDENTES

1.1. Marco regulatorio

Por lo general, todos los establecimientos industriales, comerciales y de servicios (incluyendo las instituciones de educación y las dependencias gubernamentales) producen residuos sólidos urbanos (RSU), de manejo especial (RME) y peligrosos (RP) y como grandes generadores requieren sujetarlos a un plan de manejo integral consistente con las buenas prácticas de gestión.

La legislación ambiental ha llevado a proponer el desarrollo sistemático y cultural en torno al cumplimiento de las disposiciones legales, abordando el problema que conlleva la generación y manejo de los residuos, así como de todos los responsables de generarlos y los involucrados en su manejo.

Las políticas de la legislación están sustentadas en las leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y las normas mexicanas, las cuales permiten poner en práctica los principales objetivos y propósitos que persigue la regulación, buscando lograr el cuidado del ambiente.

1.2. Legislación en materia de residuos en México

Históricamente la legislación ambiental mexicana tiene su origen en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917 en el artículo 27; el principio nacional de los recursos naturales, “La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada”.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Carta Magna), aborda en su Artículo 4o, que:

“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará

responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”. (Párrafo adicionado DOF 28-06-1999. Reformado DOF 08-02-2012)

No obstante, en marzo de 1971 se expidió la primera Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, esta es la base para los reglamentos para prevenir y controlar los contaminantes.

Por su parte, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en el DOF el 28 de enero de 1988, que regula los residuos desde la perspectiva ambiental, fue promulgada por los legisladores con fundamento en el Artículo 73, Fracción XXIX, inciso G Constitucional, que los faculta para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico, incluyendo la gestión de los residuos (residuos peligrosos facultad de la federación, residuos industriales no peligrosos facultad de las entidades federativas y residuos municipales responsabilidad de los municipios).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), publicada el 8 de octubre de 2003 en el Diario Oficial de la Federación, tiene como objeto propiciar el desarrollo sustentable por medio de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, a fin de lograr un ambiente sano, concebido como un derecho humano.

En resumen, de acuerdo con la legislación mexicana, los residuos son materiales o productos cuyos generadores (consumidores o productores) descartan, pero que son susceptibles de aprovechamiento o valorización material o energética.

1.3. Alcances y limitaciones de la clasificación de los residuos regulados

Los términos jurídicos con los que se definen los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligroso, tienen por objeto acotar legalmente cada una de estas categorías de residuos regulados, para llevar a cabo una gestión integral diferenciada bajo la responsabilidad de distintas autoridades.

Tabla 1. Definiciones legales de residuos.

DEFINICIONES		
Residuos sólidos urbanos	Residuos de manejo especial	Residuos peligrosos
“Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole.” (SEMARNAT, 2017).	“Aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.” (SEMARNAT et al PROFEPA, 2016).	“Aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley.” (SEMARNAT, 2018).

Adicionalmente, en su título Tercero, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos establece en DOF 22-05-2015 la clasificación de los residuos por medio de un Capítulo Único que cubre los fines, criterios y bases generales para ello.

De particular importancia es lo dispuesto en su Artículo 15, en el cual se asienta que la Secretaría (SEMARNAT) agrupará y subclasificará los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en categorías, con el propósito de elaborar los inventarios correspondientes, y orientar la toma de decisiones basada en criterios de riesgo y en el manejo de estos. La subclasificación de los residuos deberá atender a la necesidad de:

Proporcionar a los generadores o a quienes manejan o disponen finalmente de los residuos, indicaciones acerca del estado físico y propiedades o características inherentes, que permitan anticipar su comportamiento en el ambiente; dar a conocer la relación existente entre las características físicas, químicas o biológicas inherentes a los residuos, y la posibilidad de que ocasionen o puedan ocasionar efectos adversos a la salud, al ambiente o a los bienes, en función de sus volúmenes, sus formas de manejo y la exposición que de este se derive. Para tal efecto, se considerará la presencia en los residuos, de sustancias peligrosas o agentes infecciosos que puedan ser liberados durante su manejo y disposición final, así como la vulnerabilidad de los seres humanos

o de los ecosistemas que puedan verse expuestos a ellos; identificando las fuentes generadoras, los diferentes tipos de residuos, los distintos materiales que constituyen los residuos y los aspectos relacionados con los mercados de los materiales reciclables o reciclados, entre otros, para orientar a los responsables del manejo integral de residuos, e identificar las fuentes generadoras de los residuos cuya disposición final pueda provocar salinización e incrementos excesivos de carga orgánica en suelos y cuerpos de agua.

Respecto a los residuos peligrosos, regulados inicialmente desde 1988 por la LGEEPA y su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos (reformado DOF, 2014), así como por siete normas técnicas ecológicas, hoy transformadas en normas oficiales mexicanas (NOM's), la LGPGIR en su Artículo 16, dispone que la clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.

A este respecto, es preciso consultar lo previsto en la NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos, la cual habría que actualizar.

En la LGPGIR, se establece que, la generación y manejo de los residuos peligrosos son la responsabilidad de sus generadores quienes deben de cubrir los costos que de ello deriven (reformado DOF, 2014).

1.4. Las NOM's en materia de residuos peligrosos

Cuando en 1988 la LGEEPA reguló por primera vez a los residuos peligrosos en México, dicha regulación, así como la normatividad técnica al respecto estuvieron orientadas principalmente a los establecimientos industriales, lo cual se vio reflejado en los residuos listados en la norma técnica ambiental que antecedió a la NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

El objeto de las NOMs es regular cuestiones de alta especificidad técnica para dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en la LGPGIR o en su Reglamento; que en el caso de la gestión de los residuos pueden agruparse como sigue:

Las normas oficiales mexicanas presentes en la clasificación e integración de listados en materia de residuos regulados son:

La NOM-018-STPS-2015 establece los requisitos para un sistema de identificación armonizado en los centros de trabajo para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas, para evitar daños a los trabajadores y empleados que actúan en situaciones de emergencia.

La NOM-087-ECOL-SSA1-2002 Manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos, esta es la norma a la protección ambiental, salud ambiental, residuos peligrosos biológico-infecciosos y, clasificación y especificaciones de manejo.

La NOM-052-SEMARNAT-2005 que tiene por objetivo establecer el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, los listados de los residuos peligrosos y las características que pueden hacer que se les considere peligrosos.

La norma oficial mexicana NOM-054- SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.

“La NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo.”
(*Párrafo DOF 01/02/2013*)

“La NOM-004-NUCL-2013 Clasificación de los desechos radiactivos, esta es necesaria para establecer criterios y requisitos efectuando de manera segura las operaciones de manejo, tratamiento, acondicionamiento, transporte y almacenamiento temporal y definitivo de los residuos.” (*Párrafo DOF 07/05/2013*)

1.5. Aspectos relevantes de la gestión de los residuos peligrosos

De relevancia destacada es lo dispuesto en el Artículo 42 de la LGEEPA: Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.

Los generadores de residuos peligrosos que transfieran estos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse de que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.

Consistente con lo anterior, es lo dispuesto en el Artículo 151 de la LEGEEPA (reformado en el DOF el 13-12-1996), el cual establece que la responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría (actualmente Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: SEMARNAT) y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.

1.6. Trazabilidad de los residuos peligrosos

La LGPGIR establece la obligación de que tanto generadores grandes y pequeños, como los prestadores de servicios de manejo autorizados de este tipo de residuos, cuenten con una “Bitácora” en la cual registren, entre otros, la cantidad generada o manejada, el proceso que los generó, el ingreso y egreso del almacén y actividades de manejo. Estas bitácoras no se presentan ante la SEMARNAT ya que se trata de un “trámite de conservación”, y que corresponde a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) la verificación de su existencia y actualidad de los datos registrados.

Estas bitácoras constituyen un instrumento valioso como fuente de información para recabar datos respecto a los residuos peligrosos, ya que los artículos 46 y 47 de la Ley atribuyen a los grandes y pequeños generadores, respectivamente, la obligación de llevar tales bitácoras de acuerdo con el trámite SEMARNAT-07-027 A-B y C, estando en libertad de establecer sus propios formatos de registro de acuerdo con sus necesidades. Las bitácoras deben de conservarse por un periodo de 5 años.

1.7. Clasificación de peligrosidad (CRETIB)

La naturaleza y las características peligrosas de los residuos determinan las acciones y medidas preventivas que se deben tomar al eliminar los residuos.

Se clasifican según la NOM-052-SEMARNAT-2005 como lo señala la tabla 2.

Tabla 2. Características de peligrosidad CRETIB.

Categoría	Descripción
Corrosivo	<p>Es un líquido acuoso y presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.5.</p> <p>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</p> <p>Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020, a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año, a una temperatura de 328 K (55°C).</p>
Reactivo	<p>Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición</p> <p>Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de 1 litro por kg del residuo por hora. Residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor</p> <p>Posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables, que cuando se expone a condiciones ácidas genera gases en cantidades mayores a 250 mg de ácido cianhídrico por kg de residuo o 500 mg de ácido sulfhídrico por kg de residuo.</p>
Explosivo	<p>Capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva sólo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento.</p>
Tóxico	<p>Contiene sustancias capaces de provocar efectos nocivos en la salud de los seres vivos, que varían en características y severidad de acuerdo con las formas e intensidades de la exposición.</p>
Inflamable	<p>Es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en disolución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60.5°C, quedando excluidas las disoluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%.</p> <p>No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C.</p> <p>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.</p> <p>Gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.</p>
Biológico-Infeciosos	<p>Los tejidos, órganos y partes que se extirpan o remueven durante las necropsias, la cirugía algún otro tipo de intervención quirúrgica, que no se encuentren en formol.</p> <p>Las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico e histológico, excluyendo orina y excremento. Los residuos no anatómicos que son: los recipientes desechables que contengan sangre líquida; materiales de curación, empapados, saturados o goteando sangre o cualquiera de los siguientes fluidos corporales: líquido sinovial, líquido pericárdico, líquido pleural, líquido céfalo-raquídeo o líquido peritoneal.</p> <p>Los materiales desechables que estén empapados, saturados o goteando sangre, o secreciones de pacientes con sospecha o diagnóstico de fiebres hemorrágicas Materiales absorbentes utilizados en las jaulas de animales que hayan sido expuestos a agentes enteropatógenos.</p> <p>Los objetos punzocortantes que han estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, únicamente: tubos capilares, navajas, lancetas, agujas de jeringas desechables, agujas hipodérmicas, de sutura, de acupuntura y para tatuaje, bisturís y estiletes de catéter, excepto todo material de vidrio roto utilizado en el laboratorio, el cual deberá desinfectar o esterilizar antes de ser dispuesto como residuo municipal.</p>

Fuente: Diario Oficial de la Federación (DOF, 23/06/ 2012). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

Capítulo II

LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LAS UNIVERSIDADES

2.1. Características de las instituciones universitarias

Las instituciones universitarias en Estados Unidos (alrededor de 150, 000 con laboratorios de investigación que generan cerca del 1% de los residuos peligrosos del país (Cortinas De Nava, febrero 2002) al igual que la industria, están sujetas al cumplimiento de los requerimientos legales en materia de salud y seguridad, así como ambientales, a fin de proteger la salud y al ambiente.

Las actividades sustantivas en las que se enfocan las Instituciones de Educación Superior (IES) son la docencia, investigación y vinculación.

- a) Docencia: “Donde el docente no es un transmisor de un saber ya hecho y definitivo, sino un cooperador o auxiliar externo de la actividad racional del estudiante, con el fin de construir, de acuerdo con las condiciones de su inteligencia y de su experiencia, la estructura de su propio saber.” (Funciones sustantivas , 2021)

A través de la docencia, la cual es creadora de profesionales y especialistas quienes se encargan de las necesidades económicas, sociales y culturales de la sociedad.

- b) Investigación: “Es un derecho y un deber no sólo de carácter individual, sino también y, sobre todo, una tarea y un bien comunitario para todas las partes y para el conjunto de la institución. Por ser tarea y bien comunitario, se deduce como necesaria (la perspectiva interdisciplinaria).” (Funciones sustantivas , 2021)

De acuerdo con (Pombo, 2017 - 2021). La investigación es el suministro para el proceso formativo y este a su vez genera resultados en un perfil profesional. En el cual se desarrollan habilidades de búsqueda, identificación, formulación y resolución de problemas en contextos reales o simulaciones, generando y realizando la divulgación del conocimiento.

- c) Vinculación: “Que impone la pertinencia de responder a las necesidades de la sociedad actual.” (Funciones sustantivas , 2021)

Esta se relaciona con su entorno social atendiendo todas las áreas encargadas al desarrollo social (ambiental, salud, tecnológico, etc.), ocupándose de ofrecer soluciones a los problemas regionales o nacionales, contribuyendo al crecimiento y bienestar de la población, como son los servicios al sector público y privado, proyectos con la industria, proyectos con sector internacional que impacte tanto a los mismos universitarios como a la población en general.

De acuerdo con (Revista Educación Superior y Sociedad , 2021), la actividad docente está presente en todas las instituciones, mayoritariamente a nivel licenciatura, también técnico superior y con menor porcentaje de posgrado. En cambio, la actividad de investigación solamente sobresale en los centros públicos de investigación y algunas universidades públicas, especialmente las federales, pocas estatales y todavía en menor cantidad algunas instituciones particulares.



Figura 1. Actividades sustantivas en las Instituciones de Educación Superior (IES) **Fuente:** Elaboración propia.

Nota: La imagen no representa porcentajes solamente es una representación visual.

Dentro del saber humano, se entiende que las universidades como instituciones destinadas a la generación y transferencia de conocimientos deben ser también entes dedicadas a identificar y resolver los problemas que aquejan a la sociedad y su entorno, por lo que es posible entender que la educación superior debe transformarse constantemente ya que son principio y fin de la educación académica. “Todo esto con la premisa de un enfoque que integre las diferentes técnicas educativas y pedagógicas.” (Dávalos González, 2020)

La mayoría de las IES, constituyen pequeñas ciudades (Campus) y desarrollan muchas actividades análogas, que cuentan con instalaciones diversas, tales como:

- ✓ Laboratorios de docencia e investigación
- ✓ Granjas e invernaderos
- ✓ Gimnasios y áreas deportivas
- ✓ Talleres de mantenimiento
- ✓ Subestaciones eléctricas
- ✓ Plantas de tratamiento de aguas residuales
- ✓ Servicios de alimentación
- ✓ Servicios médicos y odontológicos

Otras (áreas administrativas y de gestión.)

Uno de los principales aspectos relacionados con el ambiente, la salud y seguridad en los laboratorios son: el manejo de las sustancias y residuos peligrosos, así como el consumo de agua y energía. Aunque las universidades aceptan que es importante regular el manejo completamente de sus residuos peligrosos, también hacen ver que la legislación en la materia no es apropiada para ellas y requiere adaptarse.

2.2. La enseñanza experimental en las IES

En las instituciones universitarias, la responsabilidad de la enseñanza y supervisión de las actividades de laboratorio se asigna a los profesores de laboratorio, los cuales dada su formación previa “clásica” en ocasiones no están suficientemente familiarizados con las prácticas denominadas verdes en el laboratorio, con el concepto de residuo y residuo peligroso y menos aún con su manejo adecuado, así el primer reto para el docente es que desarrollen actitudes y hábitos en pro del ambiente, casi al mismo tiempo que deben transmitirlos a sus estudiantes.

La impartición de un buen entrenamiento práctico para los estudiantes en los laboratorios de enseñanza superior demanda cada vez más de sofisticadas técnicas instrumentales y el uso de gran variedad de reactivos químicos, así como mayor atención por parte del docente en lo relativo a la generación y clasificación de los residuos para poder manejarlos en forma responsable.

Un aspecto importante a considerar en la actividad experimental impartida en las instituciones educativas a nivel superior, corresponde con los acuerdos colegiados, los cuales se programan de manera sistemática (semestral o anualmente), de tal manera que las prácticas realizadas han sido diseñadas para que los estudiantes las lleven a cabo sin dificultad, por lo que se puede conocer con precisión la transformación química, el fenómeno físico y o la actividad biológica a demostrar. Así mismo y por ende se puede afirmar que se conoce la cantidad y tipo de residuos derivados del proceso de enseñanza. Por estas razones, es posible contar con un sistema eficiente de gestión ambiental en los laboratorios de las instituciones de educación superior.

En los experimentos de laboratorio, los estudiantes suelen adquirir conocimientos y desarrollar nuevas habilidades básicas para resolver diversos problemas relacionados con la síntesis, el análisis y las técnicas básicas. Sin embargo, están interesados en objetivos químicos y no prestan atención a los aspectos ambientales como lo es la generación de residuos derivado de su trabajo, la mayoría de los cuales son peligrosos.

2.3. Generación de residuos en la Facultad de Química de la UNAM

La Facultad a través de su historia y desde sus inicios en 1916, ha construido y forjado un ente multidisciplinario enfocado en la enseñanza y aprendizaje maestro alumno, sin dejar de lado el carácter social y humano de su población. Por ello, la cultura es un eje rector en beneficio de la academia. Muestra de ello es el gran número de alumnos egresados a nivel licenciatura, maestría y doctorado.

A la fecha, la Facultad de Química de la UNAM cuenta con 5 carreras acreditadas y una más aún sin acreditar por su reciente creación, siendo un total de 6 carreras: Química, Ingeniería Química, Ingeniería Química Metalúrgica, Química de Alimentos, Química Farmacéutico Biológica y Química e Ingeniería en Materiales. Actualmente la comunidad de la FQ se encuentra conformada por más de 7 mil 336 estudiantes; de los cuales realizan proyectos de investigación dentro de la infraestructura distribuida dentro y fuera de Ciudad Universitaria (laboratorios, edificios, institutos, etc.). Estos estudiantes son preparados por una planta académica conformada por 227 profesores de carrera. De manera que, el número de estudiantes de nuevo ingreso de la generación 2020 fue de mil 460 jóvenes (Facultad de Química). La matrícula estudiantil representa un

crecimiento en un 50% desde hace 40 años (Facultad de Química), este lleva a un consumo de recursos y una mayor producción de residuos.

2.4. Residuos químicos peligrosos en las instituciones educativas

En México, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establecen que los residuos peligrosos son “aquellos que independientemente de su estado físico posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales”.

Los residuos peligrosos generalmente están divididos en: químicos, biológicos y radioactivos, de acuerdo con la figura 2.

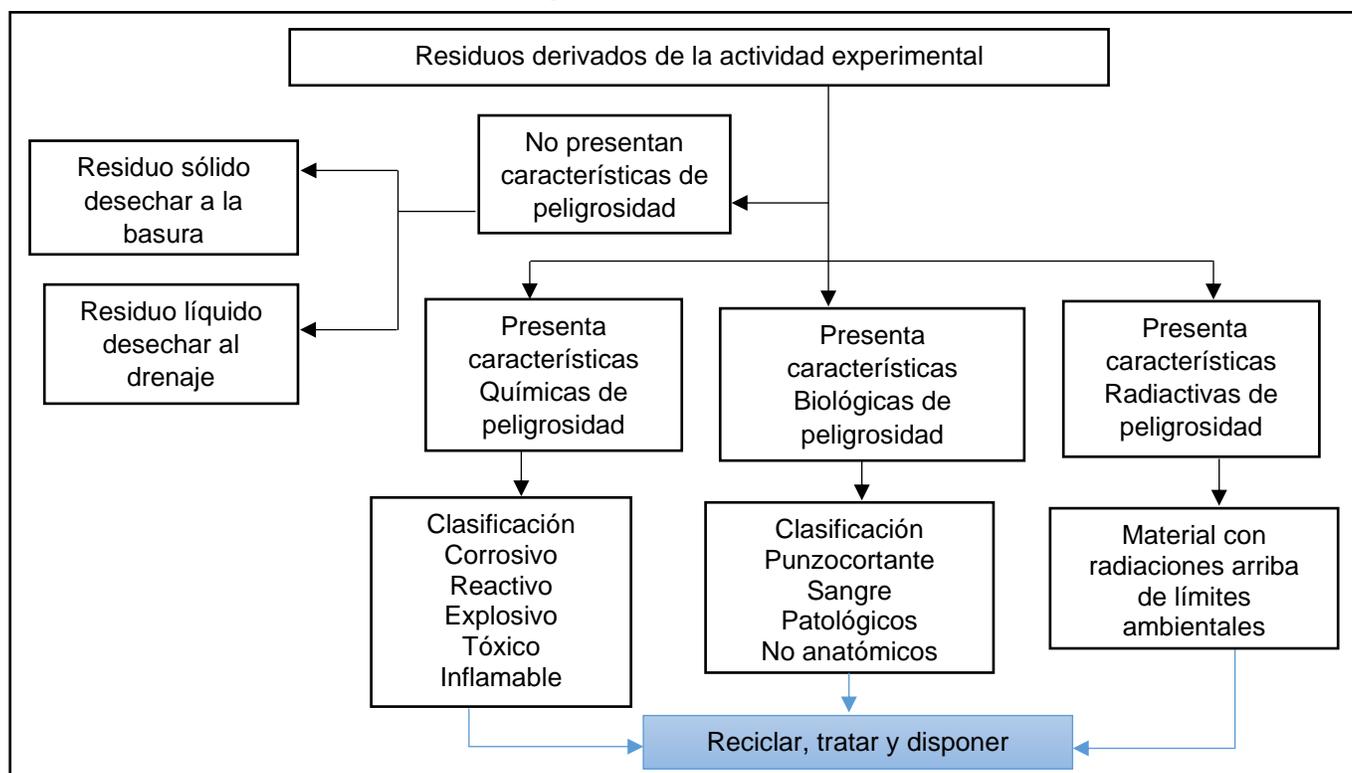


Figura 2. Diagrama de identificación de residuos. **Fuente:** Gavilán García, Irma C., et al. (20 de enero de 2014). Guía de clasificación de riesgo y primeros auxilios de sustancias químicas de uso en los laboratorios de nivel superior. UNAM. Ciudad Universitaria. México.

Capítulo III

TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

3.1. Tratamiento de residuos

En la actualidad y a escala global, la minimización en la generación de residuos es la primera opción para resolver el problema ambiental asociados a estos, lo que representa una oportunidad económica para reducir los costos de manejo. El tratamiento de residuos se aplica como una alternativa para reducir las propiedades peligrosas a lo que se puede traducir en una técnica de autogestión.

Existe un gran número de tratamientos físicos, químicos y biológicos a los que se pueden someter los residuos peligrosos, cuya finalidad se dirige básicamente a la recuperación de recursos materiales y energéticos, además de reducir y/o anular la característica que le confiere la peligrosidad. Estos, facilitan el manejo, transporte y almacenamiento al que está obligado el generador.

Cabe señalar que, en este documento, cuando se refiera a tratamiento se entenderá como aquellos procesos físicos, químicos, biológicos o térmicos a los cuales se somete un residuo para reducir su volumen o peligrosidad, tal como se establece en el Artículo 5º. de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

La inertización de residuos se entiende como el conjunto de procesos que pueden someterse a un residuo antes de su disposición final, para evitar que al interactuar con el ambiente provoque efectos adversos. Es importante señalar que la mayoría de las veces es necesario realizar un acondicionamiento o pretratamiento previo para facilitar la labor o gestión posterior.

Los diferentes métodos de tratamiento de residuos se pueden agrupar de acuerdo con los principios físicos de separación y/o la transformación química de sus componentes.

Tabla 3. Métodos de tratamiento de los residuos peligrosos.

Principio del tratamiento	Método de tratamiento
Físico	Filtración Adsorción Sedimentación Precipitación física Secado Evaporación Destilación Centrifugación Floculación Flotación Extracción
Químico	Neutralización Precipitación Reducción Oxidación Hidrólisis

Fuente: Cortinas De Nava, Dra. Cristina., Mosler García, M. en Ing. Cintia. (febrero 2002). *Gestión de Residuos Peligrosos*. UNAM Programa Universitario de Medio Ambiente. México.

A continuación, se describe cada uno de éstos.

3.2. Operaciones unitarias utilizadas en el tratamiento de residuos

De acuerdo con (Operaciones unitarias, 1996) se le llama operación unitaria a los pasos o unidades que son independientes del material que se procesa, o bien, otras características del sistema en particular. Se ha restringido a aquellos pasos donde los cambios son esencialmente físicos y afectan a la materia sin alterar sus propiedades químicas.

El tratamiento físico se aplica para separar diferentes fases o sustancias y poder tratarlas más eficientemente por separado. En sí no se cambia la propiedad química de la sustancia, estos procesos se utilizan para la recuperación de sustancias.

3.2.1. Filtración

La filtración es la remoción de partículas sólidas. Este es un método básico para separar materiales suspendidos en medios acuosos tanto como gaseosos. La operación completa de la filtración está compuesta por dos fases: filtración y limpieza.

El método consiste en hacer pasar el medio líquido, gaseoso o aire conteniendo los sólidos a través de un medio filtrante poroso o granular, con o sin la adición de algunos compuestos químicos.¹

Si el medio es el agua, existen muchos tipos diferentes de filtración, entre ellos la filtración a presión, la filtración al vacío, sobre un lecho y la filtración rápida o lenta.

Las partículas se separan mediante el tamiz del medio filtrante o por el tamaño del poro del filtro. La eficiencia del filtro depende principalmente de su sistema de regulación de flujo.

3.2.2. Adsorción

La adsorción es un proceso mediante el cual un gas o vapor orgánico o inorgánico (adsorbato) se adhiere sobre la superficie de materiales sólidos como el carbón activado, la alúmina activada o la sílica gel (adsorbente) tierra diatomea, etc. El carbón activado es el adsorbente más ampliamente usado para separar compuestos orgánicos. La adsorción es un proceso físico y tiene lugar cuando las moléculas son atraídas hacia la superficie del adsorbato, debido a fuerzas de naturaleza electrostática entre las moléculas y la superficie del carbón.²

Hay materiales absorbentes que utilizan un lecho fijo empacado de diferentes materiales y otros que tienen un lecho móvil. Los del lecho fijo deben ser regenerados inmediatamente en forma alterna, mientras que las piezas de cama móviles pueden funcionar de forma continua.

¹ Cortinas De Nava, Dra. Cristina., Mosler García, M. en Ing. Cintia. (febrero 2002). *Gestión de Residuos Peligrosos*. UNAM Programa Universitario de Medio Ambiente. México. pág-285

² Cortinas De Nava, Dra. C., Mosler G., M. en Ing. C. (febrero 2002). *Gestión de Residuos Peligrosos*. pág-286

La capacidad de adsorción de los dispositivos depende de las propiedades físicas y químicas del adsorbato, así como del material, su concentración, temperatura, presión y proceso de regeneración. El diseño y coste del sistema de adsorción retenida depende principalmente del caudal del contaminante a tratar y de la cantidad de contaminantes a adsorber.

3.2.3. Sedimentación

El proceso de sedimentación consiste en la deposición de partículas sólidas en suspensión en el medio por gravedad. Existen diferentes tipos de sedimentación.

Tabla 4. Tipos de procesos de sedimentación.

Tipo I o discreta	Asentamiento de partículas con una trayectoria definida las partículas se desplazan como unidades aisladas su forma y tamaño no cambian durante el desplazamiento se presenta en sistemas con baja concentración de partículas.
Tipo II	Asentamiento de partículas que no siguen una trayectoria definida las partículas se desplazan interactuando unas con otras su forma y tamaño cambian durante el desplazamiento se presentan en sistemas de concentración media de partículas.
Tipo III o zonal	Asentamiento de partículas de sistemas de concentración intermedia, las partículas se encuentran tan cerca unas de otras que las fuerzas intermoleculares provocan el arrastre de las partículas más próximas. Las partículas permanecen en una posición relativamente fija con respecto a los demás y todos se limitan a velocidad constante, el resultado es que la masa de las partículas se inventa como una zona.
Tipo IV o de comprensión	Asentamiento de partículas de sistemas de concentración alta, estas se encuentran tan juntas unas de otras que se arrastran y se detienen por el peso de las que se encuentran sobre ellas de tal manera que se compactan. Esta sedimentación ocurre solamente al comprimirse la masa compacta.

Fuente: Cortinas De Nava, Dra. Cristina., Mosler García, M. en Ing. Cintia. (febrero 2002). *Gestión de Residuos Peligrosos*. UNAM Programa Universitario de Medio Ambiente. México.

3.2.4. Precipitación física

Proceso que forma un sólido como resultado del cambio físico va a quedar (enfriamiento y operación o alteración del solvente). En la precipitación, el soluto se concentra de la solución y se convierte en un sólido por la acción del agente de precipitación. En teoría, la precipitación debería producir solutos concentrados y puros, por lo que es una operación que se utiliza al inicio del proceso de separación de un contaminante, de una corriente acuosa, por medio de la formación de una fase sólida insoluble.

3.2.5. Secado

Secar un sólido es reducir su contenido en humedad, o en general, de cualquier otro líquido. La fase previa a todo secado es la eliminación mecánica mediante filtros-prensa o centrifugas, reduciéndose después por vía térmica la humedad que queda.

La humedad se presenta como una solución líquida dentro del sólido, es decir, en la microestructura de este. Cuando un sólido húmedo es sometido a secado térmico, dos procesos ocurrirán simultáneamente.

- Transferencia de energía (comúnmente como calor) de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie.
- Transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido.

3.2.6. Evaporación

En este proceso es necesario aportar calor a la disolución para que alcance su punto de ebullición y se evapore el solvente. El vapor se puede utilizar como medio de calentamiento, aunque también se puede utilizar gas en el proceso de evaporación. La disolución concentrada es el producto final deseado.

En la mayoría de los evaporadores, los vapores pasan por los tubos metálicos interiores mientras que la disolución pasa por el exterior de la coraza sin mezclar las corrientes. Los posibles residuos generados en esta operación unitaria provienen de las purgas de limpieza.

3.2.7. Destilación

La destilación es un proceso de separación que involucra la separación de uno o más componentes de una mezcla. Para realizar el proceso, se utiliza la diferencia en los puntos de ebullición de los componentes de una mezcla separándolos y fraccionando estos en función de su temperatura de ebullición. Se utiliza para concentrar mezclas de alcoholes, separar aceites esenciales, así como componentes de mezclas líquidas que necesitan ser purificadas.

En el sector industrial actual hay 4 tipos de destilación: destilación por arrastre de vapor, destilación diferencial, destilación instantánea o flash y la destilación fraccionada.

Tabla 5. Tipos de procesos de destilación.

Destilación por arrastre de vapor	Se emplea vapor vivo para provocar el arrastre de la sustancia volátil si se desea concentrar esta sustancia debe ser insoluble en el agua. Por este medio se abate la temperatura de ebullición.
Destilación simple	La mezcla se hace hervir y el vapor generado se separa del líquido, condensándolo tan rápidamente como se genera.
Destilación instantánea (flash)	Implica la evaporación de una fracción del líquido, generalmente por calentamiento a alta presión.
Destilación fraccionada	Método más empleado para separar mezclas de compuestos con puntos de ebullición muy cercanos, incluye el retorno de una parte del vapor condensado a través de, de tal manera, que el líquido que se regresa entra en contacto, a contracorriente, con los vapores que se dirigen al condensador.

Fuente: Cortinas De Nava, Dra. Cristina., Mosler García, M. en Ing. Cintia. (febrero 2002). *Gestión de Residuos Peligrosos*. UNAM Programa Universitario de Medio Ambiente. México.

3.2.8. Centrifugación

La centrifugación es el proceso de usar la fuerza centrífuga para separar un líquido de un sólido, es una filtración por gravedad en la que la fuerza que actúa sobre el líquido aumenta considerablemente al usar también la fuerza centrífuga. Se puede aplicar para separar líquidos inmiscibles.

En el tratamiento de residuos se utiliza para separar líquidos de diferente densidad y para separar sólidos de líquidos, por ejemplo, separar mezclas de fluidos orgánicos e inorgánicos (en dos o más fases), concentrar lechadas y lodos.

3.2.9. Floculación

Es el proceso por el cual las partículas desestabilizadas se unen para formar grandes partículas estables o aglomerados. La floculación comprende la serie de fenómenos de transporte que ocurren en el seno del líquido para que las partículas hagan contacto y se aglomeren formando unidades más grandes, este proceso implica la formación de interacciones entre ellas a nivel energético para integrar una malla tridimensional y porosa hasta que tiene el tamaño suficiente para separarse del líquido. (Jiménez Cisneros, 1999)

3.2.10. Flotación

Proceso unitario en el que un sólido se separa de un líquido, básicamente el sólido sobrenada en la superficie del líquido. Hay dos tipos de sistemas de flotación.

Tabla 6. Tipos de procesos de flotación.

Flotación con aire disuelto	Sistema más común y eficiente. Este sistema requiere de un proceso de presurización que alcanza una presión de operación que oscila entre 2 y 4 atm, posteriormente en el tanque de flotación, el agua presurizada se somete a una despresurización para conseguir la saturación de aire en el agua, llevándolo hasta la presión atmosférica al hacerlo pasar a través de una válvula reductora de presión. Debido a la despresurización se forman burbujas de aire que se desprenden de la fase líquida, llevándose consigo a las partículas o sólidos en suspensión a la superficie.
Flotación con aire disperso	En el sistema de flotación con aire disperso la eficiencia es mucho menor que con el aire disuelto. Este sistema no requiere de un proceso de presurización, solo necesita un aireador para el suministro de aire directamente al tanque, aquí se forman pequeñas burbujas de aire que se desprenden de la fase líquida, llevándose consigo a las partículas o sólidos en suspensión a la superficie.

Fuente: Cortinas De Nava, Dra. Cristina., Mosler García, M. en Ing. Cintia. (febrero 2002). *Gestión de Residuos Peligrosos*. UNAM Programa Universitario de Medio Ambiente. México.

3.2.11. Extracción

Es un procedimiento de separación de una sustancia que está que puede disolverse en dos disolventes o medios no miscibles entre sí, con distinto grado de solubilidad y que están en contacto a través de una interface. La relación de las concentraciones de dicha sustancia en cada uno de los disolventes, a una temperatura determinada, es constante y se denomina coeficiente de reparto.

Hay dos tipos de extracción: la extracción sólido-líquido y la extracción líquido-líquido, las dos son muy usadas en casi todas las industrias.

Tabla 7. Tipos de procesos de extracción.

<p>Extracción componentes sólido-líquido</p>	<p>Consiste en tratar un sólido constituido por dos o más sustancias con un agente extractante que por lo general es un disolvente y que presente afinidad preferentemente a uno de los dos sólidos. Puede ser una operación a régimen permanente o intermitente, según los volúmenes que se manejen.</p>
<p>Extracción componentes líquido-líquido</p>	<p>Es una operación unitaria que consiste en poner una mezcla líquida en contacto con un segundo líquido miscible, que selectivamente extrae uno o más de los componentes de la mezcla. El líquido que se emplea para extraer parte de la mezcla debe ser insoluble para los componentes primordiales. Después de poner en contacto el disolvente y la mezcla se obtienen dos fases líquidas que reciben los nombres de extracto y refinado.</p>

Fuente: Cortinas De Nava, Dra. Cristina., Mosler García, M. en Ing. Cintia. (febrero 2002). *Gestión de Residuos Peligrosos*. UNAM Programa Universitario de Medio Ambiente. México.

3.3. Transformaciones químicas utilizadas en el tratamiento de residuos

Estos son aquellas reacciones químicas en las cuales las propiedades físicas y químicas de las sustancias contenidos en el residuo se transforman.

3.3.1. Neutralización

La neutralización es un tratamiento que se aplica a soluciones acidas o alcalinas, tales como: ácidos orgánicos o soluciones de estos (ácido clorhídrico, sulfúrico, nítrico, acético, fosfórico, perclórico; bases como hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de amonio, entre otras). Primeramente, se recomienda realiza una dilución, hasta una concentración no mayor de 1 M o 5%. Al residuo diluido se agrega una solución diluida de carbonato de sodio, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, etc., según sea el caso, al mismo tiempo que se agita. Si es necesario, se añade un poco de hielo a la solución para que la temperatura no exceda los 40°C. En el caso de los ácidos, estos pueden neutralizarse también con carbonato de sodio sólido o cal. Una vez ajustado el pH a la neutralidad, el residuo puede ser vertido al drenaje bajo el chorro de agua. (Bolaños Alfaro, 2012)

3.3.2. Precipitación química

La precipitación se emplea para remover solutos, es decir, en solución, los metales pesados son eliminados del medio acuoso por precipitación ya sea como sulfuros, óxidos hidróxidos de metales pesados dependiendo de la especie que sea insoluble. Hay especies que pueden precipitarse como carbonatos también

3.3.3. Reducción

Consiste en añadir a corrientes acuosas contaminadas con compuestos inorgánicos y agentes reductores de baja concentración (<1%), para que cambien el estado de oxidación de los contaminantes para inactivarlos o en ocasiones, transformarlos a especies para futuros tratamientos. Para disminuir la peligrosidad de ciertas sustancias se utilizan como agentes reductores: bisulfito de sodio y tiosulfato de sodio. (Michael D. LaGrega, 2010)

3.3.4. Oxidación

Se basan en procesos fisicoquímicos que cambian de manera profunda a la estructura química de los contaminantes, en las diferentes técnicas se utilizan reactivos químicos o fotoquímicos que generan intermediarios con alto poder de oxidación sobre compuestos orgánicos. Se usa para eliminar contaminantes difíciles antes de un tratamiento biológico o para afinar o pulir a efluentes de otros tratamientos antes de descargar o reutilizar el agua. (Michael D. LaGrega, 2010)

3.3.5. Hidrólisis

Consiste en la destrucción de los compuestos a tratar por la inserción de moléculas de agua, partes de ésta quedan unidas a cada compuesto nuevo formado es una reacción contraria a la síntesis por condensación (se genera una molécula de agua por la unión de dos moléculas o monómeros), al ocurrir estas reacciones se generan nuevos compuestos de menor peso molecular y por lo general, menos dañinos que los originales y en muchas ocasiones, son más solubles en agua y más fáciles de degradar por otros tratamientos, en particular los biológicos. (Michael D. LaGrega, 2010)

A continuación, se muestra en la tabla 8 y 9 algunas de las aplicaciones de los métodos de tratamientos de residuos.

Tabla 8. Aplicaciones de tratamientos físicos.

Tipo	Aplicación
Filtración	Retención de sales de metales pesados en baños agotados en industrias de recubrimientos metálicos.
Adsorción	Captura de COV mediante la adsorción sobre carbón activado.
Sedimentación	Separación de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales.
Precipitación física	Separación de un componente de una mezcla de compuestos, ya sea por reactividad o bien por distinta solubilidad en un determinado disolvente.
Secado	Procesos de granulación húmeda (elaboración de cápsulas, polvos o tabletas).
Evaporación	Secado de lodos procedentes de torres de lavado de gases.
Destilación	Recuperación de solventes agotados en diversas industrias (por ejemplo, en industrias farmacéuticas).
Centrifugación	Separación de líquidos oleosos en el tratamiento de aguas residuales de refinerías.
Floculación	Se utiliza para tratar líquidos con sólidos suspendidos con grasas y aceites (purificación del agua).
Flotación	Eliminación de materia suspendida, aceites en emulsión (residuos de aceites en el agua, por ejemplo).
Extracción	Es usado para limpiar corrientes contaminadas con compuestos orgánicos y lodos con metales pesados, compuestos orgánicos y aceites.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Aplicaciones de tratamientos químicos.

Tipo	Aplicación
Neutralización	Regulación del pH utilizando residuos ácidos o residuos alcalinos.
Precipitación	Utilización de hidróxido de calcio para la precipitación de metales pesados.
Reducción	Tratamiento de soluciones conteniendo ácido crómico con bisulfito de sodio.
Oxidación	Detoxificación de efluentes cianurados utilizando peróxido de hidrogeno.
Hidrólisis	Tratamiento de sólidos, suelos contaminados, lechadas y lodos con compuestos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo IV

METODOLOGÍA

4.1. Diseño de los campos de la bitácora electrónica.

La metodología desarrollada para el diseño de la bitácora electrónica se dividió en las siguientes etapas (figura 3).

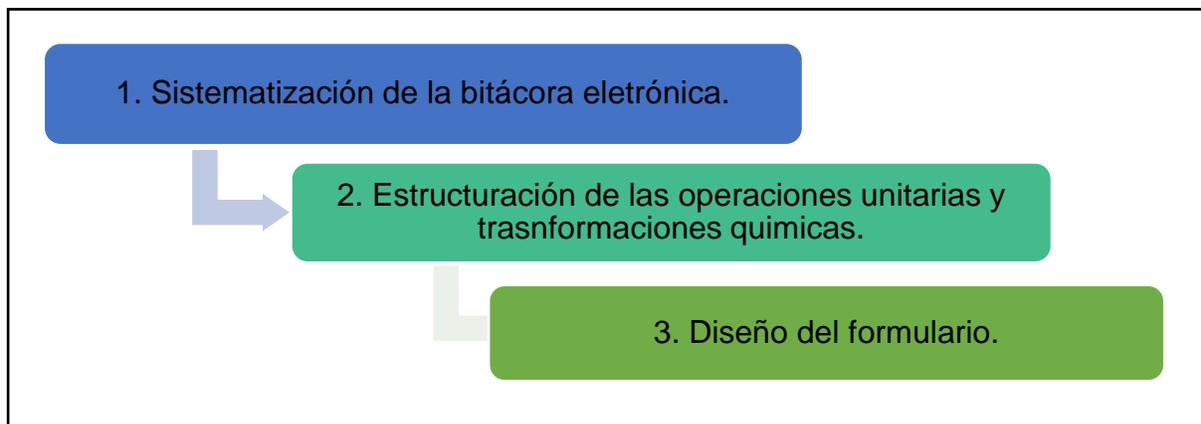


Figura 3. Etapas de desarrollo del proyecto. **Fuente:** Elaboración propia.

El diseño consideró las estrategias y procedimientos propios para asegurar un manejo ambientalmente seguro de los residuos peligrosos generados de todas las actividades de docencia e investigación, así como la conveniencia de usar la plataforma Microsoft Access por su versatilidad.

A continuación, se describen de manera resumida cada una de las etapas mencionadas.

4.2. Sistematización de la bitácora electrónica.

El primer aspecto importante para el diseño y construcción del formato de la bitácora electrónica en el software seleccionado fue el establecer de manera clara y concreta los campos que permitan la identificación del residuo, tal como el laboratorio que lo generó y las características de peligrosidad que presenta. El segundo aspecto relevante es, la interfaz adecuada que muestre la información necesaria para generar una bitácora y que será necesario almacenar, tal como se describe en la figura 4.

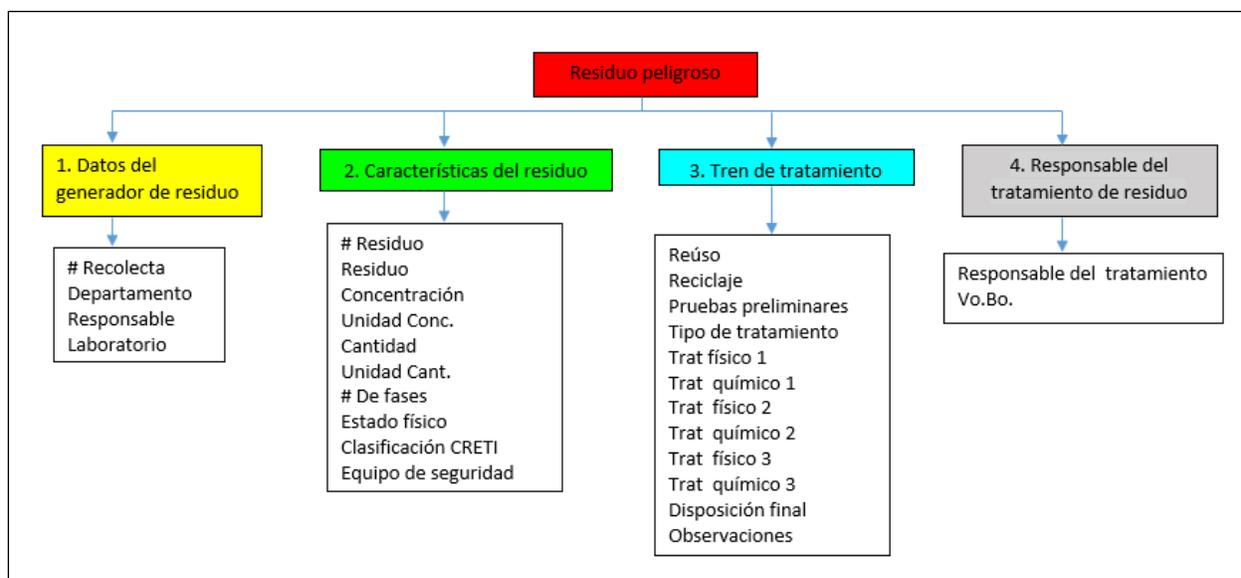


Figura 4. Diagrama de campos de la bitácora electrónica. **Fuente:** Elaboración propia

Para la programación en Access es necesario seguir una serie de etapas ordenadas que finalmente da lugar a la estructuración de la bitácora electrónica, las cuales se presentan en la figura 5.

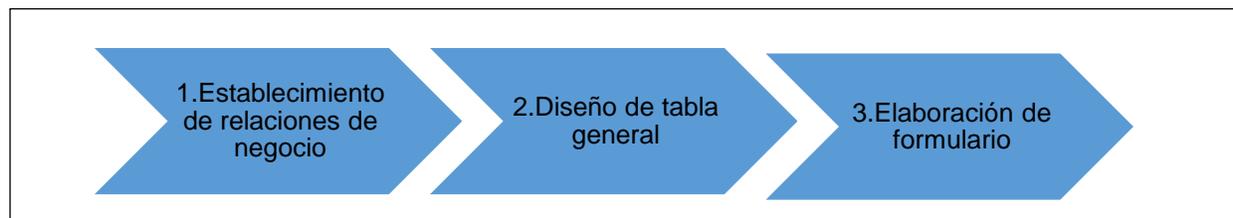


Figura 5. Proceso de elaboración de la bitácora electrónica. **Fuente:** Elaboración propia.

El procedimiento descrito en la figura anterior se desglosa de la siguiente manera:

El objetivo de la relación es, permitir asociaciones que se establecen entre dos o más campos. Modificándose uno, las opciones para seleccionar el segundo también cambiarán. [Ejemplo: No. Recolecta: |; Departamento: Ingeniería Química; Responsable: QFB. Cecilia S. Sánchez Morales Laboratorio: 301B].

Se crea una tabla donde se capturan todas las posibles combinaciones de cada relación y la tabla general que contiene los 28 campos de los cuales tiene lugar en el capítulo de resultados, donde se especifica nombre de los campos, propiedades y/o características.

Para el diseño del formato final que se mostrará para cada residuo registrado, se considera el aspecto del mismo, como son los colores, la tipografía, imágenes, los logotipos de las instituciones hasta la distribución de los campos.

Como resultado, se crean las tablas con las combinaciones pertinentes. A continuación, a modo de ejemplo, se presenta una sección de una de ellas (tabla 10).

Esta sección contiene 2 de las características que presenta el residuo, en la cual se encuentran los campos 11: “Número de fase” y campo 12 “Estado físico” con las opciones “1”, “2” y “3” para las posibles combinaciones de fases que es posible se presenten en un residuo, ver tabla 1. De modo que se selecciona el número de fases, el estado físico se puede elegir únicamente las opciones correspondientes al número exacto de fases, no más no menos.

Tabla 10. Ejemplo de tabla de combinaciones en Access.

Campo 11	Opciones # de fases	Campo 12	Opciones estado físico
# De fases	1	Estado físico	Líquido
	1		Sólido
	2		líquido-sólido
	2		líquido-líquido
	3		líquido-líquido-líquido
	3		L-L-S
	3		L-S-S

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Estructuración de las operaciones unitarias y transformaciones químicas.

En esta etapa partimos de una serie de preguntas estructuradas en sucesión lógica y derivadas de decisiones ordenadas y consecutivas, las cuales apliquen al manejo del residuo por tratar. Alcanzando finalmente una combinación de tratamientos físicos y químicos, en un orden definido, a los que se debe someter al residuo para eliminar o reducir las características de peligrosidad de este.

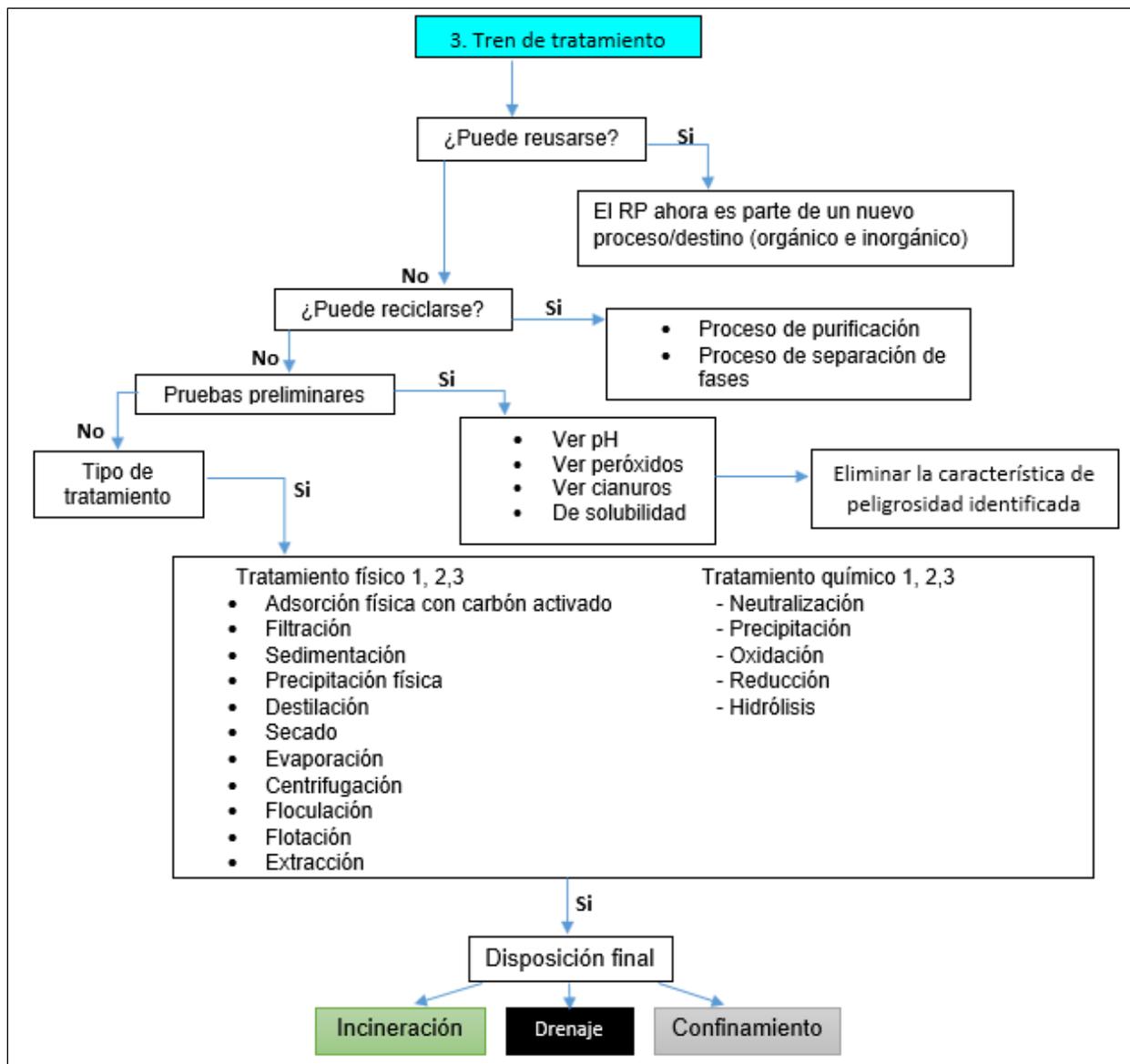


Figura 6. Diagrama de tren de tratamiento. **Fuente:** Elaboración propia.

Con la base de la sistematización y el diagrama de decisiones sucesivas (diagrama de flujo), se prosigue al diseño del formulario de la bitácora electrónica.

4.4. Diseño del formulario.

El diseño del formulario en el software es el formato que se llenará en cada registro de un residuo, para categorizar sus propiedades de peligrosidad y la combinación de tratamientos fisicoquímicos (tren de tratamiento).

El formulario es el medio a través del cual el usuario interactúa con el registro de datos, en el que se organiza, modifica y actualiza la información del residuo y que la plataforma ordena y almacena por columnas y filas, dando el arreglo donde se va seleccionando cada dato que se alimenta.

El formulario también contiene botones de comandos y otros controles para ejecutar distintas tareas y acciones de manera mecanizada, en especial aquellas que se realizan con más frecuencia. Una de las ventajas más útiles es que toda la información del formulario de un residuo en específico se puede vincular a tablas dinámicas de Excel.

En la sección de resultados se presentan los formularios que constituyen nuestra bitácora electrónica, así como la forma en la que el usuario lo visualiza, además de la funcionalidad de la prueba piloto.

Capítulo V

RESULTADOS

En esta sección se describirá el desarrollo de la Bitácora Electrónica a partir de las solicitudes de recolección que se le hacen a la UGA por los diferentes usuarios de nuestra facultad. Partiendo de ésta se integran los tratamientos que de acuerdo con la infraestructura de las instalaciones se pueden llevar a cabo.

5.1. Formato de solicitud de recolección.

Los diferentes usuarios solicitan el servicio de recolección de los residuos generados en sus laboratorios a la UGA, de acuerdo con el calendario anual establecido en el programa institucional, que se encuentra publicado en <https://uga.quimica.unam.mx/app/>

Las solicitudes se apegan al formato UGA-FOR-001 del Sistema de Gestión de la Calidad de la UGA y se presenta en con la estructura mostrada en la figura 7.

#	Residuo	Proceso	Cantidad	Concentración	Envase
1	Azul de Comassie 30% etanol	Tinción de gel de acrilamida	21	30 otra	Fco. de plástico
2	NaOH	Muestras microscopia	11	2.20 M	Fco. de plástico
3	Tubos, guantes y puntas con fenol/ cloroformo	Extracción de RNA	1 kg		Bolsa
4	Bromuro de Etidio	Electroforesis en gel de agarosa	1.50 kg		Bolsa
5	Reactivo de Bradford	Cuantificación de proteínas	250 g		Bolsa
6	Bromuro de Etidio	Electroforesis en gel de agarosa	1 kg		Bolsa
7	Bromuro de Etidio	Electroforesis en gel de agarosa	500 g		Bolsa

UGA-FOR-001

FACULTAD DE QUÍMICA
UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL

Los residuos que solicitan ser recolectados para su tratamiento y/o disposición son:

Solicitud de referencia: FQ/BIOQ/I/2019
Departamento: Bioquímica
Responsable: M. A. Laurel Elidé Fabíla Ibarra
Investigador: Dra. Dimitrova Tzvetanka Dinkova

Figura 7. Formato de solicitud UGA-FOR-001. **Fuente:** Archivos de la UGA

La información sobre el residuo es responsabilidad del generador, por lo que se hace énfasis en que se deben proporcionar los datos correctos para que se proceda a la etapa de tratamiento, acondicionamiento y/o disposición final.

A partir de la información proporcionada por el generador en la solicitud, se toma como base para la estructuración de la bitácora electrónica, mediante la importación del formato de origen (Excel, archivo de texto, documento HTML, etc.) (figura 8).

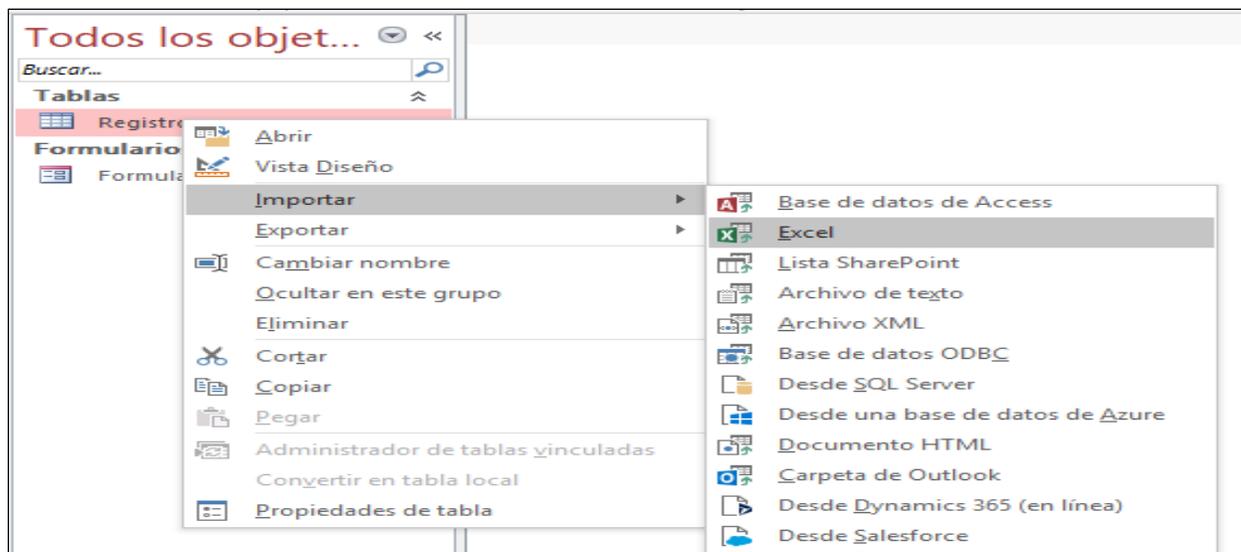


Figura 8. Importación de datos. **Fuente:** Elaboración propia.

5.2. Integración de datos en la bitácora.

A partir del diseño del formulario realizado en Access, se procedió a alimentar los datos de cada campo de la bitácora, debido a que la UGA tiene una variedad de usuarios. Se tomó un lote de datos para las primeras pruebas.

De los generadores (tabla 11), se seleccionó la información del departamento académico de Ingeniería Química, para el periodo de enero-febrero de 2020.

Tabla 11. Departamentos académicos y laboratorios generadores.

Departamento	Responsable	Laboratorio
Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V. QFB. Agustín Reyó	312,313,314,321,322,323 (E) 4 A, B, C, D
Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Ambiental
Biología	QFB. Ma. Pilar Granada Macías	1 A, B, C, D, Lab. de Microbiología
Bioquímica	Q. Laurel Fabíla Ibarra	101,103,104,105,106,115(E) 101,107(B)
Farmacia	Q.F.B. Abel Baltazar Hernández Calvo M. en C. Lourdes Mayet	002, 003 y Cub.001 (Edificio E) Tec. Farmacéutica, 111,1(E) ,1F, 202B. 111,112,113,121,122,123,124,125,126 (E)
Fisicoquímica	M. en C. Guadalupe Lemus	C8 y C9,102F,4E Anexo 4F
Química Analítica	M. en C. Juan Rolando Vázquez Miranda	208F, 101,110,113 (B), Anexo 3C
Ingeniería Química	QFB. Cecilia S. Sánchez Morales M. en I. Ma. Rafaela Gutiérrez Lara	304 B-D, 301B,302E 101F,103,104,105,106 y 107 (F)
Ingeniería Metalúrgica	M. en I. Agustín Gerardo Ruiz Tamayo	112, 211 (D)
Química Inorgánica y Nuclear	Q. Ángeles Olvera León	Lab. C1 y C2, Lab. 104 y C107 Lab. 100. 210,212,213,214,217,304 (B)
Química Orgánica	Q. Irene Audelo	201,202,203,204,224,225Posgrado, 202F,204F,2F,201B
Investigación Preclínica	M. en C. Héctor Ariel Rico Morales	UNIPREC
Apoyo a la Investigación y a la Industria	Dra. Pilar Cañizaro	USAIL

Fuente: Archivos de la UGA.

5.3. Ejercicio piloto.

Una vez diseñado el formulario, se procedió a alimentar los datos requeridos de cada uno de los 4 apartados de nuestra bitácora, tomando la información de la sección 1 y parte de la segunda, hasta el campo *Unidad cantidad* tal cual se encuentra en la solicitud. A partir del campo *# Fase, Estado físico, Clasificación CRIT y Equipo de seguridad* hasta las secciones que se desglosan posteriormente en 3 y 4, estas se alimentan de acuerdo con las características de peligrosidad, identificadas para su tratamiento y disposición final; toda esta información es responsabilidad de la Unidad de Gestión Ambiental.

A continuación, se presentan y describen los campos de las 4 secciones:

Sección 1. Datos del generador de residuo

- I. # Recolecta: Se representa con I, II, III, IV, V de acuerdo con la fecha de la recolecta.
- II. Departamento académico: Existen 13 departamentos posibles, por ejemplo, Ingeniería Química.
- III. Responsable asignado por el jefe de Departamento (Ejemplo: M. en I. Ma. Rafaela Gutiérrez Lara).
- IV. Laboratorio generador de residuos (Este departamento cuenta con laboratorios tanto de docencia como de investigación).

Sección 2. Características del residuo

- V. # Residuo: Este número corresponde al asignado por el generador en su solicitud de recolecta.
- VI. Nombre de residuo: Nombre asignado por el generador en su solicitud de recolecta (Ejemplo: Rojo Panceau S. 0.2%, Ac. Acético 0.5%).
- VII. Concentración: Dato especificado por el generador en su solicitud de recolecta.
- VIII. Unidad (concentración): g/L, ppm, %v/v, etc.
- IX. Cantidad nominal: Dato especificado por el generador en su solicitud de recolecta.
- X. Unidad (volumen/peso): g, kg, ml, l, etc.
- XI. # Fase: Una, dos o tres (Información asignada por la UGA).
- XII. Estado físico: Posibles combinaciones (Líquido, Sólido, L-L, L-S, S-L, L-L-S, L-S-L, S-L-L) (Información asignada por la UGA)
- XIII. Clasificación CRET: Corrosivo, Reactivo,etc. (De acuerdo con las características de la tabla 2).
- XIV. Equipo de seguridad: Bata, guantes, lentes (Información asignada por la UGA).

Corrosivos	Reactivos	Inflamable	Tóxicos
Líquido acuoso o sólido que cuando se mezcla con agua destilada, presenten pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5 (Ácidos y bases fuertes, fenol, bromo, hidracina)	Líquido o sólido que en contacto con el aire se inflama sin fuente externa de ignición. En contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables. Posee cianuros o sulfuros liberales que al exponerse a condiciones acidas genera gases. (Nitratos, metales alcalinos, metil isocianato, magnesio, cloruro de acetileno, hidruros metálicos)	Líquidos o mezclas de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión con punto de inflamación menor a 60.5°C, dejando excluidas soluciones acuosas con % de alcohol menor a 24%. No es líquido y provoca fuego por fricción, adsorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C. Gas que a 20°C y 101.3 KPa arde. Gas oxidante que contribuye a la combustión de otro material. (Hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, éteres, aldehídos, cetonas, fosforo)	Cianuros Arsénico y sales Plomo Polifenoles Fenol Anilina Nitrobenceno

Figura 9. Características de peligrosidad para la clasificación del residuo CRIT. **Fuente:** Bitácora electrónica.

Sección 3. Tren de tratamiento

- XV. Reuso: El residuo es parte de un nuevo proceso/destino, seleccionando si este aplica o no aplica.
- XVI. Reciclaje: Selección del proceso del que parte nuestro residuo, purificación o separación de fases.
- XVII. Pruebas preliminares: Selección de las pruebas que aplican al residuo (pH, peróxidos, cianuros, solubilidad).
- XVIII. Tipo de tratamiento: El residuo puede someterse a tratamiento físico, químico o físico-químico.
- XIX. Tratamiento físico 1: Selección del proceso físico al que se sometió el residuo, pueden existir más de un tratamiento físico hasta el tratamiento número 3, si es que aplica.
- XX. Tratamiento químico 1: Selección del proceso químico al que se sometió el residuo, pueden existir más de un tratamiento químico hasta el tratamiento número 3, si es que aplica.
- XXI. Disposición final: Selección del tipo de destino final (Incineración, confinamiento y drenaje).
- XXII. Observaciones: Descripción de alguna nota importante del tratamiento del residuo como modificaciones en las proporciones de reactivos, materiales extra a usar, entre otros.

Sección 4. Responsable del tratamiento de residuo

- XXIII. Responsable del tratamiento: Nombre de la persona encargada del tratamiento del residuo.
- XXIV. Vo.Bo.: LIBERADO por el jefe de la UGA.
- XXV. Guardar residuo: Se da clic en guardar la información capturada y se inicia un nuevo residuo en caso de continuar con el siguiente tratamiento, de lo contrario se guarda el archivo y se cierra el formulario.

A continuación, se muestra anexado en el formulario un panel de selección de instrucciones finales (figura 10).



Figura 10. Panel de instrucciones finales. **Fuente:** Elaboración propia.

Posteriormente se describen las funciones de los botones del panel de instrucciones finales:

Guardar registro: Esta opción automáticamente guarda la información capturada del tratamiento del residuo

Nuevo registro: Esta opción automáticamente abre un nuevo registro donde se despliegan los residuos que están en espera de tratamiento para seleccionar uno de ellos.

Limpiar campos: Esta opción automáticamente permite corregir datos capturados erróneamente, para volver a registrar datos correctos.

Imprimir reporte: Esta opción permite imprimir los residuos seleccionados en la bitácora electrónica, es posible filtrar su búsqueda por departamento y por generador.

Imprimir registro: Esta opción imprime solamente el registro del residuo capturado.

Finalmente se presenta todo el ejercicio de la prueba piloto con los campos de las secciones ya llenados.

De modo que se tiene en las figuras 11 y 12 la información capturada de un solo residuo correspondiente a las secciones 1, 2,3 y 4 de la bitácora electrónica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
Unidad de Gestión Ambiental (UGA)



miércoles, 24 de noviembre de 2021
 01:30:54 p. m.

1. Datos del generador de residuo

Recolecta: Departamento: Responsable: Laboratorio:

2. Características del residuo

Residuo: Residuo: Concentración: Unidad conc: Cantidad: Unidad cant:

Fases: Estado físico: Clasificación CRIT: Equipo de seguridad:

 Corrosivos	 Reactivos	 Inflamable	 Tóxicos							
Líquido acuoso o sólido que cuando se mezcla con agua destilada, presenten pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5 (Ácidos y bases fuertes, fenol, bromo, hidracina)	Líquido o sólido que en contacto con el aire se inflama sin fuente externa de ignición. En contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables. Posee cianuros o sulfuros liberales que al exponerse a condiciones acidas genera gases. (Nitratos, metales alcalinos, metil isocianato, magnesio, cloruro de acetileno, hidruros metálicos)	Líquidos o mezclas de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión con punto de inflamación menor a 60.5°C, dejando excluidas soluciones acuosas con % de alcohol menor a 24%. No es líquido y provoca fuego por fricción, adsorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C. Gas que a 20°C y 101.3 KPa arde. Gas oxidante que contribuye a la combustión de otro material. (Hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, éteres, aldehídos, cetonas, fosforo)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Cianuros</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Arsénico y sales</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Plomo</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Polifenoles</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Fenol</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Anilina</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Nitrobencono</td></tr> </table>	Cianuros	Arsénico y sales	Plomo	Polifenoles	Fenol	Anilina	Nitrobencono
Cianuros										
Arsénico y sales										
Plomo										
Polifenoles										
Fenol										
Anilina										
Nitrobencono										

Figura 11. Sección 1 y 2. **Fuente:** Elaboración propia.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
Unidad de Gestión Ambiental (UGA)



miércoles, 24 de noviembre de 2021
 01:30:54 p. m.

3. Tren de tratamiento

Reuso No aplica ▼	Reciclaje Proceso de separación ▼	Pruebas preliminares pH ▼	Tipo de tratamiento Físico-Químico ▼
Trat físico 1 Dilución ▼	Trat químico 1 Neutralización ▼	Trat físico 2 Filtración ▼	Trat químico 2 ▼
Trat físico 3 ▼	Trat químico 3 ▼	Disposición final Drenaje ▼	Observaciones Realizar el tratamiento por lotes de no más de 1L y diluir con agua-hielo para controlar la temperatura.

4. Responsable del tratamiento de residuo

Responsable del tratamiento Casandra Carreón	Vo.Bo. <input type="checkbox"/>
-------------------------------------------------	------------------------------------


Guardar registro


Nuevo registro


Limpiar campos


Imprimir reporte


Imprimir registro

Figura 12. Sección 3 y 4. **Fuente:** Elaboración propia.

El ejemplo anterior pertenece a un solo generador y a solo uno de sus residuos ya que puede encontrarse más de un residuo por generador.

5.4. Análisis de la captura de datos.

La visualización de todo lo que tiene capturado la bitácora electrónica se muestra por medio de la captura de pantalla del programa Access; mientras que se hizo el ejercicio de un solo residuo, pero se verá integrado como lo muestra la (figura 13).

# Recolecta	Departamento	Responsable	Laboratorio	# Res	Residuo	Concentraci	Unidad conc	Cantidad	Unidad
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	9	bradford (coom: 5 *	Otro		0.25 mL	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	9	bradford (coom: 5 *	Otro		0.25 mL	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	6	NaNO2,ALCl3,Ni 5:10:1 *	%		1 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	322 y 323 E	5	DNS	1 *	Otro	4 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	322 y 323 E	5	DNS	1 *	Otro	4 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	5	p-nitrofenil éste 0.1 *	M		0.5 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	5	p-nitrofenil éste 0.1 *	M		0.5 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	322 y 323 E	2	Kjeldahl	1 *	Otro	20 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	322 y 323 E	2	Kjeldahl	1 *	Otro	20 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	313 E	15	almidón + ácido	10 *	Otro	0.5 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	313 E	14	reactivo de Lowi	100 *	%	0.8 L	
I	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	313 E	14	reactivo de Lowi	100 *	%	0.8 L	
I	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Am	40	Residuos de lixi	1 *	M	300 L	
I	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Am	21	Líquido descono	1 *	M	150 mL	
I	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Am	20	Líquido descono	1 *	M	100 mL	
I	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Am	2	Líquido descono	1 *	M	0.06 L	
I	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Am	19	Líquido descono	1 *	M	100 mL	
I	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Am	11	Líquido descono	1 *	M	100 mL	
I	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Am	10	Líquido descono	1 *	M	200 mL	

Figura 13. Visualización de registro de residuos. Fuente: Elaboración propia.

Una de las ventajas de la bitácora que se pudo comprobar una vez que se captura la información, es que permite identificar residuos en común de diferentes departamentos académicos y laboratorios generadores (tabla 11), que pueden seguir el mismo tren de tratamiento (figura 14).

# Recolecta	Departamento	Responsable	Laboratorio	# Res	Residuo	Concentraci	Unidad conc	Cantidad	Unidad
I	Ingeniería Metalúrgica	M. en I. Agustín Gerardo Ruiz Tamayo	Lab 211 D	2	Mezcla de Perm	pH*0-1	0	10 L	
I	Ingeniería Metalúrgica	M. en I. Agustín Gerardo Ruiz Tamayo	Lab 211 D	2	Mezcla de Perm	pH*0-1	0	10 L	
I	Ingeniería Metalúrgica	M. en I. Agustín Gerardo Ruiz Tamayo	Lab 211 D	1	Mezcla de ácido	pH*0-1	0	20 L	
I	Ingeniería Metalúrgica	M. en I. Agustín Gerardo Ruiz Tamayo	Lab 211 D	1	Mezcla de ácido	pH*0-1	0	20 L	
II	Farmacia	M. en C. Lourdes Mayet	124 E	5	Mezcla de dietil	10:10:80 *	%	500 mL	
II	Farmacia	M. en C. Lourdes Mayet	124 E	5	Mezcla de dietil	10:10:80 *	%	500 mL	
II	Farmacia	M. en C. Lourdes Mayet	122 E	10	Mezcla de agua	60:40 *	%	200 mL	
II	Farmacia	M. en C. Lourdes Mayet	122 E	10	Mezcla de agua	60:40 *	%	200 mL	
II	Ingeniería Metalúrgica	M. en I. Agustín Gerardo Ruiz Tamayo	211 D	1	Mezcla de ácido	1 *	Otro	20 L	
II	Ingeniería Metalúrgica	M. en I. Agustín Gerardo Ruiz Tamayo	211 D	1	Mezcla de ácido	1 *	Otro	20 L	
III	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	Tec. Farmacéutica	4	Mezcla de Carbc	1	Otro	282 mL	
III	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	Tec. Farmacéutica	4	Mezcla de Carbc	1	Otro	282 mL	
III	Química Inorgánica y Nuclear	Q. Angeles Olvera León	304 B	1	Mezcla de ácido	20	%	4 L	
III	Química Inorgánica y Nuclear	Q. Angeles Olvera León	304 B	1	Mezcla de ácido	20	%	4 L	
IV	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	Tec. Farmacéutica	8	Mezcla de Alcan	1	Otro	100 L	
IV	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	Tec. Farmacéutica	8	Mezcla de Alcan	1	Otro	100 L	
IV	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	Tec. Farmacéutica	10	Mezcla de Ment	1	Otro	100 mL	
IV	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	Tec. Farmacéutica	10	Mezcla de Ment	1	Otro	100 mL	
V	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	Tec. Farmacéutica	6	Mezcla de Vasel	1	%	200 mL	
V	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	Tec. Farmacéutica	5	Mezcla de agua	1	Otro	105 mL	
V	Farmacia	M. en I. Ivette Gómez Sánchez	x	1	Mezcla de Indon	1	%	1500 mL	

Figura 14. Ejemplo de residuo con similitud en tren de tratamiento. Fuente: Archivos de la UGA.

5.5. Instructivo de manejo de la “bitácora electrónica.

Con el objetivo de facilitar a los usuarios el entendimiento de la bitácora electrónica se diseñó un instructivo con la secuencia de los pasos a seguir para la captura de los tratamientos.

A continuación, se describen de manera general los pasos que considera el instructivo.

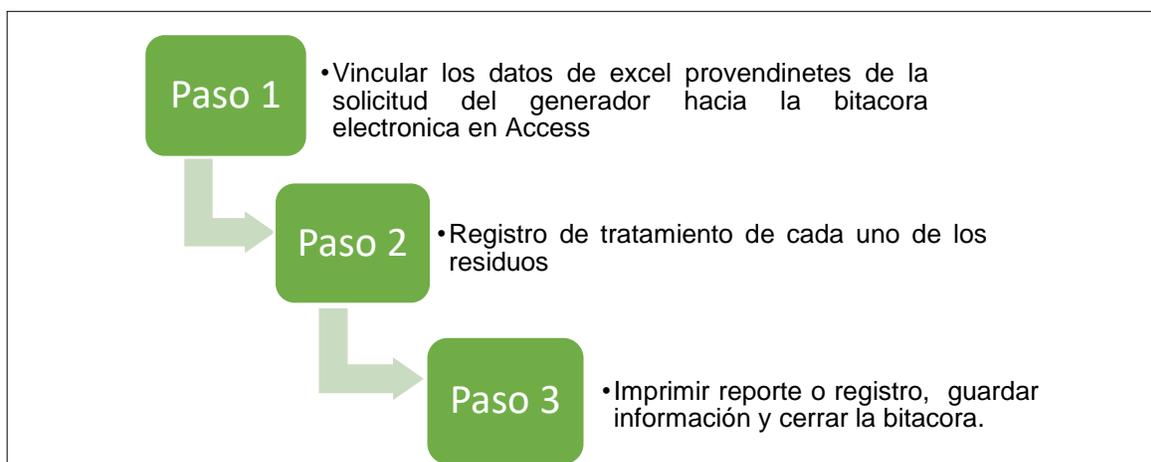


Figura 15. Pasos generales del instructivo para el usuario de la bitácora electrónica. **Fuente:** Archivos UGA.

En el Anexo 1 se presenta el instructivo.

Capítulo VI

CONCLUSIONES

Con base a los objetivos planteados, se estructuró una “Bitácora Electrónica de Residuos” con el software Microsoft Access, el cual ofrece las necesidades que la bitácora requería. Cabe señalar que el número de residuos que recibe la Unidad de Gestión Ambiental por recolecta en promedio se entregan entre 600 a 900 tipos de mezclas de residuos de los diferentes departamentos académicos variando la cantidad de estos entre el primer y segundo semestre. Aquí la importancia de contar con la bitácora electrónica sistematizada que permita agilizar tanto los tratamientos como la trazabilidad de la información de cada generador y el destino final.

El diseño de la bitácora electrónica permite identificar todos los elementos de clasificación, separación, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos establecidos en la legislación vigente, la cual cumple la función de documentar toda la evidencia de los residuos peligrosos; esto implica los procesos de tratamientos fisicoquímicos asociados a sus características de peligrosidad CRETI para la correcta disposición de los residuos generados dentro de la Facultad de Química, lo cual se logró mediante la integración de los diagramas de decisión en la estructura de la programación de la bitácora. También permite la actualización constante y la posibilidad de asociar tratamientos en común optimizando tiempos, lo cual significa para la UGA realizar un trabajo más eficiente.

Se logró realizar la prueba piloto sobre el funcionamiento de la bitácora electrónica, la cual ayuda a detectar fallas y corregirlas a tiempo para la eficiente sistematización de un lote de residuos. Como herramienta de apoyo se elaboró el instructivo para el usuario.

El producto de este trabajo permite optimizar tiempo y recursos asignados para las tareas que desarrollan los estudiantes que colaboran en la UGA y así brindar un servicio cada vez mejor. De igual modo, dicho material digital tiene la ventaja de permitir modificaciones y actualizaciones para el manejo adecuado de los residuos generados en nuestra facultad aunado a la mejora de la formación de los estudiantes en el aspecto del cuidado ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1996). En O. F. Martha, *Operaciones unitarias* (Primera ed., pág. 7). México: Limusa. Recuperado el 04 de Noviembre de 2021
- Bolaños Alfaro, D. J. (2012). Protocolo para la gestión verde en laboratorios de química con fines académicos. *Pensamiento actual*, 47-58.
- Cortinas De Nava, D. C. (febrero 2002). *Gestión de Residuos Peligrosos*. Mexico: UNAM Programa Universitario de Medio Ambiente.
- Dávalos González, M. V. (2020). *Diseño de una propuesta metodológica para mejorar la calidad de la gestión del conocimiento en los programas de posgrado de instituciones de educación superior (estudio de caso: programas de Posgrado y Carrera del Campo Amplio de ESPE periodo 2016-2018)*. (U. d. Universitaria, Ed.) Recuperado el 14 de abril de 2022, de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22463>
- Diario Oficial de la Federación. (1978). *Ley para la Coordinación de la Educación Superior*, CCCLI(4).
- Jiménez Cisneros, B. E. (1999). Tratamiento primario avanzado. *Serie del Instituto de Ingeniería UNAM Investigación y desarrollo Ingeniería Ambiental*(SID 618). Recuperado el 18 de abril de 2022, de <https://aplicaciones.iingen.unam.mx/ConsultasSPII/DetallePublicacion.aspx?id=485>
- Laboratorio de Ingeniería Química, F. d. (s.f.). *Procesos de Separación*. Recuperado el 8 de noviembre de 2021, de <http://depa.fquim.unam.mx/>
- Michael D. LaGrega, P. L. (2010). *Hazardous Waste Management: Second Edition*. (W. Press, Ed.) USA.
- Pombo, M. F. (2017 - 2021). *Articulación de las funciones sustantivas en resultados de la gestión de la vinculación en la UCSG*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Virrektorado de vinculación, Ecuador . Obtenido de <https://www.ucsg.edu.ec/wp-content/uploads/pdf/vinculacion/normativas/articulacion.pdf>
- Química, F. d. (s.f.). *Plan de Desarrollo Institucional 2019-2023*. Recuperado el 8 junio de 2021 de FQ-PDI-2019-2023.pdf (unam.mx)
- Revista Educación Superior y Sociedad . (enero-junio de 2021). *Tres décadas de investigación en educación superior en América Latina y el Caribe: pasado, presente y futuro*, 33(1), 209-234.
- UNAM. (s.f.). *Metodos de separacion de mezclas* . Recuperado el 5 de junio de 2021, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/apuntesMetodosDseparacn_24865.pdf
- UNAM, I. d. (2 de mayo de 2021). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* . Recuperado el 5 de mayo de 2021, de Título Primero Artículo 4: <https://www.juridicas.unam.mx/legislacion/ordenamiento/constitucion-politica-de-los-estados-unidos-mexicanos>
- Universidad Santo Tomás TUNJA. (2021). (Institución de Educación Superior) Obtenido de <https://www.ustatunja.edu.co/tomas-noticias/tomas-noticias-usta/item/2897-segun-nuestro-p-e-i-que-son-las-funciones-sustantivas>
- Secretaría de Gobernación [SEGOB]. (2012). *DOF 08/02/2012*. México. Recuperado el 2 de mayo de 2021 de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5232952&fecha=08/02/2012

- Secretaría de Gobernación [SEGOB]. (2013). *DOF 01/02/2012*. México. Recuperado el 4 de mayo de 2021 de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013
- Secretaría de Gobernación [SEGOB]. (2013). *DOF 07/05/2012*. México. Recuperado el 6 de mayo de 2021 de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5298125&fecha=07/05/2013
- Secretaría de Gobernación [SEGOB]. (2015). *DOF 09/10/2015*. México. Recuperado el 11 de mayo de 2021 de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5411121&fecha=09/10/2015
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2017). *Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial*. Recuperado el 13 de mayo de 2021 de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-y-de-manejo-especial>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] et al Procuraduría Federal de Protección al Ambiente [PROFEPA]. (2016). *Residuos de Manejo Especial*. Recuperado el 17 de mayo de 2021 de https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3946/1/2_curso_de_residuos_rme_y_rsu_sep2016.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2018). *Compendio de estadísticas Ambientales*. Recuperado el 19 de mayo de 2021 de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet10ea.html#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Ley,les%20confieran%20pe ligrosidad%2C%20as%C3%AD%20como

ANEXO 1 Instructivo de manejo del usuario “bitácora electrónica”

A continuación, se presentan los pasos a seguir para el correcto funcionamiento de la bitácora electrónica de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA).

No abrir la bitácora hasta no leer las instrucciones.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE QUÍMICA Unidad de Gestión Ambiental (UGA)



miércoles, 24 de noviembre de 2021
01:22:58 p. m.

1. Datos del generador de residuo

# Recolecta	Departamento	Responsable	Laboratorio
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2. Características del residuo

# Residuo	Residuo	Concentración	Unidad conc	Cantidad	Unidad cant
<input type="text"/>					

# Fases	Estado físico	Clasificación CRIT	Equipo de seguridad
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

 Corrosivos	 Reactivos	 Inflamable	 Tóxicos
Líquido acuoso o sólido que cuando se mezcla con agua	Líquido o sólido que en contacto con el aire se inflama sin fuente externa de	Líquidos o mezclas de líquidos que contienen sólidos en solución o	Cianuros Arsénico v sales

1.- Cada inicio de recolecta se localizará y creará el archivo Excel “LG2020-120521”.

2.- En la hoja 1 se deberán copiar solo los campos necesarios que vienen marcados en las 10 columnas.

# Recolecta	Departamento	Responsable	Laboratorio	# Residuo	Residuo	Concentración	Unidad conc	Cantidad	Unidad cant
1									
2	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	9	bradford (coomasie, eta 5 *		Otro	0.25	mL
3	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	9	bradford (coomasie, eta 5 *		Otro	0.25	mL
4	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.		6	NaNO2,ALCl3,NaOH	5:10:1 *	%	1	L
5	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	322 y 323 E	5	DNS	1 *	Otro	4	L
6	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	322 y 323 E	5	DNS	1 *	Otro	4	L
7	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	5	p-nitrofenil ésteres en ± 0.1 *		M	0.5	L
8	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	312 E	5	p-nitrofenil ésteres en ± 0.1 *		M	0.5	L
9	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	322 y 323 E	2	Kjeldahl	1 *	Otro	20	L
10	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	322 y 323 E	2	Kjeldahl	1 *	Otro	20	L
11	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	313 E	15	almidón + ácido sulfúrico	10 *	Otro	0.5	L
12	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	313 E	14	reactivo de Lowry	100 *	%	0.8	L
13	Alimentos y Biotecnología	Dra. Hilda Calderón V.	313 E	14	reactivo de Lowry	100 *	%	0.8	L
14	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Ambie	40	Residuos de lixiviación	1 *	M	300	L
15	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Ambie	21	Líquido desconocido	21. 1 *	M	150	mL
16	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Ambie	20	Líquido desconocido	20. 1 *	M	100	mL
17	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Ambie	2	Líquido desconocido	2. ± 1 *	M	0.06	L
18	Biogeoquímica Ambiental	M. en C. Norma Ruth López Santiago	Biogeoquímica Ambie	19	Líquido desconocido	19. 1 *	M	100	mL

Nota 1: NO SE DEBE MODIFICAR EL NOMBRE de ninguno de los campos de la hoja de Excel.

Nota 2: Se guardará el archivo con la precaución de NO CAMBIAR el nombre de este, ya que de lo contrario se perderá la vinculación.

3.- Se cierra el archivo y se abre la bitácora electrónica de nombre “Bitácoras RESPEL_UGA-Backup-copia” de Microsoft Access.

4.- Ahora se abrirá el formulario, lugar donde se capturará el tratamiento de cada uno de los residuos.

5.- Seleccionar las 4 secciones por las que se encuentra dividido el formulario y llenar la información correspondiente a cada uno de sus campos aplicado al tratamiento del residuo.

Nota 3: El tren de tratamiento puede constar de 1 o más etapas, se debe seleccionar una operación unitaria por campo cuidando que se cumpla el orden en que se ejecutó.

6.- Del panel de selección de instrucciones finales, se da clic en guardar y se pone nuevo residuo en caso de continuar con el siguiente tratamiento, de lo contrario se guarda el archivo y se cierra.

Nota 4: La bitácora electrónica funciona por medio de filtros y búsquedas avanzadas, en la tabla “Registro” se podrán consultar todos los residuos con su tratamiento y estos se pueden aplicar en cada campo existente.