



1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"METODOS DE TRATAMIENTO DE DESECHOS Y
RECUPERACION DE REACTIVOS A PARTIR DE ESTOS".

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
JULIO AGUILAR BERNAL



MEXICO, D.F.

AÑO 2001



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.

Jurado asignado:

Presidente: Prof. Pedro Villanueva González

Vocal: Prof. Rodolfo Torres Barrera

Secretario: Prof. Guerrero Eduardo Rodríguez de San Miguel

1er Suplente: Prof. Julio Cesar Aguilar Cordero

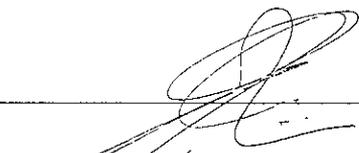
2do Suplente: Alonso Duran Moreno

Sitio donde se desarrollo el tema:

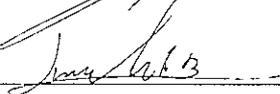
Laboratorio 3 D del edificio "A", Biblioteca y Hemeroteca de la Facultad de Química,
UNAM.

Biblioteca del Instituto Nacional de Ecología.

Asesor: Q. Pedro Villanueva González



Sustentante: Julio Aguilar Bernal



Agradecimientos

A Dios:

Por su bendición.

A mis Padres:

por su apoyo y confianza.

A mis Hermanos:

Juan José , Rosario y Martín

A todos esos grandes amigos que juntos sembramos una amistad durante esta etapa

Índice

1	Introducción.....	3
2	Objetivos	6
3	Generalidades	8
3.1	Definición de un residuo peligroso.	
3.2	Gestión ambiental.	
3.3	Clasificación de los residuos.	
3.4	Manejo de los residuos peligrosos.	
3.5	Normatividad y legislación.	
3.6	Infraestructura del manejo de los residuos peligrosos en México.	
3.7	Tratamiento de los residuos en la Facultad de Química.	
3.8	Manejo de los residuos generados en las diferentes actividades de enseñanza experimental de los laboratorios del Departamento de Química Analítica.	
4	Parte Experimental ..	45
4.1	Técnicas de tratamiento para la recuperación de reactivos.	
4.1.1	Residuos de plata.	
4.1.2	Recuperación de yodo.	
4.1.3	Recuperación de ferriina.	
4.1.4	Preparación de disoluciones reguladoras.	
4.1.5	Recuperación de soluciones mediante recuperaciones	
4.1.6	Recuperación de solventes.	

5. Resultados	64
5.1 Plata metálica recuperada	
5.2 Recuperación de yodo.	
5.3 Recuperación de ferroina.	
5.4 Preparación de disoluciones amortiguadoras.	
5.5 Resultado de las preparaciones valoradas.	
5.6 Recuperación de solventes.	
6. Análisis Económico.....	79
6.1 Plata metálica.	
6.2 Yodo.	
6.3 Ferroina.	
6.4 Soluciones Amortiguadoras.	
6.5 Soluciones valoradas de ácido clorhídrico y de hidróxido de sodio.	
6.6 Recuperación de disolventes	
7. Conclusiones	86
Anexo I	
8. Bibliografía	88

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de los residuos.....	14
Tabla 2 Clasificación oficial de los residuos Generados en el subgiro “grasa, aceite Y solventes”.	15
Tabla 3 Condiciones de almacenamiento de los residuos.....	17
Tabla 4 Equipos de protección durante el manejo de los residuos	21
Tabla 5 Normas Oficiales para el control de los residuos peligrosos	31
Tabla 6 Empresas dedicadas en las diferentes actividades para el manejo de los residuos en México..	33
Tabla 7 Relación de prácticas en donde fueron generados los residuos seleccionados.....	46
Tabla 8 Prácticas en donde se pueden utilizar los reactivos recuperados..	83

1 INTRODUCCIÓN

Unos de los aspectos de importancia que deben ser tomados en cuenta en cualquier que proceso genere residuos peligrosos o no peligrosos, es el de cómo manejarlos y la forma de minimizar la peligrosidad que contienen al ser generados

La preocupación entraría en el aspecto ecológico y en el ámbito económico En el aspecto ecológico existe la preocupación de la contaminación en aguas, suelos y aire, debido a que en ocasiones no se tratan los residuos adecuadamente o por desgracia no se tiene una cultura dentro de esta actividad y por lo tanto no se tiene la conciencia para no pensar en el ambiente que nos rodea. En el aspecto económico, el aprovechamiento de algunos residuos que pueden ser utilizados como materia prima para algunos procesos, reduciría los gastos en la compra de materia prima y, de igual manera, algunos residuos podrían ser utilizados como combustible y de esta manera generar energía útil para la aplicación de algunos procesos.

La generación de los residuos puede tener su origen en una amplia gama de actividades industriales, agrícolas, comerciales, investigación o domésticas Los residuos pueden ser tratados en el mismo lugar de donde se originaron o puede ser transportado a instalaciones para su tratamiento, almacenamiento o reciclaje Cuando el residuo se trata en el lugar donde fue producido se le llama residuo local y cuando el residuo se tiene que transportar se llama residuo transportado

En nuestro país la regulación y el control del manejo de los materiales y residuos peligrosos así como de las actividades altamente riesgosas, está a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de sus dos órganos desconcentrados, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA), así como de otras Secretarías relacionadas con el tema de protección al ambiente

También en nuestro país cada entidad federativa requiere contar con programas para la gestión de los materiales y residuos peligrosos que se manejan en ellas, así como también programas de prevención y de respuesta a accidentes que los involucren

De una manera general, el manejo adecuado de los residuos garantiza la minimización de accidentes que estos puedan provocar al no ser manejados de manera correcta, contando con la información de cada uno de los residuos, la cual se puede encontrar en la bibliografía adecuada o en las Hojas de Datos de Seguridad, las cuales cuentan con la información

Dentro de la Facultad de Química, cada departamento de enseñanza experimental cuenta un programa del manejo y tratamiento de los residuos generados en las diferentes actividades experimentales, pero en algunos casos no se tiene en cuenta el beneficio económico que se tendría en la recuperación y reutilización de estos.

De igual manera, el beneficio que se tendría en el tratamiento adecuado de los residuos que son generados en las diferentes actividades experimentales de la Facultad de Química, se vería reflejado en el aspecto ecológico, ya que gran parte de éstos residuos llegan a la planta tratadora de agua de Ciudad Universitaria, causando daño en algunos de los equipos de dicha planta, es por eso que se debe tener en cuenta nuevas técnicas de tratamiento de los residuos y métodos de reaprovechamiento de los residuos, de esta manera disminuiría la contaminación ambiental.

Teniendo en cuenta los beneficios mencionados anteriormente, en el laboratorio 3 "D" del Departamento de Química Analítica se han aplicado técnicas para la recuperación y reutilización de Nitrato de plata, construcción de electrodos de plata, yodo, ferrioxina, soluciones buffer y solventes, a partir de desechos que han sido generados en las diferentes actividades experimentales de los laboratorios 3 "A", 3 "B", 3 "C" y 3 "D" de dicho departamento

Para llevar a cabo las técnicas de tratamiento de recuperación se tomaron en cuenta los conocimientos adecuados de cada uno de los residuos seleccionados, indicando las prácticas en donde estos fueron generados, así como también el manejo adecuado para su tratamiento, teniendo en cuenta también los aspectos teóricos en los cuales se basaron para llevar a cabo la técnica de recuperación

Con las técnicas propuestas se trata de aprovechar en su gran mayoría a los desechos seleccionados, minimizando de esta manera la descarga al drenaje y sin contaminar mucho el ambiente

El ahorro económico que se tendría al recuperar los reactivos antes mencionados, se vería reflejado en la reutilización que estos tengan en actividades experimentales específicas de cada uno de los laboratorios de enseñanza experimental del mismo departamento

Es por eso que cada uno de los departamento de enseñanza experimental de la Facultad de Química debería tener en cuenta nuevas técnicas para el tratamiento de recuperación y reaprovechamiento de reactivos, a partir de residuos generados en sus diferentes actividades experimentales.

2 OBJETIVOS

Teniendo en cuenta que el tratamiento de los residuos abarca demasiados aspectos de mucha importancia , y como en el presente trabajo se manejan actividades experimentales en la recuperación de algunos reactivos, el siguiente trabajo se ha dividido en dos partes.

En la parte I hablaremos acerca de las generalidades acerca del manejo adecuado de los residuos, mencionando algunas definiciones ya establecidas en el tema, relacionándolas con las actividades experimentales que se llevarán a cabo durante dicho trabajo. Teniendo como objetivo los siguientes aspectos:

1. Conocer las características principales que hacen que un residuo se convierta en peligroso
2. Conocer el manejo adecuado de los residuos, así como también su reaprovechamiento y las diferentes técnicas que se aplican para tratar a los residuos.
3. Conocer la normatividad que regula a los residuos en México, de igual manera conocer la infraestructura que se tiene en México para el manejo adecuado de los residuos
4. Relacionar los aspectos anteriores con el manejo de los residuos generados en las diferentes actividades experimentales de la Facultad de Química, especificando los residuos seleccionados generados en las diferentes actividades experimentales de los laboratorios de 3"A", 3"B", 3"C" y 3"D que serán tratados para su reutilización

En la parte II aplicaremos métodos de tratamiento y técnicas de recuperación de reactivos a partir de los residuos generados en las diferentes actividades experimentales de los laboratorios 3"A", 3"B", 3"C" y 3"D", del Departamento de Química Analítica, teniendo como objetivo los siguientes puntos.

1. Aplicar métodos de tratamiento a los residuos de plata, de yodo, de ferroína, de soluciones buffer, de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio y de solventes que fueron generados en las diferentes actividades experimentales de los laboratorios antes mencionados.
2. Recuperar nitrato de plata, construir electrodos de plata, yodo, ferroína, preparar soluciones amortiguadoras a diferente pH, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio valorados y solventes, a partir de residuos que fueron generados en las diferentes actividades experimentales de los laboratorios antes mencionados
3. Mediante un estudio económico, estimar el ahorro que se tendría al recuperar y reutilizar los reactivos, mencionando en que actividades experimentales éstos podrían ser utilizados

3 Generalidades

3.1 Definición de residuo peligroso

Cuando se menciona el nombre de “residuo”, siempre se nos viene a la mente de algo que ya no tiene uso y que este ha sido generado durante uno o varios procesos para la elaboración de algún producto.

“Un residuo es aquella cosa, sustancia, desecho u objetos destinados al abandono y en muchos casos a un abandono incontrolado y peligroso.”

En México, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), define a los residuos de la siguiente manera:

“ Los residuos son todos aquellos materiales generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo genero.”

Un residuo se convierte en peligroso cuando sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas ponen en riesgo a la salud humana cuando el hombre se encuentran expuestos a ellos y al ambiente donde estos se encuentren

Esta definición se encuentra establecida en al Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en su Artículo 3° fracción XXXII

Si algún material o residuo contiene las siguientes características se considera peligroso

- Corrosivo
- Reactivo
- Explosivo
- Tóxico
- Inflamable
- Biológico – infeccioso

Más conocida como la clave CRETIB que es un código de clasificación que menciona las características peligrosas de un residuo.

CORROSIVO

Un residuo se considera peligroso por su corrosividad cuando presenta las siguientes características:

- La solución presenta un pH menor o igual a 2 o mayor a 12

Dentro de los residuos peligrosos que son altamente corrosivos se encuentran los siguientes:

- Ácidos Fuertes
- Bases fuertes
- Fenol
- Bromo
- Hidracina

REACTIVO

Un residuo se considera peligroso por su reactividad, cuando presenta las siguientes características

- Bajo condiciones normales se combina o polimeriza violentamente sin detonación
- En condiciones normales, si se ponen en contacto con el agua en una relación residuos – agua de 5:1, 5:3 y 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos
- En condiciones normales, si se ponen en contacto con soluciones de ácido clorhídrico 1.0 N y en soluciones hidróxido de sodio 1.0 N, en relación residuos solución de 5:1, 5:3 y 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos
- Cuando los cianuros o sulfuros se exponen a condiciones de pH entre 2 y 12.5 pueden generar vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCN/kg de residuo o 500 mg de H_2S / Kg de residuo

- Cuando el residuo es capaz de producir radicales libres

Ejemplos de residuos peligrosos reactivos

- Nitratos
- Metales alcalinos
- Metil isocianato
- Magnesio
- Cloruro de acetileno
- Hidruros metálicos

Explosivo

Un residuo se considera peligroso por su explosividad, cuando presenta las siguientes características:

- Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno
- Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25° C y a 1 03 Kg/cm² de presión,

Ejemplos de residuos peligrosos explosivos:

- Peróxidos
- Cloratos
- Percloratos
- Ácido picrico
- Trinitrotolueno
- Trinitrobenceno

Tóxico

Un residuo se considera peligroso por su toxicidad, cuando presenta la siguiente característica

- Contienen sustancias capaces de causar la muerte o provocar efectos nocivos en la salud del humano que se encuentren expuesto y al ambiente, dependiendo de la forma e intensidad de la exposición.

Ejemplo de residuos peligroso tóxicos:

- Cianauros
- Arsénico y sales
- Plomo
- Polifenoles
- Plaguicidas
- Anilina
- Nitrobenceno

Inflamable

Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad, cuando presenta las siguientes características

- En solución acuosa, contiene más del 24 % de volumen de alcohol
- Es líquido y tiene un punto de inflamación menor a 60° C
- No es líquido, pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos

Ejemplos de residuos peligrosos inflamables:

- Hidrocarburos alifáticos
- Hidrocarburos aromáticos
- Alcoholes
- Éteres
- Aldehídos
- Cetonas

- Fósforo

Biológico – infecciosos

Un residuo se cataloga como biológico infeccioso y considera peligroso cuando presenta las siguientes características:

- El residuo contiene bacteria, virus u otros microorganismos que son infecciosos
- El residuo contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos
- Ejemplos de residuos peligrosos biológico infecciosos.
- Sangre
- Cepas y cultivos
- Residuos patológicos
- Objetos punzo cortantes

3.2 Gestión ambiental

Se tiene que tomar mucho en cuenta la peligrosidad que puede ocasionar un residuo peligroso al no ser manejado adecuadamente, ya que de esta manera se pueden prevenir accidentes que perjudiquen la salud y que desequilibren al ambiente.

Los generadores de residuos, que en su mayoría son todas aquellas empresas que obtiene un producto final, deben conocer el tipo de residuo que generaron, la peligrosidad de estos residuos y la manera de minimizarlos en el momento que son generados

Los que transportan los residuos peligrosos, las personas que trabajan en ellos y los inspectores, deben también conocer el tipo de residuo, la peligrosidad de este y en que casos el residuo peligroso llega a tener tanta peligrosidad al ser humano y al ambiente

En México se requiere una previa aprobación para instalar y operar el manejo de los residuos peligrosos, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT),

de la cual dependen dos órganos descentralizados, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) son las encargadas de dar esta autorización.

Medidas de gestión

Todos los movimientos de entrada y salida de los residuos que se encuentren en el área de almacenamiento deberán estar escritos en una bitácora indicando los siguientes datos:

- Tipo de residuo
- Fecha de entrada o de salida, según sea el caso
- Origen del residuo
- Destino del residuo

3.3 Clasificación de los residuos

La clasificación de un residuo peligroso o de una sustancia peligrosa es de suma importancia, pues de ella depende el manejo seguro de éstos. Una clasificación que nos permite ordenar a los residuos es la siguiente:

- 1 El estado o fase en que éstos se encuentren distribuidos, por ejemplo en forma líquida o sólida
- 2 Sí éstos son inorgánicos u orgánicos
- 3 Según su categoría química, en la cual éstos se encuentren, disolventes o metales pesados
- 4 La peligrosidad que estos tengan al ser tratados

En la siguiente tabla No 1 nos muestra una clasificación de residuos con características físicas y químicas similares

Tabla No 1

Categoría principal	Características
Residuos acuosos inorgánicos	Disolución líquida compuesta principalmente por agua, ácidos y/o soluciones inorgánicas
Residuos acuosos orgánicos	Disolución líquida compuesta principalmente por agua con sustancias orgánicas.
Líquidos orgánicos	Disolución líquidas compuestas por sustancias orgánicas.
Aceites	Residuo líquido compuesto principalmente por aceites derivados del petróleo.
Lodos sólidos inorgánicos	Lodos, polvo, sólidos u otros residuos no líquidos mezclados con sustancias inorgánicas
Lodos y sólidos orgánicos	Alquitranes, lodos, sólidos u otros residuos no líquidos mezclados con sustancias orgánicas.

Clasificación oficial de los residuos

En México existe una clasificación de residuos que facilita el manejo adecuado de los residuos. Para dicha clasificación, es importante que los residuos contengan la siguiente información:

- Número del Instituto Nacional de Ecología (No INE)
- Tipo de residuo (Denominación oficial)
- Tipo de residuo (Denominación interna)

En la tabla No 2 nos muestra un ejemplo de la clasificación oficial de los residuos, mencionando el número del Instituto Nacional de Ecología, el tipo de residuo y la denominación en la cual se encuentra; esta clasificación de residuos es generada en el subgiro “Grasas, aceites y solventes

Tabla No 2 Clasificación oficial de los residuos generados en el subgiro "Grasas, aceites y solventes"

NO DE INE	TIPO DE RESIDUO (DENOMINACIÓN OFICIAL)	TIPO DE RESIDUO (DENOMINACIÓN INTERNA)
C.V.012	Fenol	Fenol
RP15 1/01	Residuos de la producción que contengan sustancias tóxicas al ambiente	Muestras de retención de materia prima y de producto terminado
RPNE1.1/01	Hidróxido de sodio	Hidróxido de sodio usado

La clasificación oficial se divide de la siguiente manera:

- 1 Los residuos que se encuentran listados en los anexos de la NOM-052-ECOL-1993
- 2 Los residuos clasificados como peligrosos según la clave CRETIB
- 3 Los que no están especificados como peligrosos.

3.4 Manejo de los residuos peligrosos

Se entiende como el manejo de los residuos a todas aquellas operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos. Todas estas actividades requieren de la autorización del Instituto Nacional de Ecología.

Almacenamiento

Todo tipo de residuo, considerado como peligroso y no peligroso, debe almacenarse en áreas, las cuales no presenten riesgo alguno a los trabajadores que operan ahí, al ambiente, en su caso a personas que vivan cercas de donde se almacenan los residuos.

El sistema de almacenamiento debe prevenir los riesgos a través de las medidas técnicas y administrativas establecidas en el reglamento de la Ley General de Equilibrio ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de manejo de residuos peligrosos y en la normatividad correspondiente en materia de manejo de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

También se deberá cumplir con los requerimientos establecidos en la normatividad en Materia de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, las cuales se encuentran contenidas dentro de las normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y de la Secretaría de Salud, esto con el fin de prevenir accidentes dentro de los lugares donde se generan los residuos peligrosos.

Durante el almacenamiento de los residuos se recomienda tener siempre en cuenta los siguientes aspectos:

- Proteger a los contenedores de cualquier daño físico que estos puedan tener.
- Almacenar a los residuos compatibles.
- Aislar a los residuos inflamables.

Uno de los problemas existentes en el almacenamiento de los residuos es la compatibilidad que éstos tengan durante dicho almacenamiento. El no almacenar residuos que son compatibles entre sí podría provocar reacciones entre ellos, se generarían gases que podría provocar una explosión o se provocarían derrames que ponen en peligro la integridad física de las personas que laboran en las instalaciones. Por ejemplos nunca se deben almacenar solventes en contenedores de plástico, los contenedores que contiene residuos de cianuros no deberán estar cerca de contenedores que tengan residuos ácidos. La solución a este problema es separar a los residuos no compatibles con los que son compatibles.

En la tabla No 3 nos muestra las condiciones que deben tener los residuos al ser almacenados, esta tabla contempla los riesgos a la salud y los riesgos físicos, y las condiciones físicas que se requieren al ser almacenados los residuos.

Residuos	Riesgos a la salud	Riesgos físicos	Condiciones físicas	Temperatura de almacenamiento
Ácidos	Quema los tejidos, altamente corrosivo y tóxico.	Producen reacción violenta al contacto con agua o álcalis.	Se requiere de un gabinete de metal.	de 2 a 49° c
Álcalis	Quema los tejidos y es corrosivo y tóxico.	Producen reacción violenta al contacto con ácidos.	Se deben mantener en un lugar seco.	de 2 a 49° c
Residuos solventes clorados	Produce dermatitis e intoxicación.	Desprenden humos tóxicos cuando se queman	Se deben mantener lejos de ácidos, calor o de fuego.	de 2 a 49° c
Cloro	Quema los tejidos y produce intoxicación.	Altamente corrosivos para los metales	Se deben mantener en lugares secos y se deben proteger a los contenedores contra daños físicos.	de 2 a 49° c
Gases comprimidos	Producen intoxicación.	Producen explosiones a presiones altas.	Se deben mantener lejos del calor y de deben evitar daños a los tanques.	menos a 49°
Solventes inflamables	Producen dermatitis	Son altamente inflamables.	Se deben mantener lejos del calor y fuego y estos requieren de un contenedor especial.	menor a 49° c
Residuos pinturas y thinner	Producen intoxicación.	Son inflamables.	Se deben mantener en gabinetes especiales.	5 a 49° c
Fenoles	Son corrosivos a los tejidos y producen intoxicación.	Incompatibles con ácidos, calcio e hipoclorito.	Se deben mantener en lugares secos y con una adecuada ventilación y lejos del calor.	2 a 49°
Aceites y lubricantes	Producen irritación a la piel	Son inflamables	Se deben evitar derrames	2 a 49° c

Seguridad

El almacenamiento de los residuos es una etapa en la cual se deben considerar algunos aspectos de importancia, los cuales pueden ser: la seguridad en la zona de almacenamiento, la protección contra fuego y explosión, protección contraderrames y la protección personal al ser manejados los residuos.

A continuación se en listan algunas medidas de seguridad que se deben tomaren cuenta durante el almacenamiento de los residuos.

Seguridad en el almacenamiento

La zona de almacenamiento de los residuos debe contar con las siguientes medidas técnicas de seguridad:

- Deben estar separadas de las áreas de producción, de oficinas, de áreas de servicios y de almacenamiento de materias primas.
- Los residuos no deberán rebasar la capacidad instalada de las áreas de almacenamiento.
- Se debe contar con letreros y señalamientos que indiquen el lugar y la peligrosidad de los residuos.
- En caso de almacenes que no se encuentren techados, no se deberán almacenar residuos peligrosos que produzcan lixiviados.
- Deberán contar con pasillos suficientemente amplios.

Protección contra incendio y explosión

Dentro de las áreas de almacenamiento existe el riesgo de que ocurra un incendio o una explosión, esto puede ocurrir por diferentes causas. A continuación se dan algunas medidas técnicas para la protección contra incendio y explosión.

- Las áreas de almacenamiento para los residuos inflamables deberán equiparse con dispositivos de alarma y con sistema de extinción contra incendios. Los hidrantes deberán mantener una presión mínima de 6 kg/cm², durante 15 minutos. El equipo de alarma contra incendio debere estar conectado a una central de bomberos.

- Dentro de las áreas de almacenamiento que se encuentren cerrados las paredes no deben estar construidas de material inflamable.
- En las áreas donde se puedan generar una atmósfera explosiva se debe tener medidas contra explosiones para evitar la acumulación de vapores peligrosos.
- Se deberán instalar equipos para la extracción de gases y vapores tóxicos y explosivos.
- Los almacenes que se encuentren sin techo deberán contar con pararrayos, detectores de gases o detectores de vapores con alarma auditiva, cuando los residuos son volátiles.
- Los almacenes que se encuentren cerrados deberán contar con instalaciones de ventilación.

Protección en contra de derrames

Teniendo en cuenta que en ocasiones los residuos almacenados pueden llegar a derramarse, se tiene que contar con las siguientes medidas técnicas de seguridad en caso de derrames que puedan poner en peligro el manto acuífero:

- El almacén deberá contar con un piso de concreto que esté provisto de un recubrimiento superficial resistente e impermeable para los residuos que se van a almacenar.
- En el caso de almacenes abiertos, los pisos deben ser lisos y de material impermeable y de material antiderrapante, principalmente en las zonas en donde se van a guardar los residuos.
- En el caso de almacenes abiertos no deberán estar localizados en sitios por debajo del nivel del agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona, más un factor de seguridad de 1.5.
- Las áreas de almacenamiento de líquidos, deberán contar con equipos o sistemas de absorción, muros de contención y fosas de retención con capacidad de contener una

quinta parte de lo almacenado, para la captación y eliminación de los derrames de los residuos o lixiviados.

- Los pisos deben contar con trincheras o canales que conduzcan los derrames a las fosas de retención.

Seguridad personal

La seguridad personal es un aspecto de suma importancia que debe tomarse durante el manejo de los residuos, de ello dependerá la minimización de los accidentes que se puedan tener al no contar con la seguridad personal adecuada. A continuación se mencionan algunas medidas técnicas de seguridad personal que se deben tener durante el manejo de los residuos.

- Equipos de protección disponibles para el trabajador.
- Regaderas de emergencia y lavadores de ojos, en áreas donde se almacenen residuos que contengan características corrosivas y tóxicas.
- Sistema de comunicación para casos de emergencia.
- Equipos de limpieza disponibles en las áreas de almacenamiento de los residuos.
- Alumbrado de emergencia que ilumine lo suficiente las rutas de evacuación y las áreas de trabajo.
- Puertas de emergencia que deberán abrir en dirección a la salida de evacuación adecuada y que cierren automáticamente

Dentro de los equipos de protección personal que se utilizan en el manejo de los residuos, son variados y cada uno de ellos tendrá un objetivo diferente para la protección del personal que vaya operar con los residuos.

En la tabla No 4 nos muestra los diferentes equipos de protección durante el manejo de los residuos, esta tabla también nos muestra las limitaciones que estos equipos pueden tener durante el manejo o el almacenamiento de los residuos

Tabla 1 4.3 Equipos de seguridad personal en el manejo y el almacenamiento de los residuos

	PROTECCIÓN	LIMITACIONES
	Daños por impacto contra la cabeza	No protege contra salpicaduras de compuestos químicos, gases, lomos, vapores o neblina.
na.	Salpicaduras de compuestos químicos	No protege contra impactos, gases, neblina, humos o vapores.
de seguridad.	Partículas grandes de polvo, astillas y proyectiles.	No tiene mucho ajuste, no protege contra nubes de polvo o impactos laterales de proyectiles.
es.	Polvo, proyectiles y astillas.	Poco conveniente para salpicaduras de líquidos, gases o neblinas.
ra facial completa	Proyectiles, salpicaduras y spray.	Requiere de capucha adicional para proteger contra salpicaduras y spray y respirador para proteger contra neblinas, gases, o vapores.
es para oídos.	Ruido.	Inconveniente para su uso.
al	Salpicaduras y derrames, útiles durante su manejo de ácidos, corrosivos, etc	Cubre solamente áreas, no protege contra filos exteriores.
hulado.	Spray, neblinas y derrames.	Voluminoso, caliente durante su uso, entorpece el movimiento.
s	Protege las manos del contacto con químicos, los de material especial protegen contra calor alto	Protegen solamente la superficie del guante. El material debe ser compatible con los químicos que se manejen.
s.	Extienden la protección de los guantes.	Pueden dar una sensación falsa de seguridad.
s especiales	Con punta de acero, protegen los dedos de los pies contra, pueden proporcionar protección contra salpicaduras de soluciones químicas.	No todos los zapatos son iguales, existe un tipo especial para cada caso.
	Protegen los pies contra derrames o salpicaduras de químicos.	Se debe tener cuidado especial para evitar que el líquido se derrame dentro de las botas.
ra contra polvos.	Buena protección en general contra los polvos.	No es efectiva contra gases, neblinas o vapores
	Todos los contaminantes del aire.	El oxígeno se suministra en tanques portátiles.
	Todos los contaminantes del aire	La movilidad está limitada por la manguera que suministra el oxígeno.
	Diseño para cualquier tipo de contaminante.	Requiere de filtros especiales dependiendo del compuesto químico en la atmósfera

Transporte de los residuos

Otro aspecto a considerar, en el manejo de los residuos, es el transporte, el cual tiene como propósito trasladar a los residuos del lugar donde fueron generados hasta el lugar donde se les aplique el tratamiento adecuado.

En México existen normas jurídicas las cuales se encargan de verificar el transporte adecuado de los residuos, dichas normas se encuentran establecidas en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, relacionadas con el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Dentro de dichas normas se encuentra el etiquetado de los residuos para su transporte que es otra de las maneras del manejo adecuado de los residuos.

Etiquetado

El etiquetado de los residuos garantiza el manejo seguro de los residuos, de igual manera nos ayuda a clasificarlos de una manera tal se facilitará la aplicación del tratamiento al que vaya ser sometido.

Los residuos peligrosos que se van a ser transportados deben ser etiquetados de acuerdo a las clases principales, subclases, señalando el número de las Naciones Unidas (UN) y el tipo de embalaje.

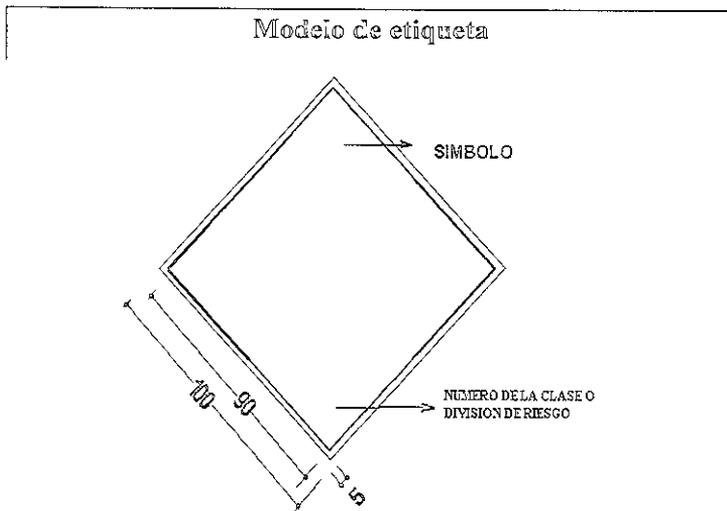
Las características de dichas etiquetas se encuentran señaladas en la NOM-003-SCT/2000, la cual nos describe las características de las etiquetas de los envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.

La etiqueta va a ser cualquier señal o símbolo escrito impreso o gráfico visual fijado mediante un código de interpretación que indica el contenido, manejo, riesgo y peligrosidad de las sustancias, materiales y los residuos peligrosos.

Características

Las etiquetas deben ser cuadradas de dimensiones mínimas de 10 x 10 cm; en el caso de los envases y embalajes pueden llevar etiquetas más pequeñas, con vértices opuestos en posición vertical en forma de diamante o de rombo con una misma línea del mismo color que el símbolo

En la siguiente figura No 1 se muestra un ejemplo de las dimensiones de las etiquetas.



Dependiendo de la carga, del tipo de cargamento y el número de la clase o división de riesgo, las características de las etiquetas son diferentes.

Transporte

Como se menciono anteriormente, el transporte es una de las etapas que se tiene durante el manejo de los residuos, y que la seguridad de este dependerá de la clasificación adecuada y del etiquetado correcto de los residuos que vayan a ser transportados.

Durante el transporte de los residuos, se deben considerar aspectos importantes para el traslado seguro de los mismos.

Dentro de estos aspectos se encuentra la inspección de la carga, que tiene como finalidad la revisión diaria de las unidades encargadas del transporte de los residuos peligrosos. Dicha descripción se encuentra establecida en la NOM 006 SC I/2000, la cual se encarga de los aspectos básicos para la inspección vehicular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales peligrosos y residuos peligrosos. Dicha norma nos indica, también, la "hoja de inspeccion ocular diaria", la cual debe ser proporcionada por los transportistas a los conductores cada vez que se inicie el traslado de los residuos peligroso.

En cuanto a carga y descarga de los contenedores y su fijación en el transporte del ferrocarril, los conductores de los camiones de carga deben ser capacitados, por lo menos a lo que se refiere a la carga y descarga.

Para el transporte de residuos y materiales peligrosos es necesario contar con un documento, el cual contenga la información fundamental que debe contener el Documento de Embarque de los residuos, dicho documento se encuentra diseñado en la NOM-043-SCT-1994 el cual nos indica los documentos de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Aprovechamiento

El aprovechamiento de los residuos, mediante su recuperación o reciclaje, tendrá que estar en el marco legal ambiental vigente; evitando perjudicar, directa e indirectamente, al ambiente.

Todo residuo puede ser aprovechado, independientemente en el estado que éstos se encuentren, por ejemplo, se pueden tener un aprovechamiento de residuos en forma de materia prima y se puede tener un aprovechamiento en forma energética.

Reciclado

El reciclado es una manera directa de aprovechar los residuos en forma de materia prima original, como sucede con el plástico, el cartón y el papel y de igual manera se tiene un aprovechamiento indirecto con algunos residuos como pueden ser los vidrios u otros materiales que pueden utilizarse en la construcción.

El objetivo que se tienen al reciclar los residuos son los siguientes:

- Recuperar materias primas.
- Minimiza los efectos contaminantes de los residuos.
- Aprovechar algunos materiales que contienen los residuos.

Para poder tener un buen reciclado, se debe contar con una clasificación y una selección adecuada para poder llevar a cabo dicha operación.

La clasificación se puede llevar a cabo por diferentes medios de operación las cuales consisten en una separación y una trituración.

El reciclado es una tecnología que se debe tomar en cuenta para obtener una nueva forma de ingresos y de minimizar la contaminación al ambiente. En aspectos económicos el reciclado debe ser analizado para observar la factibilidad en su reciclamiento y de igual manera en su reaprovechamiento.

Aprovechamiento térmico

El aprovechamiento térmico consiste en usar los residuos como sustitutos de combustibles, por lo que se les denomina combustible alternativo. Se debe tomar mucho en cuenta el poder calorífico de los residuos que se vayan a ocupar y la normatividad en el control de emisiones atmosféricas.

Para el aprovechamiento de los residuos deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberá existir un método de recuperación económicamente viable.
- Deberá contarse con una cantidad suficiente de residuos.
- Deberá existir un mercado que se interese por los productos recuperados.

Para el aprovechamiento de los residuos se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El impacto ambiental al tratar de recuperar productos a través de los residuos.
- Se debe tomar en cuenta la protección a los recursos naturales.
- La energía que se emplea o la energía que se gana.

Tratamiento de residuos

Los tratamientos de residuos son métodos y técnicas que nos ayudan a minimizar o eliminar la peligrosidad que tienen algunos residuos peligrosos. Existen tecnologías para tratar de manera adecuada a los residuos.

Las operaciones que se apliquen los residuos para tratarlos no deberán provocar un impacto ambiental al utilizar las diferentes técnicas para su debido tratamiento.

Los residuos generados pueden ser tratados en el mismo lugar donde fueron generados o en su caso podrán ser trasladados a empresas que se dediquen al tratamiento de los residuos.

El tratamiento de residuos puede efectuarse empleando una gran variedad de procedimientos y los cuales pueden ser clasificados en cuatro categorías:

- Tratamiento físico
- Tratamiento químico
- Tratamiento biológico
- Tratamiento térmico

Para seleccionar un método de tratamiento se debe tomar en cuenta las características físicas y químicas del residuo y las operaciones que se deben de realizar para usar el tratamiento adecuado.

Tratamiento físico

El tratamiento físico consiste en la aplicación de una serie de procesos físicos que se encargan de eliminar o disminuir la peligrosidad de algunos residuos. Dentro de estos procesos se realizan las siguientes operaciones:

- Adsorción
- Aeración
- Centrifugación
- Coagulación
- Cribado
- Destilación
- Diálisis
- Electrodiálisis

- Encapsulación
- Espesado de lodos
- Evaporación
- Extracción de disolventes
- Filtración Flotación
- Ósmosis inversa
- Sedimentación
- Ultra filtración

Tratamiento químico

El tratamiento químico consiste en la aplicación de una serie de procesos químicos que se encargan de eliminar o disminuir la peligrosidad de algunos residuos. Dentro de estos procesos se realizan las siguientes operaciones:

- Estabilización o solidificación
- Neutralización
- Oxidación
- Precipitación
- Reducción

Tratamiento biológico

El tratamiento biológico consiste en la aplicación de una serie de procesos biológicos destinados a eliminar o disminuir la peligrosidad de ciertos residuos orgánicos. Para el tratamiento biológico, es importante examinar aquellas sustancias las cuales se derivan de organismos vivos, como pueden ser:

Sangre (componentes y algunos fluidos corporales)

Cepas y cultivos

Patológicos

No anatómicos

Objetos punzo cortantes

Los métodos de tratamiento para los residuos clasificados como biológicos –infecciosos son:

- Esterilización: que consiste en la destrucción de todas las formas de vida microbiana incluyendo endosporas de hongos o de bacterias de superficies inanimadas.
- Desinfección: que consiste en la destrucción de los microorganismos patógenos incluyendo endosporas en las superficies inanimada

Dentro de estos procesos se realizan las siguientes operaciones:

- Copostaje
- Digestión anaeróbica
- Laguna aireada
- Lodos activados
- Tratamiento con enzimas

Tratamiento térmico

El tratamiento térmico consiste en emplear altas temperaturas para destruir residuos que no pueden ser eliminados o minimizados por los métodos antes mencionados y también aprovechar el poder calorífico de algunos residuos para que éstos se les someta a un tratamiento térmico. Las operaciones más empleadas en este tratamiento es oxidación térmica “incineración”.

La incineración es un proceso de combustión en la que el combustible lo va a constituir los residuos, mismos que en su mayoría son residuos urbanos, que puedan ser sometidos a una incineración.

Los residuos que pueden ser sometidos a una incineración son todos aquellos residuos que por su forma y sus características inflamables pueden ser sometidos a dicho proceso, por ejemplo el papel, plástico, gomas etc

Las ventajas que tiene este proceso son las siguientes:

- Se puede aplicar a todos los residuos
- Se reduce el volumen de los residuos
- El calor generado puede ser utilizado para generar energía eléctrica o producción de vapor.

Este proceso también tiene sus desventajas, las cuales son las siguientes:

- Existe un costo elevado en la inversión.
- Pueden haber emisiones tóxicas al aire si no son controlados.
- Las cenizas generadas pueden tener características tóxicas.

Disposición final

La disposición final de los residuos es la última etapa de una serie de procesos que se sigue desde la aparición de éstos.

3.5 Normatividad y legislación

Todo país industrializado debe contar con un marco jurídico que regule el aspecto ambiental, cuidando y preservando los recursos naturales. En México el marco jurídico, encargado en la protección al ambiente se encuentra constituido por diversas dependencias las cuales se encargan de regular el manejo adecuado de los residuos.

La legislación ambiental mexicana esta conformada por de normas y leyes jurídicas que nos hablan de la protección ambiente y uso racional de los recursos naturales. A partir de 1971, cuando por primera vez apareció una ley que prevenía la contaminación ambiental

En la actualidad el manejo y el control de los residuos peligrosos se encuentran reguladas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y las Normas Oficiales Mexicanas para el control de residuos peligrosos.

Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Esta ley fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de enero 1988 y reformada por decreto el día 13 de diciembre de 1996 y publicada en Diario Oficial de la Federación.

En la actualidad la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente consta de 204 artículos 10 transitorios, divididos en seis títulos que contemplan los siguientes aspectos:

Título primero: Disposiciones generales.

Título segundo: Biodiversidad.

Título tercero: Aprovechamiento sustentable de los elementos naturales.

Título cuarto: Protección al ambiente.

Título quinto. Participación social e información ambiental.

Título sexto: Inspección y vigilancia.

Normas Oficiales Mexicanas para el control de residuos peligrosos.

Estas normas se publicaron el 22 de octubre de 1993, sustituyendo a las Normas Técnicas Ecológicas para la regulación de los residuos peligrosos, publicadas entre 1988 y 1989. En la tabla No 5 nos muestra las claves de las normas oficiales para el control de los residuos peligroso

Tabla 5 Normas Oficiales Para el Control de los Residuos Peligrosos

Clave	Regulación	Fecha de publicación
<u>NOM-052- ECOL- 1993</u>	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	22-oct/1993
<u>NOM-053- ECOL- 1993</u>	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	22-oct/1993
<u>NOM-054- ECOL- 1993</u>	Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.	22-oct/1993
<u>NOM-055- ECOL- 1993</u>	Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos.	22-oct/1993
<u>NOM-056- ECOL- 1993</u>	Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.	22-oct/1993
<u>NOM-057- ECOL- 1993</u>	Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos	22-oct/1993
<u>NOM-058- ECOL- 1993</u>	Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.	22-oct/1993
<u>NOM-083- ECOL- 1996</u>	Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales	25-nov/1996
<u>NOM-087- ECOL- 1995</u>	Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica	7-nov/1995

1 Fuente: INE Enero 2000

En la actualidad existen algunos proyectos de Normas que regulan el manejo adecuado de los residuos.

3.6 Infraestructura del manejo de los residuos peligrosos en México

En la actualidad, en México existen Centros o Sistemas para el Manejo Integral y el Aprovechamiento de los Residuos Industriales (CIMARIS ó SIMARIS). Estas instancias cuentan con una gran variedad de tecnologías para el manejo de los residuos industriales.

También existe la Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos (REMEXMAR) que se encarga de coordinar a las empresas generadoras de los residuos, a las autoridades competentes, a las instituciones académicas y organismos involucrados en actividades científicas y los servicios relacionados con su manejo. Esta red esta coordinada por la Dirección General de Materiales, residuos y actividades Riesgosas del Instituto Nacional de Ecología.

La Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos (REMEXMAR) forma parte de la red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos (Remapar), de la cual son miembros los siguientes países:

Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y Paraguay.

En México se tiene contempladas 480 empresas autorizadas para el manejo de los residuos, estas empresas se encuentran distribuidas en diferentes Estados de la República.

Dentro de las actividades que se realizan en el manejo de los residuos se encuentran las siguientes:

- Recolección y transporte
- Almacenamiento
- Reciclaje
- Tratamiento
- Incineración
- Disposición final

En la siguiente tabla nos muestra el número de empresas que realizan diferentes actividades relacionadas con el manejo de los residuos, estas empresas se encuentran distribuidas en los diferentes Estados de la República.

Tabla No 6 Número de empresa en México que se dedican a las diferentes actividades para el manejo de los residuos.

ACTIVIDAD	NÚMERO DE EMPRESAS
Reciclaje y transporte	234
Almacenamiento	66
Reciclaje	104
Tratamiento	46
Incineración	26
Disposición final	4
Total	480

¹Fuente : INE año 2000

En la actualidad la infraestructura para el manejo de los residuos va creciendo, pero aún se necesitan ampliar infraestructuras que satisfagan las necesidades en cada región. Por eso es necesario que cada una de las empresas que generan residuos tengan un inventario de los mismos, y que en estos inventarios se indique el volumen de generación, la peligrosidad de cada uno de los residuos y también tener un control en las corrientes de los residuos.

3.7 Tratamiento de residuos en la Facultad de Química

Todo lo mencionado anteriormente se ve relacionado con el manejo de residuos generados en las actividades de enseñanza experimental de los diferentes departamentos de la Facultad de Química.

Cada departamento de enseñanza experimental de la Facultad de Química cuenta un programa de tratamiento de residuos, llevando a cabo el tratamiento adecuado o almacenándolos para posteriormente ser trasladados a las empresas encargadas de darles el tratamiento adecuado. En cada uno de estos departamentos se lleva un control de los residuos generados en sus diferentes actividades experimentales, llevándose a cabo la selección de los residuos que se van a generar en cada una de las actividades experimentales, contando con envases apropiados para el depósito de los residuos, dichos envases cuentan con la etiqueta apropiada que señala el tipo de residuo que se debe almacenar en ese envase.

De igual manera cada departamento de enseñanza experimental cuenta con las medidas de seguridad en el manejo de los residuos y seguridad personal, tanto para los alumnos y trabajadores que se vean involucrados. Dichas medidas de seguridad enfocadas para los alumnos, se proporcionan siempre al inicio de cada semestre. En algunas ocasiones se piden las características que hacen peligrosos a los reactivos que se van a emplear en las actividades experimentales, con esto se tiene el cuidado durante el manejo de los reactivos y con este conocimiento se sabrá que tipo de residuos se genera y la peligrosidad que estos tengan al ser manejados.

La manera en que los residuos son clasificados dependerá de las actividades experimentales que se hayan realizado. Teniendo una adecuada clasificación de los residuos nos ayuda a tener un tratamiento adecuado de los mismos.

Las medidas de gestión en cada uno de los departamentos van enfocados a la minimización y al manejo adecuado de los residuos. Los tratamientos más comunes que se aplican, que en su gran mayoría consisten en la neutralización, de esta manera pueden ser desechados por el drenaje de una manera cuantitativa, minimizando la peligrosidad que estos tengan al medio ambiente.

En algunos casos algunos residuos son almacenados para posteriormente ser transportados a empresas encargadas en el tratamiento de los residuos. Para llevarse a cabo esta actividad se requieren de ciertos requisitos ya establecido, teniendo en cuenta la legislación competente en el tema del transporte de residuos, considerando el envasado y el etiquetado de los residuos, mencionando también la seguridad personal que se debe de tener cuando se manejan residuos en gran volumen.

Dicha actividad es llevada a cabo por el Departamento de Protección Civil de la Facultad de Química.

Como la Universidad Nacional Autónoma de México pertenece al Gobierno Federal, las actividades que se lleven a cabo dentro de la Facultad de Química referente al manejo de los residuos de índole químico y en ocasiones considerados como residuos peligrosos, se debe de acatar la legislación competente, en el marco del manejo de los residuos peligrosos. De igual manera cada departamento de enseñanza experimental de la facultad cuenta con su propio reglamento interno el cual habla de las medidas de seguridad que se tiene en casos de accidentes, de la responsabilidad y de la seguridad y protección personal durante las actividades experimentales.

La infraestructura con la que cuenta la Facultad de Química para el manejo de los residuos químicos se ha ido mejorando, ya que en la actualidad se cuenta con una Unidad de Gestión Ambiental, departamento dedicado a lo referido con el tratamiento de residuos, dicho departamento se encarga de aplicar técnicas de tratamiento adecuadas para disminuir la peligrosidad de los residuos y de esta manera tener un manejo seguro. Este departamento se encuentra en el edificio "A" de la Facultad

De igual manera la Facultad de Química cuenta con estudios de posgrado en el área de química ambiental, contando con laboratorios apropiados para la investigación de nuevas técnicas de tratamiento de residuos, dicho laboratorios se encuentran ubicados en el edificio "E" de la misma facultad.

En la actualidad en cada departamento de enseñanza experimental de la Facultad de Química se cuenta con prestadores de servicios desarrollando temas relacionados con el medio ambiente y el manejo de los residuos y en algunas ocasiones se proponen temas de tesis relacionados con estos temas.

En la mayoría de las ocasiones solamente son propuestas y en algunos casos no se tiene en cuenta métodos o técnicas para la recuperación de reactivos a partir de los residuos generados en las diferentes actividades experimentales.

3.8 Manejo de los residuos generados en las diferentes actividades de enseñanza experimental de los laboratorios del Departamento de Química Analítica.

Teniendo en cuenta que los residuos generados en las diferentes actividades experimentales de los laboratorios de química analítica de las diferentes carreras, exceptuando la carrera de ingeniería química metalúrgica, son abundantes y que en ocasiones gran parte de esos residuos se descargaban al drenaje de una manera cuantitativa, sin tener en cuenta la contaminación que éstos pudieran tener hacia el ambiente, es por eso que en el laboratorio 3"D" del Departamento de Química Analítica se han propuesto y se han aplicado técnicas para el tratamiento de algunos residuos con la finalidad de recuperarlos en forma de reactivos y volverlos a reutilizarlos en actividades experimentales específicas.

Los residuos seleccionados para su tratamiento fueron colectados de los laboratorios 3"A", 3"B", 3"C" y 3"D" del Departamento de Química Analítica, y que estos fueron generados en las actividades experimentales correspondientes.

En el presente trabajo los residuos seleccionados para aplicarles el tratamiento adecuado para la recuperación de reactivos fueron los siguientes:

- Residuos de plata
- Residuos de yodo
- Residuos de ferroína
- Residuos de soluciones buffer
- Residuos de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio de concentración conocida
- Residuos que contienen solventes

Los residuos seleccionados los hemos clasificado de la siguiente manera:

- Residuos de plata: Sal inorgánica.
- Residuos de yodo: Sal inorgánica.
- Residuos de ferroína (Ortofenantrolina): No Disponible.
- Residuos que se utilizaron para la preparación de soluciones buffer: Ácidos y bases inorgánicas.
- Residuos de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio de concentración conocida: Ácidos y bases inorgánicas.
- Residuos que contienen solventes: Orgánicos

En la parte experimental mencionaremos las claves de las matetas y los números de las prácticas de los residuos que fueron seleccionados para su tratamiento

Las características y el manejo adecuado de los residuos seleccionados para su tratamiento y su reutilización en forma de reactivo se menciona a continuación.

Residuos de plata

Los residuos de plata son generados en titulaciones potenciométricas empleando soluciones de nitrato de plata de concentración conocida, que en la mayoría de las ocasiones es de 0.1 M. El volumen de generación de residuos de plata es variado.

Los efectos a la salud que se tiene al manejar éste tipo de residuos son: Quemadura de las membranas mucosas, irrita la respiración, la piel y los ojos. En caso de emergencia y primeros auxilios se deben realizar las siguientes actividades: si se inhaló se debe llevar a la persona a tomar aire fresco, en caso con el contacto con la piel, se debe lavar con abundante agua durante 10 a 15 minutos. en caso de ingestión no se debe provocar el vómito.

El equipo de protección que se debe utilizar cuando se manipulan éstos tipos de residuos son: Guantes, lentes de protección y bata.

Residuos de yodo

Los residuos de yodo son generados principalmente en las reacciones oxidación-reducción en donde sea involucrado el yodo como reactivo.

Los efectos a la salud que se tiene al manejar este tipo de residuos son: Quemadura del tracto respiratorio, irrita los ojos, piel y las membranas mucosas, causas reacciones alérgicas. En caso de emergencia y primeros auxilios se deben de llevar a cabo las siguientes recomendaciones: si es inhalada la sustancia se debe llevar a la persona a tomar aire fresco, en caso de contacto con la piel u ojos lavar inmediatamente con abundante agua durante 10 a 15 minutos en caso de ingestión no se debe producir el vómito.

El equipo de protección que se debe emplear durante el manejo de éste tipo de residuos es el siguiente: guantes, lentes de protección y bata.

Residuos de ferroina

Los residuos de ferroina son generados principalmente por la ortofenantrolina que es utilizada para determinar hierro en diferentes productos.

La ferroina es un indicador utilizado comúnmente en titulaciones óxido reducción en las titulaciones de nitritos de Cerio IV.

Los efectos a la salud cuando se maneja este tipo de residuos son: irrita las membranas mucosas, al tracto respiratorio, a la piel y ojos. En caso de emergencia y primeros auxilios se recomienda lo siguiente: Si se inhaló se debe llevar a la persona a que tome aire fresco, en caso con el contacto con la piel y ojos, lavar inmediatamente con agua abundante durante 10 a 15 minutos, en caso de ingestión provoque el vómito.

El equipo de protección personal que deben tener cuando se manejen éstos tipos de residuos son: guantes, lentes de protección y bata.

Residuos que se utilizaron para preparar las soluciones buffer

Dentro de éstos residuos encontramos a los siguientes ácido acético/ acetato, ácido fosfórico/fosfatos, ácido bórico/ boratos, que en la mayoría de las ocasiones son residuos de soluciones buffer preparadas para valorarlas.

Como éstos tipos de residuos contienen ácido, los efectos a la salud que se tienen al manejarlos son los siguientes Provoca quemaduras al contacto con la piel, ojos y membranas mucosas. Si son ingeridos puede causar náusea y vómito causando quemaduras en la boca y el estómago llegando a ser fatal.

En caso de emergencia y primeros auxilios de deben tener las siguientes consideraciones: En contacto con la piel se debe lavar con abundante agua y jabón durante 10 a 15 minutos. En el caso que se tenga contacto con los ojos se debe lavar inmediatamente con agua levantando el párpado y dejando que fluya el agua En caso de haber sido ingerido se debe permitir a que ocurra el vómito

La protección que se debe tener al manejar éste tipo de residuos son guantes, bata y lentes de protección

Residuos de ácido clorhídrico

Dentro de las diferentes actividades experimentales, las soluciones preparadas ácido clorhídrico de concentración conocida es utilizado en la gran mayoría de la veces en titulaciones ácido base, generándose así una gran cantidad de éste tipo de residuo.

Los efectos a la salud que se tiene cuando se manejan éste tipo de residuos son los siguientes: Por inhalación los vapores pueden causar un edema pulmonar, colapso del sistema circulatorio. La inhalación de los vapores producen dolores de cabeza y dificultad para respirar. En su estado líquido al contacto con la piel y ojos produce quemaduras y produce ceguera parcial o total, su ingestión puede provocar náuseas y vómito, causando quemaduras en la boca y el estómago. En caso de emergencia y primeros auxilios se recomienda lo siguiente:

Si se inhaló se debe llevar a la persona a que tome aire fresco. En caso de contacto con la piel u ojos se debe lavar inmediatamente con abundante agua durante 10 a 15 minutos. En caso de ingestión no se debe provocar el vómito.

Éstos tipos de residuos son estable y no producen polimerización espontánea. La incompatibilidad con otras sustancias son: Metales comunes, agua, aminas, óxidos, anhídrido acético, acetato de vinilo, sulfato mercurio.

La protección personal con la que se debe contar en el manejo de estos residuos son las siguientes: bata, guantes y lentes de protección.

Residuos de hidróxido de sodio

Los residuos de soluciones de hidróxido de sodio de concentración conocida es generada en la mayoría de las ocasiones en las titulaciones ácido base.

Los efectos a la salud que se tiene al manejar éste tipo de residuo son los siguientes: Produce quemaduras al contacto con la piel, ojos y membranas mucosas. Si se ingiere provoca quemaduras en la boca y en el estómago.

El equipo de protección personal que se debe tener al manejar éste tipo de residuo son los siguientes: Bata, lentes de protección y guantes

Residuos que contienen solventes

Dentro de los solventes más empleados dentro de las actividades experimentales se encuentran el etanol, el cloroformo y la metilisobutilcetona, generándose de esta manera residuos que contengan éstos tipos de solvente.

Residuos que contienen etanol

Los efectos a la salud que se tienen al manejar este tipo de residuo son: Irritación al tracto respiratorio, piel, ojos y depresión en el sistema nervioso central. El etanol se considera como cancerígeno. En caso de emergencia y primeros auxilios se recomienda lo siguiente: Si se inhaló se debe llevar a la persona a que tome aire fresco. En caso de contacto con la piel se debe lavar con abundante agua.

La protección personal que debe tener al manejar éste tipo de residuos es la siguiente: Se deben emplear guante durante su manejo, lentes de protección y bata

Residuos que contiene cloroformo

Los efectos a la salud que se tienen al manejar éste tipo de residuos son los siguientes: La exposición a los vapores puede irritar las membranas mucosas, irrita el tracto respiratorio, produce dolores de cabeza, náuseas, mareos e incluso la pérdida de la conciencia. Al contacto con la piel causa resequecimiento e irritación. En caso de emergencia y primeros auxilios se recomienda lo siguiente: Si es inhalado se debe llevar a la persona a que tome aire fresco. En caso de contacto con la piel se debe lavar con abundante agua.

La protección que se debe tener cuando se manipulan este tipo de residuo es la siguiente: Se deben emplear guantes, lentes de protección, bata y cubre bocas.

Residuos de metil isobutil cetona

Los riesgos a la salud que se tienen cuando se manejan este tipo de residuos es el siguiente: Irrita el tracto respiratorio, ojos y piel, así como también produce depresión del sistema nervioso central. En caso de emergencia y primeros auxilios se recomienda lo siguiente: En caso de inhalación se debe llevar a la persona que tome aire fresco. En caso de contacto con la piel u ojos se debe lavar con abundante agua durante 10 a 15 minutos.

La problemática que siempre se ha tenido cuando se está realizando una actividad experimental en los laboratorios de enseñanza experimental de Química Analítica, es el depósito adecuado de los residuos, que en ocasiones no se respeta y se depositan residuos de características diferentes, lo que dificulta que se les aplique el tratamiento adecuado. También, en ocasiones, los envases donde se depositan los residuos no son etiquetados, esto dificulta que se les clasifique de una manera correcta y por lo tanto aplicarle el tratamiento correcto.

En la actualidad se ha tenido cuidado con el depósito de los residuos generados en las actividades experimentales de los laboratorios antes mencionados, diseñando etiquetas que indican el tipo de sustancia contenida en el envase. Dichas etiquetas indican si la sustancia es una solución preparada o un residuo, la fecha en la que fue elaborada o en la fecha en que fue generado el residuo y el nombre de la persona responsable. Dichas etiquetas fueron diseñadas por el Q Pedro Villanueva

Se propone también un tipo de etiqueta que mejorará más el control de los residuos que son generados en los laboratorio de enseñanza experimental del Departamento de Química Analítica, dichas etiquetas deben contener la siguiente información:

- Laboratorio
- Nombre del residuos
- Nombre y número de la práctica
- Grupo y clave de la materia
- Concentración
- Clave CRETIB
- Fecha

A continuación se muestra el modelo de la etiqueta que se propone:

Facultad de Química Departamento de Química Analítica Laboratorio 3"D"
Nombre del residuos: Hidróxido de sodio
Titulación ácido base, práctica tres
Grupo. 03, clave 1516
Concentración:0.1M
Clave CRETIB: Corrosivo
Fecha:11-1-2001

Estas etiquetas deberán ser elaboradas en cada uno de los laboratorios, en el caso que no se cuenten con las etiquetas los alumnos deberán elaborarlas con el tipo de forma que se mostró anteriormente De manera obligatoria

Estas etiquetas deberán ser elaboradas en cada uno de los laboratorios, en el caso que no se cuenten con las etiquetas los alumnos deberán elaborarlas con el tipo de forma que se mostró anteriormente De manera obligatoria.

Con lo que respecta al tipo de envases destinados al depósito de los residuos, que en su gran mayoría son envases de plástico, éstos deben ser colocados en lugares visibles y lejos de los reactivos analíticos que se están empleando en ese momento En ocasiones el volumen de los residuos generados de cierto tipo, rebasan el volumen del envase en el cual fueron depositados, en estos casos se proporciona otro tipo de envase el cual indica el tipo de residuo que se debe depositar

La recolección de los residuos generados se realiza finalizando cada actividad experimental, colocando a los residuos en lugares adecuados.

El tratamiento aplicado a los residuos generados se realizan finalizando la actividad experimental o cada semana.

El tratamiento aplicado a los residuos seleccionados se mencionarán en la parte experimental

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Técnicas de Tratamiento para Recuperación de Reactivos

Las técnicas empleadas para la recuperación de los reactivos se basaron, en la mayoría, en métodos analíticos, de los que sobresalen: electroquímicos y titulaciones, de igual manera utilizando técnicas de destilación.

Las técnicas empleadas fueron aplicadas a los siguientes residuos:

- Residuos de plata.
- Residuos de yodo.
- Residuos de ferroína.
- Residuos que se utilizaron para preparar soluciones buffer.
- Residuos de ácido clorhídrico y de hidróxido de sodio.
- Residuos que contienen solventes.

Cada uno de estos residuos fueron generados en las diferentes actividades experimentales de los laboratorios de enseñanza experimental del Departamento de Química Analítica y éstos fueron recolectados en su gran mayoría en los laboratorios 3°A", 3°B", 3°C" y 3°D"

En la tabla No 7 se muestran el número de prácticas y la clave de la materia en donde fueron generados los residuos que fueron seleccionados

Tabla No 7 relación de practicas en donde fueron generados los residuos seleccionado

Clave de la materia y número de la práctica							
Tipo de residuo	1256	1356	1456	1556	1656	1516	1616
Plata		5,6		6		6	5,6
Iodo	3,4	3					3
Ortofenantrolina (ferroina)	11			8			
Acetato/ácido acético		1			7		
Boratos/ácido bórico		1			7		
Fosfatos/ácido fosfórico	3,4,11	1,4					4
Ácido clorhídrico	3,6,8,1 0, 12	1,5,7,9	4,7	2,7	8	4,7	1,5,7,9
Hidróxido de sodio	3,4,6,8, 9,12	1,2,3,8	1,2,4,5,6, 7	2,7	8	7,9	1,2,3,8
Etanol	4		4,5		2,3		
Cloroformo	4		4,5		2,3		
Metil isobutil cetona		7				7	7

En el anexo I se proporcionarán los nombres de las prácticas

A continuación se describen las técnicas empleadas para la recuperación de los reactivos, mencionando las bases teóricas que se necesitaron para aplicar la técnica correspondiente, las fuentes de generación y la reutilización de estos.

4.1.1 RESIDUOS DE PLATA

El nitrato de plata es uno de los reactivos más utilizado de las diferentes actividades experimentales del Departamento de Química Analítica, dentro de estas actividades se encuentran: las titulaciones de precipitación potenciométricas. En cada una de estas actividades se generan residuos que contiene plata en forma de sales.

En el laboratorio 3D de Química Analítica, se propuso una técnica de recuperación y purificación de la plata metálica, que tiene como objetivo, construir alambres de plata para la elaboración de electrodos de plata y la preparación del reactivo de nitrato de plata.

RECUPERACIÓN Y PURIFICACIÓN DE LA PLATA METÁLICA

En la técnica empleada se realizan diferentes eventos para la recuperación de la plata como son: la recolección de los residuos, la precipitación total de la plata, la reducción a plata metálica y el procesos de electrólisis el cual es utilizado para la purificación de la plata metálica.

El primer paso para la recuperación de la plata es la recolección de los residuos: ésta se efectuó recolectando todos aquellos residuos que contengan plata sin importar si se encontraba en solución homogénea de nitrato de plata de concentración conocida o heterogénea la cual se encuentra mezclada con solución de nitrato de potasio y nitrato de

sodio de concentración conocida esta recolección fue realizada en los laboratorios antes mencionados.

Una vez recolectados los residuos de plata, estos se precipitan en forma de haluros, agregando ácido clorhídrico de concentración aproximada a 0.1 M o utilizando cualquier sal que precipite a la plata en forma de cloruro de plata.

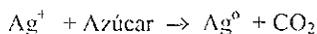
Esta solución, que contiene los cloruros de plata, se decanta, se filtra y el precipitado se seca completamente en la estufa durante a una temperatura de 70 a 80 °C.

Los residuos de cloruros de plata son colocados en un mortero y entonces son molidos perfectamente y pesados para que posteriormente se determiné el rendimiento de la reducción de la plata metálica.

Proceso de Reducción

Los cloruros de plata son reducidos a plata metálica utilizando como agente reductor azúcar morena, dicho proceso se lleva de la siguiente manera.

Al cloruro de plata seco, se le adiciona azúcar morena en proporción 1 : 2 en peso y se mezcla hasta homogenizarlos totalmente. Esta mezcla es colocada en un refractario, para ser calcinada a flama directa con un mechero Bunsen, teniendo todas las precauciones debidas para llevar a cabo dicho proceso y cerciorándose de que toda la mezcla se ha calcinado totalmente. La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



La mezcla calcinada se coloca en crisoles de porcelana y se introduce a la mufla a una temperatura de 900 a 950 °C durante dos horas y media aproximadamente, de esta forma se obtiene la plata metálica, la cual se pesó, con el objetivo de determinar el rendimiento del proceso de recuperación de la plata metálica.

Proceso de Purificación de la Plata Metálica.

La purificación de la plata metálica se llevó a cabo mediante un proceso electroquímico, el cual consiste en la oxidación de la plata metálica y reducción de ión plata, utilizando una solución electrolítica que contenga iones plata. Cabe mencionar que para llevar a cabo dicho proceso, parte del material utilizado fue construido en el laboratorio.

A continuación se describen el material y el equipo utilizado para llevar a cabo la purificación de la plata metálica

La celda fue construida con lámina de acrílico de 2 mm de espesor y sus medidas son las siguientes:

Largo:	13.5 centímetros
Ancho:	9.3 centímetros
Alto:	9.5 centímetros

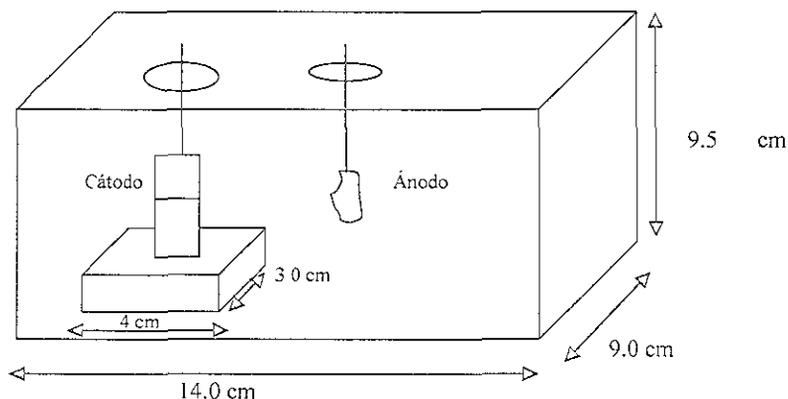
La celda tiene una tapa ajustable del mismo material, en la cual se encuentra dos orificios, estos orificios sirven para que a través de ellos se conecten los electrodos a la fuente de poder. Las medidas de la tapa son las siguientes:

Largo:	13.5 centímetros
Ancho:	9.5 centímetros

Dentro de la celda se encuentra una segunda celda de acrílico la cual tiene como propósito depositar la plata metálica que se desprenda del cátodo. Esta celda, también esta hecha de material acrílico con un dispositivo que nos servirá para sacar dicha celda y de esta manera nos facilite la recolección de la plata metálica. Las medidas de esta segunda celda son las siguientes.

Largo:	7.0 centímetros
Ancho:	6.0 centímetros
Alto:	3.0 centímetros

Los electrodos utilizados para este proceso también fueron construidos en el mismo departamento. El cátodo esta constituido por una lámina de acero en forma de un cilindro de tal forma que facilitará que la plata metálica se adhiera con mayor facilidad a su superficie y el ánodo esta constituido por la plata metálica y un alambre de platino.



La separación entre los electrodos es de 3 centímetros y la solución que se adiciona dentro de la celda como electrolito, es nitrato de plata 0.1 M.

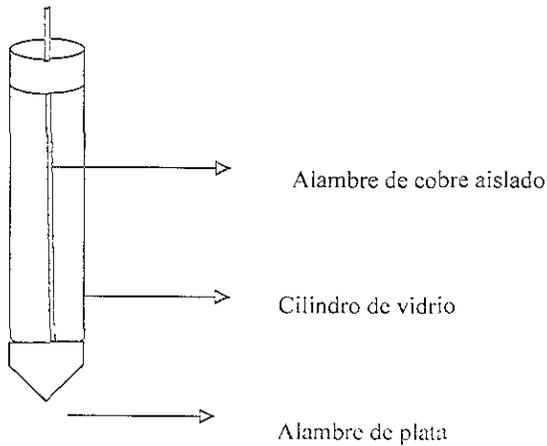
La fuente de poder utilizada fue construida en el mismo departamento por el profesor Alberto Gómez-Pedrozo Gudiño, usando equipo y materiales de desecho. La corriente aplicada para poder llevar a cabo el proceso de purificación de la plata fue de 900 miliampers. El tiempo de oxidación y de reducción varía dependiendo de la masa de plata metálica colocada como ánodo.

La plata metálica obtenida por este proceso, se lava con agua desionizada y con etanol, dejándose secar a temperatura ambiente, se pesa y se registra la masa, para que posteriormente se obtenga el rendimiento correspondiente.

Construcción de los Electroodos de Plata

Como se menciona anteriormente, una de las utilidades que se le dio a la plata pura, fue la de construir electrodos de medición de plata por lo que parte de la plata metálica se destinó para la elaboración de alambres de plata de un milímetro de diámetro, el cual nos servirán para la construcción de dichos electrodos.

Para dicha construcción se requirió de un cilindro de vidrio, en el cual se introduce un alambre de cobre debidamente aislado, al cual se encuentra soldado, el alambre de plata. En la siguiente figura nos muestra cada una de las partes del electrodo de plata construido.



La eficiencia de los electrodos de plata, se comprobó realizando dos experimentos: Verificando la Ley de Nernst y determinación el contenido de cloruros a partir de una muestra estándar de cloruros

Verificación de la Ley de Nernst

La verificación de la ley de Nernst, se llevo a cabo de dos maneras:

I.- Adicionando a una disolución de nitrato de potasio o de sodio, cantidades conocidas de la solución de nitrato de plata obtenida a partir de la plata recuperada y también a partir del nitrato de plata de reactivo de grado analítico. El potencial de la disolución se midió después de cada adición del nitrato de plata.

II.- Preparando disoluciones estándar de nitrato plata de concentración 10^{-1} a 10^{-5} M, utilizando tanto el nitrato de plata recuperado como el reactivo analítico, y midiendo el potencial de cada una de las disoluciones estándar.

Preparación del Reactivo de Nitrato de Plata

Otra más de las utilidades de la plata metálica recuperada, es la preparación del reactivo nitrato de plata a partir de plata metálica recuperada, esto se realizó agregando la cantidad adecuada de ácido nítrico

Posteriormente el nitrato de plata obtenido, se seca por un tiempo apropiado, en un evaporador marca ELECTRONIC..

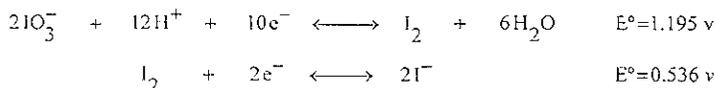
La pureza del nitrato de plata se determinó mediante una titulación potenciométrica de cloruros y comparando los resultados con los resultados obtenidos al realizar el mismo experimento, utilizando reactivo de nitrato de plata de grado analítico.

4.1.2 RECUPERACIÓN DE YODO

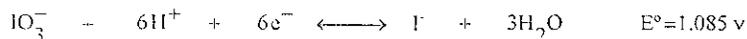
El yodo es otro de los reactivos de uso común en los laboratorios de química analítica, principalmente en reacciones de óxido reducción, produciendo como desecho yoduros en disolución.

En el laboratorio 3D del departamento de Química Analítica se está proponiendo una técnica de recuperación del yodo a partir del yoduro, basándose en las propiedades óxido-reducción y la influencia del pH en los sistemas donde se involucra el yodo

Como se mencionó anteriormente, los sistemas óxido reducción que se tomaron en consideración para la recuperación del yodo fueron los siguientes.



Un tercer equilibrio que se involucra en la técnica de recuperación del yodo es.



Las expresiones de Nernst para los equilibrios anteriores son respectivamente.

$$E^{\circ} = 1.195 + \frac{0.059}{10} \log \frac{[IO_3^-]^2 [H^+]^{12}}{[I_2]^2}$$

$$E^{\circ} = 0.536 + \frac{0.059}{2} \log \frac{[I_2]}{[I^-]^2}$$

$$E^{\circ} = 1.085 + \frac{0.059}{6} \log \frac{[IO_3^-] [H^+]^6}{[I^-]}$$

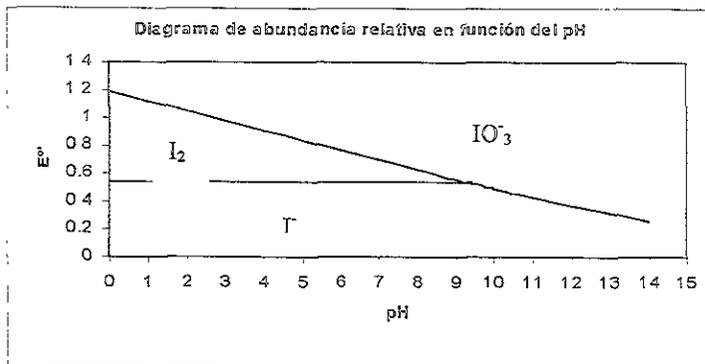
Mediante cálculos apropiados, las ecuaciones anteriores, se transforman, respectivamente, a:

$$E^{\circ'} = 1.195 - 0.0708 \text{ pH}$$

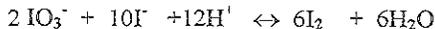
$$E^{\circ'} = 0.536$$

$$E^{\circ'} = 1.083 - 0.059 \text{ pH}$$

Graficando estas ecuaciones se obtiene el diagrama siguiente, en donde se observa que los sistemas yodato-yoduro y yodato-yodo, están condicionados al pH, no así el sistema yodo-yoduro



La grafica, nos está mostrando las zonas en donde están predominando las especies en disolución y los sistemas en equilibrio, y en ella observamos que si a una disolución de yoduro le ajustamos el pH cercano a 0, y le agregamos el ión yodato, el equilibrio que se establece es el siguiente:



Mediante estas bases teóricas se aplico la siguiente técnica para llevar a cabo dicha recuperación

Técnica de Recuperación del Iodo

El primer paso que se llevó a cabo fue la recolección de los residuos, dicha actividad se realizó de los laboratorios A, B y C del Departamento de Química Analítica. Dichos residuos se encuentran en solución acuosa los cuales contienen yoduros y yodatos

Estos residuos se homogeneizan, para posteriormente medirles el pH, observando que estos tiene un valor de 1.9. A dicha disolución se le agrega un exceso de yodato de potasio y de esta manera llevar a cabo la formación del yodo, precipitándose éste en el fondo del recipiente.

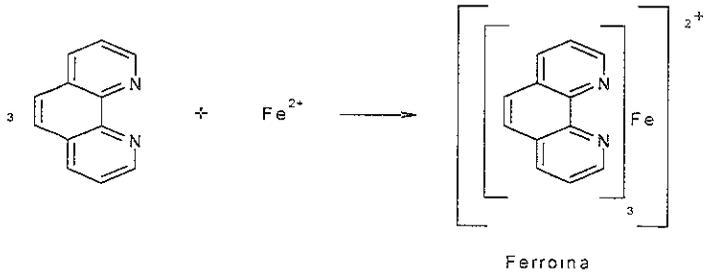
El yodo precipitado se separó, primero decantando la mayor cantidad de la disolución y segundo, filtrando el yodo mediante sistema de vacío, evitando la menor pérdida del yodo.

El yodo así obtenido, se pesa, se calcula la cantidad de yoduro de potasio necesarios para que en solución se forme el complejo de KI_3 . La disolución de yodo-yodurado, se titula contra disolución de tiosulfato de sodio e indicador de almidón. Una vez conocido su título, la disolución de yodo-yodurado ésta solución es guardada para posteriormente ser empleada.

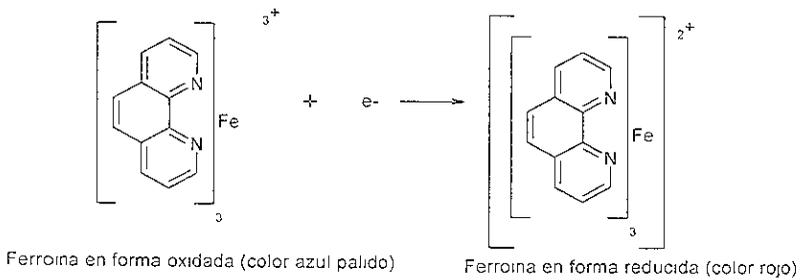
4.1.3 RECUPERACIÓN DE FERROINA

La 1,10 fenantrolína, es otro de los reactivo utilizado en las diferentes actividades experimentales del Departamento de Química Analítica. dicho reactivo se emplea para la determinación de hierro en diversos productos.

Este reactivo orgánico forma un complejo con el hierro (II) produciendo la ferroína.



La ferroína es un indicador de uso común en titulaciones óxido reducción, este compuesto cambia de color cuando pasa de su forma oxidada a su forma reducida, según.



Con un potencial $E^\circ = 1.06 \text{ V}$

El aplicar la técnica de recuperación de ferroína tiene como objetivo, ocupar ésta como un indicador redox en las titulaciones de nitritos con Cerio (IV).

Técnica de Recuperación

Se recolectan todos los residuos que se hayan generado en las actividades experimentales en donde se haya empleado la ortofenantrolina y sulfato de fierro los cuales mezclados forman el complejo de ferroina, las disoluciones se concentran por evaporación, hasta obtener un volumen aproximado de 100 mL.

A la solución concentrada se le adiciona 10 mL de yoduro de potasio de concentración de 2.5 M, agitando esta disolución durante 5 minutos y se trasvasa la disolución a un embudo de separación, se agrega cloroformo y se agita vigorosamente, dejándola reposar y que se separen la fase cloroformica de la fase acuosa.

En la fase acuosa se encuentra precipitada la ferroina, la cual es separada mediante una filtración al vacío.

Obtenida la ferroina, ésta se empleó como indicador redox, en la titulación de nitritos con solución de Cerio (IV). dicho procedimiento se llevo a cabo de la siguiente manera:

En una muestra de solución de nitritos, tratada con suficiente agua y ácido sulfúrico de concentración de 0.5 M, verificando que la acidez se encuentre entre 0.035 y 0.05 M en un volumen de 300 ml incluyendo la acidez asociada al reactivo titulante, a la muestra se le agregan dos gotas del indicador (ferroína) y se titula con una solución de sulfato cérico 0.05 M en ácido sulfúrico 0.5 M, observando el cambio de color de rojo a azul claro.

4.1.4 Preparación de Disoluciones Reguladoras.

Las soluciones reguladoras (soluciones amortiguadoras, tampón o buffer) son disoluciones que se utilizan para controlar el pH en un proceso determinado, y generalmente consisten de una mezcla de un ácido o una base y su base o ácido conjugado.

La capacidad reguladora de soluciones buffer dependerá de la concentración y de la naturaleza de las sustancias que constituyan el sistema, así como también de la cantidad del ácido o de base que se les adicione.

La ecuación que trata de soluciones amortiguadoras es la ecuación de Henderson – Hasselbach, la cual nos indica la razón de las concentraciones del ácido y de su base conjugada, así como también el pKa de este sistema.

$$pH = pK_a + \frac{[Base]}{[Ácido]}$$

La capacidad amortiguadora, β se define como el número de moles por litro de un ácido o de una base fuerte necesarias para modificar el pH en una unidad.

En las diferentes actividades de enseñanza experimental del Departamento de Química Analítica este tipo de soluciones son utilizadas como reguladores del pH, son preparadas para valorar y determinar la capacidad amortiguadora de éstas soluciones y para la calibración de equipos de medición de pH.

Sabiendo que: i) estas disoluciones se utilizan constantemente en las diferentes actividades experimentales de dicho departamento ii) que su costo es elevado, iii) que a fin de semestre se reúnen disoluciones de ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, ácido fosfórico, ácido acético, ácido bórico, acetato de sodio o de amonio y otro tipo de sales de amonio e inclusive disoluciones de amoniaco y en concentraciones que por lo general es de 0.1 M o muy cercano a este, es por eso que propuso preparar las disoluciones reguladoras a partir de estos desechos, comprobando el poder de amortiguamiento de cada una de estas disoluciones.

Dentro de las soluciones amortiguadoras que se ocupan en las actividades experimentales de dicho departamento se encuentran de: acetatos/ácido acético, ácido fosfórico/ fosfatos, ácido bórico/ boratos y amonio/amoniaco.

El volumen aproximado de cada uno de estos residuos es variado, por ejemplo de ácido clorhídrico y de hidróxido de sodio es 35 litros/semestre cada uno, de ácido fosfórico 3 a 4 litros/semestre. de ácido acético y de acetato de sodio un promedio de 5 litros/semestre.

El primer paso que se llevo a cabo fue la recolección de cada una de estos residuos, los cuales se encontraban en los diferentes laboratorios antes mencionados. Dichos residuos fueron generados en las actividades experimentales donde se emplearon las soluciones las soluciones buffer las cuales fueron valoradas para determinar su capacidad amortiguadora. Lo que implica que no contenían algún otro residuo ya que éste tipo de actividades solamente se emplearon soluciones de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio previamente valorados.

La técnica utilizada se basa, principalmente, en la adición de ácido clorhídrico o de hidróxido de sodio hasta llevar a las soluciones amortiguadoras al pH deseado.

Los residuos de la solución amortiguadora son colocados en un vaso de precipitado de dos litros, se debe de verificar que estas no contengan algún precipitado, si es así, esta debe ser filtrada

Esta solución es colocada sobre una parrilla de agitación, con la ayuda de un pHmetro se verifica el pH, posteriormente se adiciona ácido clorhídrico o hidróxido de sodio, según sea el caso, para llevar así al pH deseado de la solución amortiguadora.

Para determinar el poder de amortiguamiento de cada una de estas disoluciones amortiguadoras, se realizaron valoraciones pHmétricas a cada una de ellas, tomando una alícuota de 5 ml colocándola en una celda de valoración adicionándole 30 ml de agua destilada. Se valora la disolución amortiguadora con ácido clorhídrico previamente normalizada. Terminada esta valoración se valora la misma muestra con hidróxido de sodio previamente normalizado.

Mediante los cálculos adecuados y empleando la ecuación de Van Slyke determinamos el poder de amortiguamiento de cada una de las disoluciones amortiguadoras preparadas.

Ecuación de Van Slyke:

$$\beta = 0.575 \times C$$

4.1.5 Recuperación de soluciones mediante valoraciones

La titulación es una de las técnicas más empleadas dentro de las actividades de enseñanza experimental de los laboratorios del Departamento de Química Analítica.

La titulación es también llamada como titulometría, volumetría y titrimetría. La titulación es un procedimiento por el cual se determina cuantitativamente la cantidad de sustrato o analito que se encuentre en disolución, adicionando cantidades conocidas de un titulante de concentración conocida, utilizando un indicador adecuado para llevar a cabo la valoración.

Con esta técnica se generan una gran cantidad considerable de residuos, dentro de los cuales se encuentran Ácido Clorhídrico e Hidróxido de Sodio con una concentración aproximada de 0.1 M, con un volumen aproximado, por semestre, de 30 litros.

Dichos residuos pueden ser reutilizados, normalizándolos y de esta manera conocer su concentración perfectamente.

El proceso se realiza de la siguiente manera

Se recolectan todos aquellos residuos que contengan de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio 0.1 M. Si alguno de estos residuos contienen algún precipitado, éstos deben ser filtrados.

Una vez recolectados estos residuos son colocados en una cubeta de 20 litros para posteriormente ser homogeneizadas cada una de estas soluciones. Se toma una muestra de estas soluciones y se valoran, pesando tres muestras de pesos diferente, del patrón primario adecuado para cada una de las soluciones.

4.1.6 Recuperación de solventes

La técnica empleada para la recuperación de dichos solventes se llevo a cabo mediante una destilación simple, la cual es efectuada en el mismo departamento, montando el equipo adecuado para llevar a cabo dicha destilación

El tratamiento aplicado a los residuos que contenían los solvente se muestra a continuación

Residuos que contenían etanol: en ocasiones el etanol se encontraba mezclado con otro solvente como puede ser la acetona, en este caso no se aplico un tratamiento previo para llevar a cabo la destilación. En algunos otros casos se encuentra mezclada con algún ácido inorgánico, que en la mayoría de las ocasiones es ácido clorhídrico de concentración 0.01 M, en este caso se agrega agua para poder diluir el ácido y de esta manera llevar a cabo la destilación

Residuos que contenían cloroformo: el cloroformo se encontraba mezclado con algún solvente como el etanol, en este caso se aplicó sin tener que realizar un tratamiento previo a la destilación. En otros casos se encontraba con algún ácido como el ácido acetilsalicílico, también este caso no se requirió un tratamiento previo a la destilación.

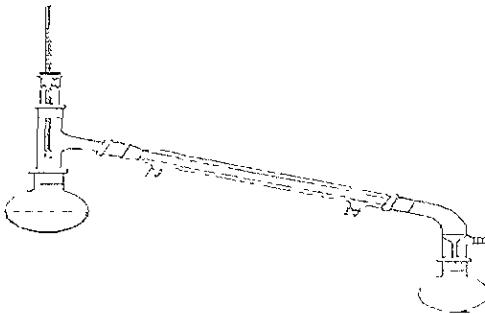
Residuos que contenían metil isobutil cetona: la metil isobutil cetona se encontraba en solución mezclada con complejos de cobalto y fierro. El tratamiento aplicado para poder separar la metil isobutil cetona de los complejos antes mencionados fue agregar agua, formándose de esta manera dos fases. La fase orgánica es separada para posteriormente ser destilada.

Para llevar a cabo la destilación solamente se requirió de los puntos de ebullición de cada uno de los solventes y el equipo empleado para llevar a cabo dicha destilación se muestra a continuación:

Los puntos de ebullición de cada uno de éstos disolventes son:

- Etanol: 78 ° C
- Cloroformo: 62 ° C
- Metil isobutil cetona: 117° C

Montaje del equipo de destilación



5 Resultados

5.1 PLATA METÁLICA RECUPERADA.

De la cantidad total de plata metálica recuperada electroquímicamente, en forma de pequeños cristales metálicos, parte se tomó para fundirla y obtener alambre de plata de un milímetro de diámetro el cual fue mandado a hacer y la otra parte, para ser tratada con ácido nítrico y preparar el reactivo de nitrato de plata.

Con el alambre obtenido a partir de la plata metálica, se construyeron electrodos de plata. Los resultados de su funcionamiento, comprobando la Ley de Nernst, son los siguientes:

Experimento I A

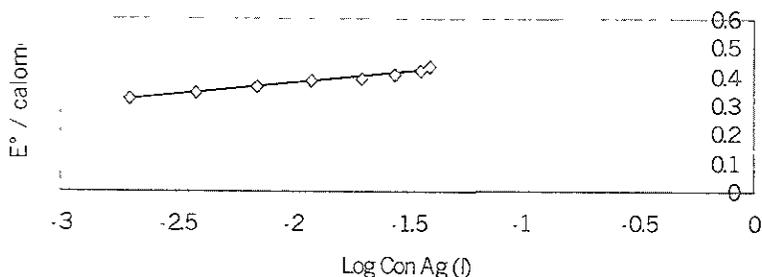
Para la realización de este experimento se preparó una disolución de nitrato de plata 0.1 M, con el del nitrato de plata obtenido a partir de la plata metálica recuperada.

Con la solución de nitrato de plata se preparó la siguiente serie de disoluciones de concentraciones especificadas en ellas y se les determino el potencial que presentaron, referidas al electrodo de calomel saturado.

La gráfica del potencial en función del logaritmo de la concentración de la plata es que se presenta a continuación y con ella ó mediante la ecuación de la recta se calculo el potencial para el sistema $Ag^+ + e \rightarrow Ag^0$ referido al electrodo de calomel saturado.

Volumen agregado de $AgNO_3$ en ml	Concentración molar de Ag en disolución	Log [Ag]	Potencial Experimental Volts
0.5	0.00196	-2.7	0.295
1	0.0038	-2.41	0.326
2	0.0074	-2.13	0.348
4	0.0138	-1.86	0.364
7	0.0218	-1.66	0.379
12	0.032	-1.48	0.391
22	0.046	-1.32	0.403
42	0.062	-1.2	0.412

Verificación de la Ley de Nernst para el sistema $\text{Ag}^\circ / \text{Ag}(\text{l})$



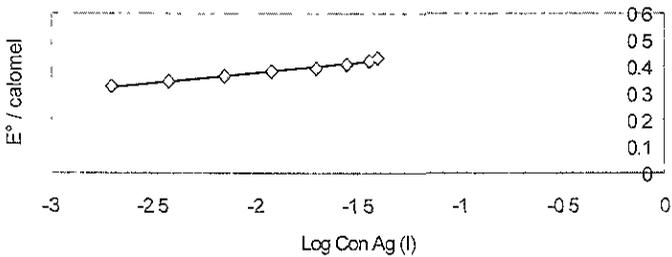
Experimento I B

Este experimento se llevó a cabo de la misma manera que el experimento IA, empleando la misma técnica sólo que la disolución de nitrato de plata se preparó a partir de un reactivo analítico, se obtuvieron los siguientes resultados:

Volumen agregado de AgNO_3 en ml	Concentración Ag	Log [Ag]	Potencial experimental Volts
0.5	0.002	-2.7	0.324
1	0.0038	-2.42	0.344
2	0.007	-2.15	0.364
4	0.012	-1.92	0.381
8	0.02	-1.7	0.393
16	0.028	-1.55	0.407
32	0.036	-1.44	0.421
57	0.039	-1.4	0.432

La gráfica del potencial en función del logaritmo de la concentración de la plata es que se presenta a continuación y con ella ó mediante la ecuación de la recta se calculo el potencial para el sistema $\text{Ag}^+ + e \rightarrow \text{Ag}^\circ$ referido al electrodo de calomel saturado.

Verificación de la Ley de Nernst para el sistema $\text{Ag}^+ / \text{Ag} (l)$



Con la realización de estos dos experimentos, utilizando las disoluciones preparadas tanto con el nitrato de plata recuperado como el nitrato de plata reactivo analítico, para la realización de la verificación de la Ley de Nernst se obtuvieron los siguientes resultados:

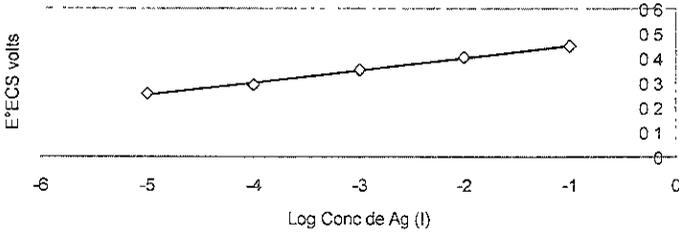
Experimento	E° experimental ECS en volts	Pendiente	Número de electrones intercambiados Experimentales	Número de electrones intercambiados Teóricos
I. A	0.5029	0.0748	0.788	1
I. B	0.5323	0.0780	0.750	1

El valor teórico de electrodo de plata referido al electrodo de calomel es de 0.799 volts.

En el experimento que denominamos II, la verificación de la Ley de Nernst se realizó utilizando los electrodos de plata construidos con el alambre de plata obtenido a partir de los desechos de plata, se obtuvieron los siguientes resultados:

Estándar	$[\text{Ag}^+] M$	$\text{Log} [\text{Ag}^+]$	E° experimental ECS volts
1	10^{-1}	-1	0.447
2	10^{-2}	-2	0.401
3	10^{-3}	-3	0.351
4	10^{-4}	-4	0.289
5	10^{-5}	-5	0.251

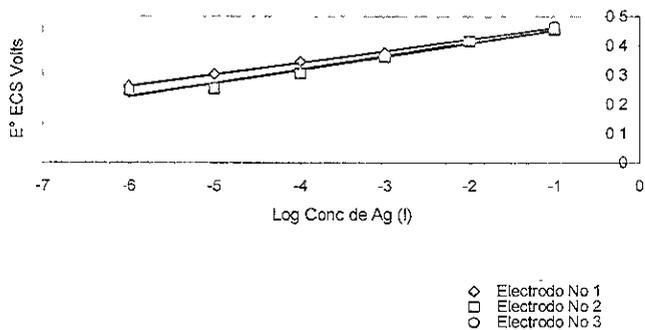
Verificación de la Ley de Nersnt para el sistema $Ag^+ / Ag (l)$



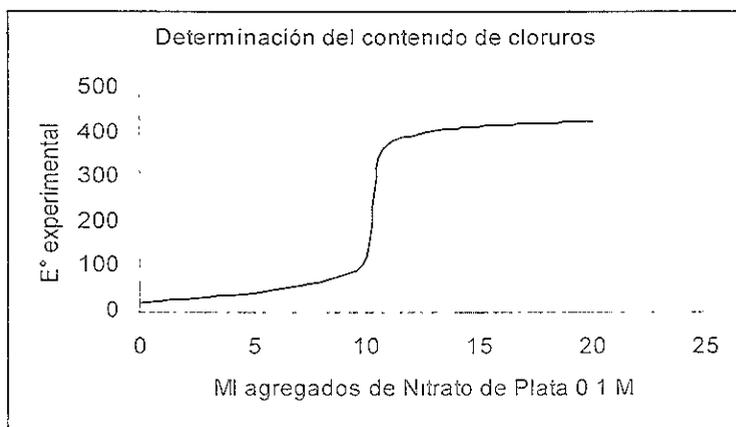
De igual manera, para verificar la Ley de Nersnt en los electrodos de plata, llevándose a cabo la misma técnica, se utilizaron diferentes electrodos de calomel, que para diseño de experimentos los hemos definidos como electrodos 1,2 y 3, obteniendo los siguientes resultados:

No	$\log [Ag^+]$	E° experimental Electrodo No. 1	E° experimental Electrodo No. 2	E° experimental Electrodo No. 3
1	-1	0.467	0.456	0.467
2	-2	0.418	0.417	0.418
3	-3	0.377	0.361	0.364
4	-4	0.346	0.306	0.306
5	-5	0.303	0.254	0.258
6	-6	0.264	0.249	0.247

Verificación de la Ley de Nernst para el sistema $\text{Ag}^+ / \text{Ag} (l)$ contra electrodo de calomel saturado



Otro experimento que realizamos para observar el comportamiento de los electrodos de plata preparados en el laboratorio a partir de los desechos de plata y el reactivo de nitrato de plata, también preparado con desechos de plata, fue la determinación potenciométrica de cloruros, utilizando reactivo de cloruro de sodio previamente seco en una estufa a 90°C durante dos horas y reactivo de nitrato de plata 0.1 M.



Aprovechando este experimento se determino la pureza del nitrato de plata preparado la cual fue del 99.5 %

Se han construido 12 electrodos de plata, de los cuales 6 se han estado utilizando en el laboratorio 3C y en el laboratorio 3D del Departamento de Química Analítica, obteniendo resultados positivos en su funcionamiento.

Con lo que respecta al nitrato de plata recuperado a partir de la plata metálica, se han preparado 162 gramos de nitrato de plata.

El rendimiento obtenido durante la reducción de los iones plata a la plata metálica, fue en promedio del 85 %, en cada proceso realizado.

Cabe mencionar que el tratamiento para la recuperación de la plata metálica fue realizado en varias ocasiones obteniendo cantidades diferentes en cada proceso.

5.2 Recuperación de Yodo

Con la técnica empleada se logro recuperar 81 gramos de Yodo, no fue necesario llevar las disoluciones que contenían el yodo a pH ácido, ya que estas se encontraban aproximadamente pH de 1.6. Cabe mencionar que por la falta de equipo el yodo obtenido no fue sublimado.

Los resultados de la valoración yodometrica fueron los siguientes:

Para la normalización de la disolución de yodo, se prepararon las siguientes disoluciones.

Mediante los cálculos adecuados, se determino la cantidad de yoduro de potasio que se tenía que agregar en exceso, la cual fue de 53 gramos, procediéndose a preparar tres litros de una solución de KI_3

La normalización de la disolución de yodo-yodurado se realizó por triplicado pesando cantidades apropiadas de reactivo de tiosulfato de sodio y utilizando una solución de almidón, como indicador de fin de titulación. Mediante esta titulación se determinó la concentración de KI_3 , siendo ésta de 0.048 M.

Dichas disoluciones han regresado al laboratorio en donde esta sea requerida para el trabajo de enseñanza experimental.

5.3 Recuperación de Ferroina

El trabajo experimental en el departamento arroja en promedio, por el uso de ortofenantrolina, 1.8 gramos de ferroina.

El comportamiento de este reactivo como indicador redox se comprobó mediante la titulación de nitritos con Cerio (IV), los resultados obtenidos son los siguientes:

mg de NO_2^- iniciales	mg de NO_2^- encontrados	% de recobro
8.02	8.01	99.86
16.04	16.07	100.17
32.08	32.09	100.03
48.12	48.09	99.94
64.16	64.04	99.81
Promedio		99.96

5.4 Preparación de disoluciones amortiguadoras

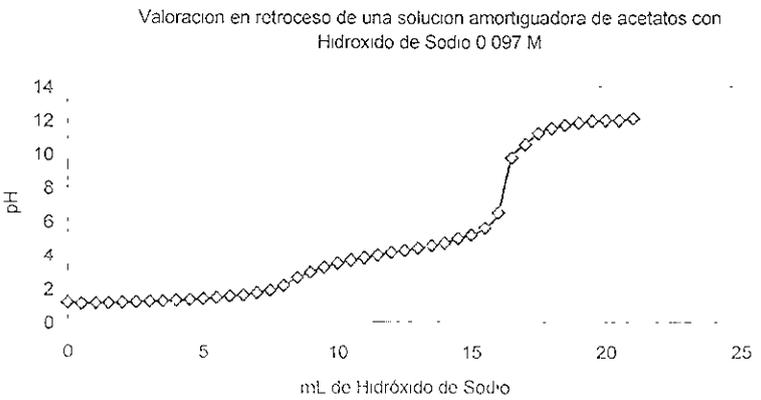
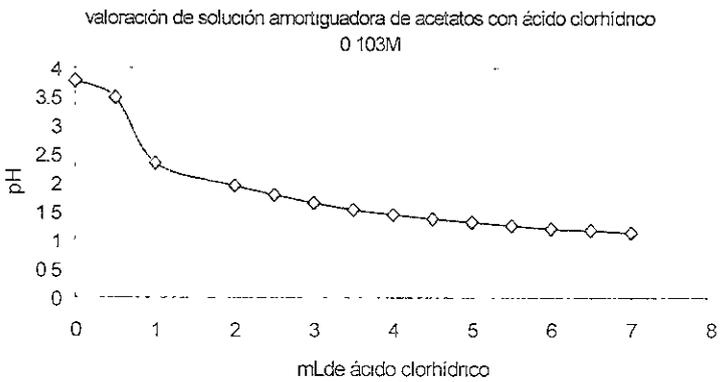
En promedio se prepararon tres litros de cada de las disoluciones reguladoras de acetatos, de boratos, de amonio y de fosfatos.

Sistema Regulador	pH
Acetatos	4.0
Boratos	9.0
Amonio	10.0
Fosfatos	7.0

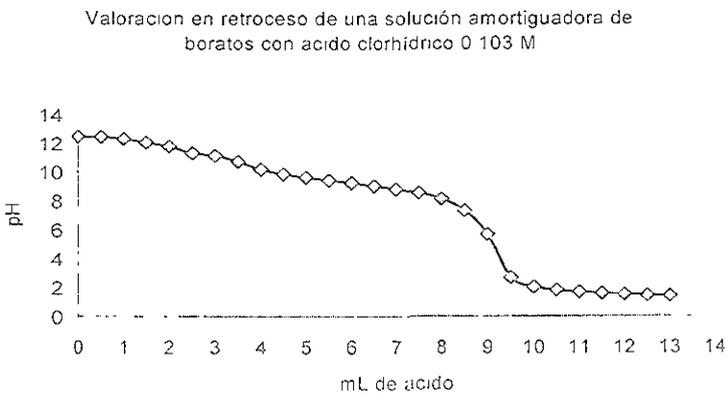
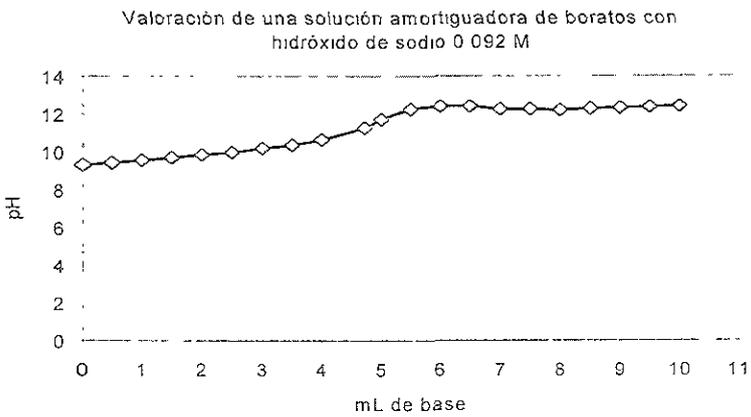
La capacidad amortiguadora de cada una de estas disoluciones, se determinó mediante una titulación pHmétrica, utilizando electrodos combinados de vidrio y calomel.

Los resultados de estas valoraciones se muestran en las siguientes gráficas:

Gráficas de valoraciones pHmétricas de soluciones amortiguadoras de acetatos, para determinar la capacidad amortiguadora.

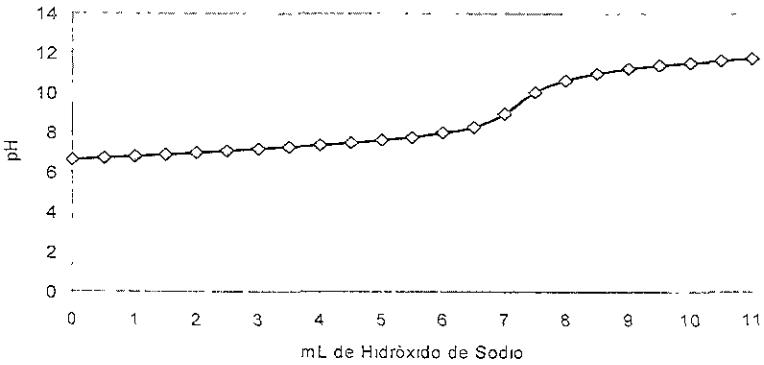


Gráficas de valoraciones pHmetricas de soluciones amortiguadoras de Boratos, para determinar la capacidad amortiguadora.

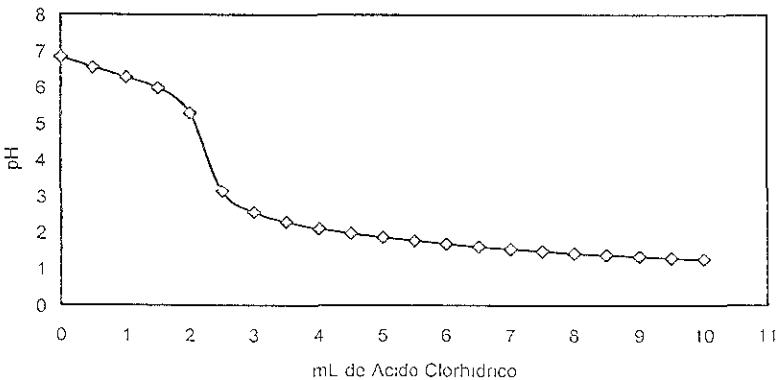


Gráficas de valoraciones pHmetricas de soluciones amortiguadoras de fosfatos para determinar la capacidad amortiguadora.

Valoración de una solución amortiguadora de fosfatos con Hidroxido de Sodio 0.0971 M

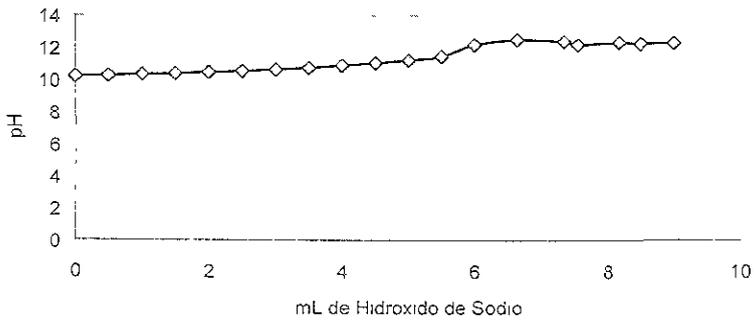


Valoración en retroceso de una solución amortiguadora de fosfatos con ácido clorhídrico 0.103 M

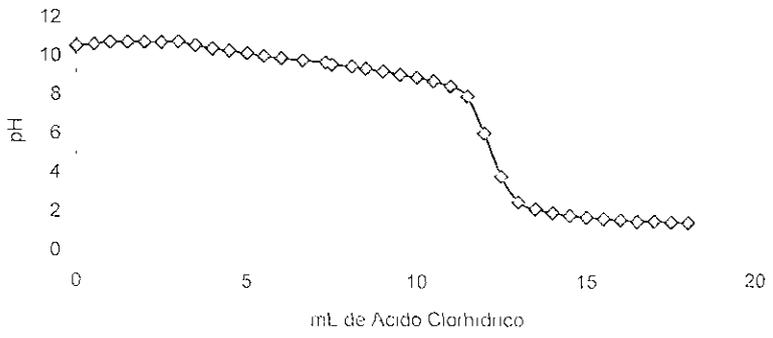


Gráficas de valoraciones pH-métricas de soluciones amortiguadoras de amonio/amoniaco, para determinar la capacidad amortiguadora.

Valoración de una solución amortiguadora de amonio/amoniaco, con Hidróxido de Sodio 0.0971 M



Valoración en retroceso de una solución amortiguadora de amonio/amoniaco, con Ácido Clorhídrico 0.103 M



Mediante los cálculos adecuados y empleando la ecuación de Donald Van Slyke, se obtuvo la capacidad amortiguadora de cada una de las soluciones reguladoras, obteniéndose los siguientes resultados:

DISOLUCIÓN AMORTIGUADORA	CAPACIDAD REGULADORA β
Acetatos	0.1920
Amonio / Amoniaco	0.2081
Boratos	0.1471
Fosfatos	0.1058

Cabe mencionar que las soluciones de ácido clorhídrico y hidróxido de sodio que se utilizaron para llevar a cabo las valoraciones pH-métricas, fueron tomadas de los desechos, de estos reactivos las cuales se les dio el tratamiento adecuado mencionada en las técnicas de recuperación de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio mediante una valoración para saber su concentración y de esta forma poder utilizarlas durante estas actividades experimentales en estas valoraciones.

5.5 Resultados de las soluciones valoradas

De las cantidades de residuos generados de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio de concentración 0.1N se lograron recuperar 20 litros de cada una de estas soluciones.

Aplicando el tratamiento propuesto, y mediante valoraciones utilizando biftalato de potasio y carbonato de sodio, como reactivos patrón primario, se determinó la concentración de cada una de estas soluciones, se obtuvieron los siguientes resultados.

Resultados de las valoraciones de soluciones de desecho de ácido clorhídrico

muestra	Masa del carbonato de sodio g	Volumen del ácido clorhídrico mL	Concentración del ácido clorhídrico M
1	0.1653	19.2	1.024
2	0.1819	20.8	1.041
3	0.1652	19.2	1.024
Promedio			0.1030±0.0009

Para la normalización de las soluciones de hidróxido de sodio se obtuvieron los siguientes resultados:

Muestra	Masa del biftalato de potasio g	volumen del hidróxido de sodio mL	Concentración del NaOH M
1	0.3747	19.4	0.087
2	0.4570	23	0.097
3	0.4205	21.2	0.0972
Promedio			0.0971 ±0.00014

Dicha soluciones han sido empleadas en los laboratorio 3C y 3D del Departamento de Química Analítica, obteniéndose resultados favorables en el empleo de cada una de ellas

De igual manera el empleo de estas soluciones trae consigo la generación de desechos los cuales pueden ser tratados de la misma manera y volverlos a ocupar, verificando, por medio de una titulación, que estas tengan un buen funcionamiento.

.6 Recuperación de solventes .

Los solventes recuperados mediante una destilación simple fueron etanol, cloroformo y metilisobutilcetona. Los volúmenes obtenidos fueron aproximadamente:

Disolvente	Cantidad recuperada en litros
Etanol	14.0
Cloroformo	6.0
Metilisobutilcetona	2.0

6 Análisis económico

La utilización de los reactivos recuperados implica un ahorro económico empleándolos en actividades específicas de enseñanza experimental de los laboratorios de química analítica. Dichas actividades las mencionaremos posteriormente en este capítulo

Teniendo en cuenta que los reactivos recuperados no cuentan con la pureza que los reactivos de grado analítico y que por lo tanto los precios tampoco son comparables. El ahorro económico se ve reflejado sustituyendo los reactivos recuperados por los de grado analítico en ciertas actividades experimentales. De esta manera el dinero destinado en la compra de reactivos de grado analítico se podría ocupar en la compra de equipo nuevo y de material que serían empleados en las actividades de enseñanza experimental de los laboratorios de química analítica

A continuación hacemos un análisis económico de los reactivos recuperados

6.1 Plata metálica.

Como se menciona anteriormente, la obtención de la plata metálica tuvo dos fines: Preparación de nitrato de plata y la construcción de electrodos de plata

El nitrato de plata tiene un precio de \$ 663.55 M N , en una presentación de 25 gramos de la marca Aldrich, lo cual cada gramo de este reactivo cuesta \$ 26.542 M N

La cantidad aproximada de ácido nítrico empleado para preparar el nitrato de plata fue de 370 mL, el litro de ácido nítrico tiene un valor de \$192.855, lo cual implica un gasto de \$71.35.

Con la cantidad de plata metálica obtenida para la preparación del nitrato de plata y el gasto que se tuvo que realizar con el empleo de ácido nítrico, la utilización de éste reactivo nos genera un ahorro de \$4254.98 M. N

Con lo que respecta a los electrodos de plata, el precio de un electrodo de plata marca Sigma vale \$2363.25 M.N.

La utilización de 6 de 12 electrodos de plata construidos, nos genera un ahorro de \$14179.5 M.N. Dicho electrodos han tenido una buena aprobación de las personas que los han utilizados

6.2 Yodo

Para la recuperación de yodo se tuvo que emplear una cantidad aproximada de 23 gramos de yodato de potasio, sabiendo que el precio de 100 gramos de yodato de potasio es de \$ 282.48 M.N, lo cual implica que se tuvieron que gastar \$ 64.97 M N para obtener el yodo de los desechos

El yodo tiene un precio de \$ 673.9 M.N en una presentación de 100 gramos, de la marca Aldrich, por lo tanto cada gramo de este reactivo nos vale \$ 6.70 M.N

Con la cantidad recuperada yodo y restando la cantidad de yodato de potasio, empleado para la recuperación, nos genera un ahorro de \$ 477.73 M.N

El yodo recuperado es empleado para la preparación de soluciones de yodo-yodurado 0.1M agregando una cantidad de yoduro de potasio en exceso

El empleo del yoduro de potasio durante la titulación de yodometrica nos trajo un gasto. el precio de 100 gramos de yoduro de potasio, marca Aldrich es de \$ 558.9 M.N, la cantidad empleada de yoduro de potasio fue de 53 gramos lo cual nos implica un gasto de \$ 296.217 M.N para la preparación de 3 litros de solución de yodo yodurado, empleando los 81 gramos de yodo recuperado.

Por lo tanto el ahorro total que implica la recuperación de yodo y la preparación de la solución de yodo yodurado es de \$ 181.513 M.N.

6.3 Ferroina

Sabiendo que durante el trabajo semestral, el uso de la ortofenatrolina, genera un promedio de 1.8 gramos. El precio de 10 gramos de ortofenatrolina es de 517.36 M.N, por lo tanto la recuperación de la ferroina nos genera un ahorro de \$93.12 M.N .

A partir de la ferroina recuperada se puede preparar una solución de ferroina 0.025M , en solución acuosa, empleada como indicador redox. el precio de 25 ml de esta solución es de \$ 136.16 M.N.

El empleo de yoduro de potasio en esta técnica nos arrojó un gasto de \$ 22.35 M.N. El solvente empleado se tomó del cloroformo destilado lo cual no implicó realizar gasto alguno. Por lo tanto con los 1.8 gramos de ferroina podemos preparar 100 ml de una solución 0.025M de ferroina, restando el gasto del yoduro de potasio empleado, genera un ahorro de \$ 522 284 M.N.

6.4 Soluciones amortiguadoras

Como el volumen obtenido de cada una de las soluciones amortiguadoras, preparadas, es de 3 litros, el precio de 500ml cada una de estas es de \$ 117.43 M.N. por lo tanto la preparación de cada una de estas soluciones nos generan un ahorro de \$704.58 M.N. lo cual implica, por las cuatro soluciones amortiguadoras, un ahorro de \$ 2818.32 M.N.

Cabe mencionar que para determinar la capacidad reguladora de cada una de las soluciones amortiguadoras, no se requirió preparar las soluciones, ya que se emplearon soluciones de desechos previamente normalizadas, lo que implica que no se tuvo que realizar un gasto para la preparación de las soluciones amortiguadoras.

6.5 Soluciones valoradas ácido clorhídrico y de hidróxido de sodio

Con lo que respecta a las soluciones valoradas de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, la cantidad recuperada de cada una de estas soluciones no trae consigo un ahorro considerable. El precio de 1 litro de ácido clorhídrico 0.1 N es de \$ 120.5 M.N y el precio de 1 litro de hidróxido de sodio 0.1N es de \$ 119.04 M.N.

El gasto que se realizó al emplear los patrones primarios en las titulaciones correspondientes no fueron considerados para realizar este análisis, ya que éstos fueron mínimos

La recuperación y la utilización de la solución de ácido clorhídrico, recuperada de los desechos, previamente normalizada, nos genera un ahorro de \$ 2410.0 M.N.

La recuperación y la utilización de hidróxido de sodio previamente normalizado, nos genera un ahorro de \$ 2380.8 M.N. De igual manera el ahorro se refleja en la cantidad requerida de hidróxido de sodio, en forma de lentejas, para la preparación de una solución de hidróxido de sodio 0.1 N, ya que el precio de 500 gramos de hidróxido de sodio en forma de lentejas es de \$182.71 M.N y para preparar un litro de esta solución se requieren 1 gramos

6.6 Recuperación de disolventes

Con lo que respecta a los solventes recuperados, etanol, cloroformo y metil iso butil cetona el análisis económico que se tiene es el siguiente:

Etanol. el precio de un litro de etanol es de \$ 213.094 M.N, el etanol recuperado mediante nos genera un ahorro de \$2983.316

Cloroformo. el precio de un litro de cloroformo es de \$ 45.75 M N, el cloroformo recuperado nos genera una ahorro \$ 274 5 M N

Metil isobutil cetona: el litro de éste solvente cuesta \$ 529.0 M N, la cantidad recuperada nos genera un ahorro de \$ 1058 0 M N

Como lo mencionamos anteriormente el ahorro generado en la recuperación de los reactivos se vería reflejado en el empleo de cada uno de éstos en las actividades de enseñanza experimental que a continuación se muestran

Tabla No 8 Prácticas en donde se pueden utilizar los reactivos recuperados

Reactivo recuperado	Nombre de la práctica
Nitrato de plata	“Equilibrios de precipitación de halogenuros y determinación de cloruros en alimentos” “Reacciones de precipitación Determinación gravimétrica de sulfatos” “Valoración potenciométrica de una mezcla de yoduros y cloruro con el nitrato de plata”
Iodo	“Reacciones redox Ensayos cualitativos”
Ferromá ¹	“Titulaciones de nítritos con cerio (IV)” Utilizando la ferromá como indicador

Buffer de ácido acético/ acetatos pH=4.0	“Preparación y valoración de soluciones amortiguadoras”
Buffer ácido bórico / boratos pH=9.0	“Preparación y valoración de soluciones amortiguadoras”
Buffer de ácido fosfónico / fosfatos pH= 7.0	“Preparación y valoración de soluciones amortiguadoras”
Buffer de Amonio / amomaco ² pH=10	“Titulaciones complejométricas”
Solución de ácido clorhídrico 0.1030 M y Solución de hidróxido de sodio 0.0971M	“Normalización de soluciones de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio 0.1M” “Estudio de equilibrios ácido – base ” “Titulación de un ácido fuerte con una base fuerte Determinación potenciométrica y con indicador visual.” “Determinación de potenciométrica de ácidos débiles ” “Titulación potenciométrica de una mezcla alcalina de carbonatos ”
Etanol ³	“Resolución de una mezcla de ácidos (disolventes no acuosos) ” “Determinación espectroscópica del ácido acetilsalicílico en un medicamento ”
Cloroformo ³	“Reacciones redox Ensayos cualitativos ” “Caracterización de compuestos por espectroscopia infrarojo”
Metil isobutil cetona	“Equilibrios de reparto entre disolventes Ensayos cualitativos y cuantitativos de extracción líquido líquido ”

Los electrodos de plata construidos pueden ser utilizados en los equilibrios de precipitación en las valoraciones de halogenuros y valoraciones potenciométricas

Empleando estos reactivos y los electrodos de plata construidos en las actividades experimentales antes mencionada, nos genera un ahorro de \$ 31059.617 M.N.

Los proveedores consultados para hacer este análisis económicos fueron Sigma Aldrich, GFS Chemicals, Proveedor científico y Carma Representaciones

Los precios mostrados de los reactivos cotizados por los diferentes proveedores, incluyen el 15 % de IVA

Cabe mencionar que en algunos casos los precios fueron proporcionados en dólares, la paridad del peso frente al dólar (cuando se realizó este análisis económico), fue de S 9 20 M.N. Los precios se encuentran sujetos a cambio

Se propone que el trabajo de recuperación de éstos residuos se realice dentro de las actividades de enseñanza experimental de los diferentes laboratorios del Departamento de Química Analítica, proponiéndolas como una práctica más. De esta manera no se tendría que pagar a alguna empresa encargada en el tratamiento de residuos

De igual forma se propone que este trabajo entre dentro de los programas de servicio social, dándoles a los prestadores de servicio una aportación económica mediante una beca para que realicen el trabajo de recuperación. Dicha aportación económica saldría del ahorro que se tendría al recuperar los residuos

Cabe mencionar que se utilizó la menor cantidad de reactivos de grado analítico

1 Actividad experimental no descrita en el programas de prácticas de los laboratorios de química analítica

2 Empleada también en investigación

3 Empleada como disolventes en cromatografías

7 CONCLUSIONES

La gran parte de los residuos recuperados han sido empleados en las actividades experimentales antes mencionadas, obteniéndose resultados favorables

Con lo que respecta a los electrodos de plata construidos, éstos han tenido una gran aceptación durante su empleo. En laboratorio donde se han empleado éstos electrodos ha sido en el 3^oC y 3^oD. El potencial de estos electrodos se encuentra por debajo del valor real, esto se debe a que cuando se realizo el experimento para determinar la eficiencia de los electrodos, sin importar el tipo de experimento realizado, no se realizó bajo condiciones ideales (25° C y 1 atm) La temperatura promedio cuando se realizaron estos experimentos fueron de 22° C

Por lo que respecta a las soluciones de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, éstas han sido empleadas en su gran mayoría en el laboratorio 3^oC y 3^oD y en anexo del laboratorio 3^oD. Dentro de las actividades experimentales en donde éstas han sido empleadas han sido en su mayoría en titulaciones ácido – base, teniendo una gran aceptación para estas actividades

Cabe mencionar que éstas soluciones fueron empleadas en las valoraciones de las *soluciones buffer para determinar su capacidad amortiguadora*

La soluciones buffer han sido empleadas en el laboratorio 3^oD y en el anexo de éste, sustituyendo a las soluciones buffer preparadas partir de reactivos de grado analítico. Las soluciones buffer más empleadas son ácido acético/acetatos, ácido fosfórico/fosfatos y ácido bórico/boratos. La solución buffer de amonio/amoniaco fue empleada para evaluar la valoración de una sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético, una investigación llevada a cabo por la Profesora Consuelo Arellano y el Profesor Pedro Villanueva

Los disolventes recuperados han sido empleados en las actividades mencionadas en la parte del análisis económico.

El etanol y el cloroformo han sido empleados como disolventes en cromatografías de capa fina y de papel en actividades experimentales de investigación

Con lo que respecta a la solución de yodo yodurado ésta aún no se ha empleado en las actividades experimentales

La ferroína ha sido empleada como indicador redox en actividades experimentales de investigación. El uso de este indicador ha tenido buenos resultados en las titulaciones nitritos con cerio (IV). Esta titulación se ha realizado en el laboratorio 3°D del mismo departamento

Con manejo adecuado de los residuos generados en las diferentes actividades experimentales de los laboratorios de enseñanza experimental del departamento de Química analítica se asegura que i) en el caso que algunos residuos fueran descargados al drenaje éstos no contaminaran demasiado el ambiente y ii) para el reaprovechamiento de algunos residuos éstos deberían contener los mínimos residuos de otro tipo para que su reaprovechamiento sea satisfactorio

ANEXO I

Tipo de residuo	Nombre de la práctica clave y número de la práctica
Plata	<p>“Reacciones de precipitación, determinación gravimétrica de sulfatos” (1356, 5), (1616, 5)</p> <p>“Equilibrios de precipitación Valoración de halogenuros y determinación de cloruros en alimentos” (1356, 6), (1616, 6)</p> <p>“Determinación simultánea de Cr y Mn en una muestra de acero” (1556, 6)</p> <p>“Valoración potenciométrica de una mezcla de yoduro y cloruro con el nitrato de plata (1516,6)</p>
Iodo	<p>“Reacciones redox. Ensayos cualitativos” (1256, 4)</p> <p>Equilibrios de óxido reducción (1356, 3), (1616, 3)</p>
Ferroina	<p>“Reacciones de formaciones de complejos estudio cualitativo” (1256, 11).</p> <p>“Determinación indirecta de ácido ascórbico” (1556, 8)</p>
Acetato/ácido acético, boratos/ácido bórico Fosfato/ácido fosfórico	<p>“Preparación y valoración de soluciones amortiguadoras” (1356, 1)</p>
Cloruro de amonio/amoniaco	<p>Titulaciones complejométricas (1256, 12)</p> <p>Separación de Hg (II) con ditiizona a pH impuesto” (1456, 5)</p>
Soluciones ácido clorhídrico e hidróxido de sodio 0.1M	<p>“Estudios de equilibrios ácido base” (1256, 6)</p> <p>“Normalización de las soluciones de HCl y de NaOH 0.1M” (1256, 7)</p> <p>“Titulación de un ácido fuerte con una base fuerte determinación potenciométrica” (1256, 8)</p> <p>“Determinación potenciométrica de ácidos débiles” (1256, 9)</p> <p>Empleándose éstas soluciones en la mayoría de la prácticas en donde se involucre una titulación</p>
Etanol	<p>“Resolución de una mezcla de ácidos (disolventes no acuosos)” (1456, 7)</p> <p>“Valoraciones conductométricas ácido base” (1556, 2)</p> <p>“Determinación de parámetros Cromatográficos en cromatografía de gases y cromatografía de líquidos de alta eficiencia” (1656, 5)</p> <p>“Determinación del grado alcohólico en bebidas, por cromatografía de gases” (1656, 7)</p>

Cloroformo	<p>“Reacciones redox (ensayos cualitativos) (1256, 3)</p> <p>“Cuantificación de un fármaco utilizando la valoración indirecta del bromohidrato Valoraciones en medio bifásico líquido líquido” (1456, 4)</p> <p>Determinación espectroscópica de la aspirina (1656, 2)</p> <p>“Caracterización de compuestos por espectroscopia infrarroja” (1656, 4)</p>
Metil isobutil cetona	<p>“Equilibrio de reparto entre disolventes Ensayos cualitativos y cuantitativos de extracción líquido líquido” (1356, 7), (1616,7)</p>

8 Bibliografía

1. Carmen Bautista "Residuos Guía Técnico – Jurídica 1998 Ediciones Mundi – Prensa
2. Instituto Nacional de Ecología "Promoción de la Minimización y Manejo Integral de residuos peligrosos México" 1era edición INE 1999.
3. Juan Carlos Sánchez Meza "Normas técnicas para diversos métodos de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos. México 1988.
4. Michael D La Grega Phillip L Buckingham. Jeffrey C Evans "Gestión de Residuos Tóxicos, Tratamiento, Eliminación y recuperación de Suelos Vol I y II 1996 Mc Graw Hill
5. Instituto Nacional de Ecología "Residuos peligrosos en el mundo y en México 1993 Serie Monografías No 3. Secretaría de Desarrollo Social (Cortinas de Nava C. Y vega y Compliladoras)
6. Marshall Sitting "Organic and polymer, waste reclaiming" Noyes data corporation, Park, New Jersey U S A 1981 Pag 161 - 165 y 264 - 267
7. Marshall Sitting "Metal and inorganic waste reclaiming" Noyes data corporation, Park, New Jersey U S A 1981 Pag 110 - 113, 146 - 149 y 246 - 251
8. Instituto Nacional de Ecología "Concepto de Manejo de Residuos Peligrosos e Industriales para el giro Químico"
9. Vázquez Martínez Ana Ma, Álvarez Bustamante Rodolfo "Manual de prácticas de química inorgánica I" Publicaciones UAM, Iztapalapa
10. World Health Organization United Nations Environment Programme Word Bank "Technical Manual for the Safe Disposal of Hazardous Waste with Special Emphasis on the Problems and Needs of Developing Countries" Enero 1987 volumen 1
11. Industria Recuperadora de Solventes Manifiesto de Impacto Ambiental 1996
12. Informe Preventivo de Impacto Ambiental Planta de Recuperación de Solventes
13. DR Francisco Javier Garfias y Ayala e Ing Luis Borojas Weber "Taller para el desarrollo sustentable de residuos peligrosos Instituto Nacional de Ecología, 1era edición INE, 1999
14. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y pesca "Promoción de la prevención y reducción de riesgos químicos ambientales" 1era edición INE Diciembre de 1999

15. Instituto Nacional de Ecología " Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996 - 2000" 1era edición secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y pesca
16. R.A. Day Jr Al Underwood "Química Analítica Cuantitativa 5 edición Prentice may Hispanoamericana
17. Enrique Villarreal, Silvia Bello "Electroquímica" parte 1 y parte 2 1975 Editorial EDICOL. Programa Nacional de Formación de Profesores ANUIES Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.
18. Rebeca M Sandoval "Química analítica Curvas potenciometricas de titulación ácido - base" Editorial Porrúa 1988.
19. G H Ayres " Análisis químico cuantitativo" Editorial Harper and Row Public Inc 1985.
20. R.W Ramette " Equilibrios y análisis químicos" Editorial Fondo Educativo Interamericano 1982
21. Mellor, J. W " A comprehensive treatise on organic and theoretical chemistry" Vol III Longmans, Green and Co London 1952. Pag 314
22. M. en C. Baeza Reyes Alejandro "Práctica No 6 Potencial de electrodo (Verificación de la ley de Nernst) Enseñanza experimental Química Analítica I. Departamento de Química Analítica
23. Stephen Brewer " Solución de problemas de química analítica" Editorial Limusa 1987
24. Skoog West.Holler "Química analítica" Editorial Mc Graw- Hill 1998 sexta edición
25. Harris .C Daniel " Análisis químico cuantitativo" Grupo editorial Iberoamérica 1992 primera edición