



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS DOS CURSOS DE QUÍMICA
ANALÍTICA DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA Y MATERIAL DIDÁCTICO
PARA EL APOYO DEL DOCENTE**

María José Tórtola Morales

Asesorado por la Inga. Adela María Marroquín González

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS DOS CURSOS DE QUÍMICA
ANALÍTICA DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA Y MATERIAL DIDÁCTICO
PARA EL APOYO DEL DOCENTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA JOSÉ TÓRTOLA MORALES

ASESORADO POR LA INGA. ADELA MARÍA MARROQUÍN GONÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, MARZO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Bladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz Gonzales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Cesar Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. María Alejandra Ma Villatoro
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS DOS CURSOS DE QUÍMICA
ANALÍTICA DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA Y MATERIAL DIDÁCTICO
PARA EL APOYO DEL DOCENTE**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 30 de julio de 2020.



María José Tórtola Morales

Guatemala 18 de julio de 2022

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ingeniero Williams Álvarez:

Le saludo cordialmente, deseándole éxitos en sus actividades. Por medio de la presente hago constar que he revisado y aprobado el Informe Final del trabajo de graduación titulado: **“PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS DOS CURSOS DE QUÍMICA ANALÍTICA DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA Y MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL APOYO DEL DOCENTE”**, elaborado por el estudiante de la carrera de Ingeniería Química, María José Tórtola Morales, quien se identifica con el registro académico 2017-00910 y con el CUI 2826 15571 01 01.

Agradeciendo la atención a la presente, me suscribo de usted,

Atentamente,



Adela María Marroquín González
Ingeniera Química Col. No. 1446

Adela María Marroquín González
ASESOR
Ingeniera Química
Colegiado activo no. 1446



Guatemala, 27 de enero de 2023.
Ref. EIQ.TG-IF.001.2023.

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el registro de evaluación, correlativo **026-2020**, le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL

Solicitado por el estudiante universitario: **María José Tórtola Morales**.
Identificado con número de carné: **2826155710101**.
Identificado con registro académico: **201700910**.
Previo a optar al título de la carrera: **Ingeniería Química**.
En la modalidad: **TESIS (Informe Final, Seminario de Investigación)**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS DOS CURSOS DE QUÍMICA ANALÍTICA DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA Y MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL APOYO DEL DOCENTE

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por:

Adela María Marroquín González, profesional de la Ingeniería Química

Habiendo encontrado el referido trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Williams Guillermo Álvarez Mejía
profesional de la Ingeniería Química
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación

C.c.: archivo



LNG.DIRECTOR.052.EIQ.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS DOS CURSOS DE QUÍMICA ANALÍTICA DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA Y MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL APOYO DEL DOCENTE**, presentado por: **María José Tórtola Morales**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Williams G. Álvarez Mejía: M.I.Q., M.U.I.E.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, marzo de 2023.

LNG.DECANATO.OI.275.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS DOS CURSOS DE QUÍMICA ANALÍTICA DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA Y MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL APOYO DEL DOCENTE**, presentado por: **María José Tórtola Morales**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Porque gracias a Él puedo culminar con éxito este proyecto y me ha visto superar cada uno de los tropiezos que acompañaron esta aventura, me ha mostrado luz en cada momento oscuro y ha hecho resplandecer cada momento feliz.

Mi madre

Lillian Anabella Morales, por ser la dulce voz que me alentaba cuando mi espíritu decaía, la mano constante que me levantaba cuando me caía, los brazos de consuelo a los que acudía cuando algo no salía como yo esperaba y la sonrisa amorosa que acompañaba cada una de mis victorias.

Mi padre

Julio Roberto Tórtola, por ser quien abrió la brecha para cada uno de mis logros, quien borra los límites que cierran mi mente, por enseñarme a ver más allá de lo que tengo, por inspirarme a ser mejor de lo que ya soy, por siempre ser el soporte que me mantiene de pie y por siempre estar para mí cuando lo necesito.

Jorge Roberto Tórtola Morales

Por ser la mente maestra atrás de cada travesura, el primero en la línea de fuego, la primera risa después de cada una de mis bromas y la voz de calma en cada momento de tensión.

**Lilian Anabella Tórtola
Morales**

Por ser la voz de libertad, el escudo más resistente con la espada más afilada, la noble guerrera que siempre defiende a su familia, la más divertida y la especialista en ser especial.

**Hilda Nelly Tórtola
Morales**

Por ser mi ejemplo a seguir, la mujer maravillosa que me ha inspirado mi carrera, el primer amor que tuve en mi vida, los brazos que siempre me protegieron del peligro y los ojos que siempre me ven con amor y dulzura.

Mis abuelos paternos

Nelly Navarro de Tórtola (q. e. p. d.) y Humberto Tórtola (q. e. p. d.), por ser los ángeles que me cuidaron toda la vida, enseñarme que el amor trasciende esta vida y darme al padre más maravilloso.

Mis abuelos maternos

Anabella Muñoz de Morales y Jorge Morales (q. e. p. d.), por cuidar de mí, aconsejarme, consentirme, amarme y darme a la mejor madre del mundo.

Mis mejores amigas

Emily Enríquez y Leslie Vásquez, por ser mis ángeles personales, escucharme, aliviar mis preocupaciones, confiar en mí aun cuando yo no lo hago y darme la amistad más sincera del mundo.

Mi grupo

Ariana Salazar, Cinthia López, María Cano y María Carrera; por acompañarme en esta aventura, ser mujeres maravillosas que me hacen sentir orgullosa, darme su amistad y estar conmigo en los momentos más difíciles.

Mis amigos

Alejandra Cifuentes, Alejandra de León, Brian López, Carlos Peña, Elden Thompson, Gabriela López, Gustavo González, Josué Godoy, Karla González, Maryory Rosell, Pedro Castañeda, Ramón Jácome, Sara Boche y Yasmin Caal; por ser los mejores compañeros de clase, ayudarme cuando un tema era muy difícil, desvelarse conmigo (estudiando o jugando), y hacerme sentir como en casa en la universidad.

Estudiantes de Ingeniería Química

Este trabajo de graduación es para ustedes, para motivarlos a ser mejores, porque el 61 no es suficiente para ser el tipo de profesional que Guatemala necesita, los insto a ir más allá de lo requerido y que busquen la excelencia.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y ser el medio que me permite cumplir uno de mis sueños.
Mi familia	Por estar conmigo en cada momento, apoyarme y ayudarme en todo lo posible.
Mis amigos	Por ayudarme a mantener la calma todo el tiempo.
Inga. Adela Marroquín	Por ser una excelente asesora, siempre estar para apoyarme y guiarme por el camino correcto, que Dios la bendiga y llene su camino de éxitos.
Ing. Víctor Monzón	Por apoyarme y facilitar el desarrollo de este trabajo de graduación.
Ing. Erwin Ortiz	Por apoyarme y estar disponible para el desarrollo de este trabajo de graduación.
Laboratorio de EMPAGUA	Especialmente a Lic. Isabel Monzón, Ing. Zenón Much y Moisés Alfonso Dubón; por darme todo su apoyo y conocimientos, permitiéndome usar las instalaciones del laboratorio para concluir este trabajo de graduación.

	2.1.1.1.8.	Alternativa de ácidos polipróticos	16
	2.1.1.2.	Variables de los experimentos	16
	2.1.1.3.	Equipo, instrumentos y materiales de los experimentos	17
2.1.2.		Análisis cuantitativo	19
	2.1.2.1.	Selección de temáticas.....	20
	2.1.2.1.1.	Equilibrio de solubilidad	20
	2.1.2.1.2.	Compuestos de coordinación.....	21
	2.1.2.1.3.	Equilibrio redox	21
	2.1.2.1.4.	Dureza temporal.....	22
	2.1.2.1.5.	Cloruros en agua.....	23
	2.1.2.1.6.	Dureza total.....	23
	2.1.2.2.	Variables de los experimentos	24
	2.1.2.3.	Equipo, instrumentos y materiales de los experimentos	25
2.2.		Factibilidad de las prácticas	27
	2.2.1.	Análisis cualitativo	27
	2.2.1.1.	Identificación de muestras.....	27
	2.2.1.2.	Caracterización de la acidez de la aspirina.....	28
	2.2.1.3.	Diagrama de Flood.....	29
	2.2.1.4.	Coagulación, floculación y sedimentación	30
	2.2.1.5.	Sales hidrolizables	31
	2.2.1.6.	Estabilizadores de pH en cosmética	32
	2.2.1.7.	Fertilizantes	32

	2.2.1.8.	Análisis de acidez de jugos frutales.....	33
	2.2.2.	Análisis cuantitativo	33
	2.2.2.1.	Solubilidad y formación de cristales.....	33
	2.2.2.2.	EDTA como agente quelante.....	34
	2.2.2.3.	Batería redox	36
	2.2.2.4.	Evaluación de dureza temporal y alcalinidad de agua de calderas	37
	2.2.2.5.	Evaluación de cloruros en agua de calderas	40
	2.2.2.6.	Dureza total en agua de calderas	41
2.3.		Desarrollo de material didáctico	45
	2.3.1.	Plataforma virtual.....	45
	2.3.1.1.	Espacios de trabajo en <i>Notion</i>	46
	2.3.2.	Manuales de laboratorio	48
	2.3.3.	Videotutoriales.....	51
	2.3.3.1.	Contenido de los videos	52
	2.3.4.	Laboratorio virtual	56
3.		DISEÑO METODOLÓGICO	61
	3.1.	Variables.....	61
	3.2.	Delimitación de campo de estudio.....	62
	3.3.	Recursos humanos disponibles.....	62
	3.4.	Recursos materiales disponibles.....	62
	3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa	62
	3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	63
	3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	64
4.		RESULTADOS	79

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	83
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	93
APÉNDICES.....	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Espacio de trabajo Análisis Cualitativo.....	46
2.	Espacio de trabajo Análisis Cuantitativo	47
3.	Página del experimento AC1-001	47
4.	Portada de los manuales de laboratorio.....	48
5.	Portada del manual de laboratorio de Análisis Cuantitativo	49
6.	Estructura de las prácticas de laboratorio en el manual, AC1-001.....	50
7.	Portada del videotutorial AC1-001	52
8.	Objetivo general y objetivos específicos de la práctica AC1-001 en el videotutorial.....	53
9.	Equipo, instrumentos, cristalería y reactivos de la práctica AC1-001 en el videotutorial	54
10.	Rango de viraje de indicadores en videotutorial de la práctica AC1-001	54
11.	Propiedades físicas y químicas ácido clorhídrico, para el videotutorial de la práctica AC1-001	55
12.	Muestra de la ejemplificación de la metodología en los videotutoriales, específicamente el paso 1 de la práctica AC1-001	55
13.	Muestra de la explicación de los objetivos del reporte en el videotutorial de la práctica AC1-001.....	56
14.	Espacio de trabajo en el laboratorio virtual ChemCollective, Creating a Stock Solution	58
15.	Espacio de trabajo en el laboratorio virtual ChemCollective, Creating a Stock Solution; sección de información.....	59

16.	FEspacio de trabajo en el laboratorio virtual ChemCollective, Creating a Stock Solution; sección de cristalería y equipos.....	59
17.	Tanque suavizador práctica AC2-006.....	80
18.	Resina iónica donada al laboratorio para la práctica AC2-006	81

TABLAS

I.	Variables dependientes e independientes de los experimentos	17
II.	Equipo, instrumentos y materiales de los experimentos	17
III.	Variables dependientes e independientes de los experimentos	24
IV.	Equipo, instrumentos y materiales de los experimentos	25
V.	Diluciones para la construcción del diagrama de Flood.....	29
VI.	Concentración de las soluciones de sulfato de aluminio.....	31
VII.	Soluciones de EDTA para tratamiento de la dentina	34
VIII.	Distribución de muestras, tiempos de exposición y dosis	35
IX.	Medidas de voltaje generado por la batería redox.....	36
X.	Formas de expresar la dureza temporal y conversión	44
XI.	Parámetros de dureza total de agua.....	45
XII.	Temas y tipos de contenido disponibles en ChemCollective Virtual Lab.....	58
XIII.	Variables de diseño de las prácticas de laboratorio.....	61
XIV.	Datos de diseño y planificación de los experimentos.....	63
XV.	Datos de diseño y planificación del experimento AC1-001	64
XVI.	Datos de diseño y planificación del experimento AC1-002	65
XVII.	Datos de diseño y planificación del experimento AC1-003	66
XVIII.	Datos de diseño y planificación del experimento AC1-004	67
XIX.	Datos de diseño y planificación del experimento AC1-005	68
XX.	Datos de diseño y planificación del experimento AC1-006	69
XXI.	Datos de diseño y planificación del experimento AC1-007	70

XXII.	Datos de diseño y planificación del experimento AC1-008	71
XXIII.	Datos de diseño y planificación del experimento AC2-001	72
XXIV.	Datos de diseño y planificación del experimento AC2-002	73
XXV.	Datos de diseño y planificación del experimento AC2-003	74
XXVI.	Datos de diseño y planificación del experimento AC2-004	75
XXVII.	Datos de diseño y planificación del experimento AC2-005	76
XXVIII.	Datos de diseño y planificación del experimento AC2-006	77
XXIX.	Resumen de prácticas de laboratorio.....	79

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C_a	Ácido etilendiaminotetraacético
C_b	Concentración de la base
C_{sa}	Concentración de la sal de la base
C_{sb}	Concentración de la sal del ácido
EDTA	Concentración del ácido
k_a	Constante de equilibrio ácida
k_b	Constante de equilibrio básica
k_h	Constante de equilibrio de autoprotólisis del agua
k_w	Constante de equilibrio de hidrólisis
L	Litro
M	Mililitro
mL	Molaridad (mol/L)
n	Número de integrantes de los equipos de trabajo
pC	Potencial de la concentración
pC_a	Potencial de la concentración de H ⁺
pC_b	Potencial de la concentración de la base
pC_{sa}	Potencial de la concentración de la sal de la base
pC_{sb}	Potencial de la concentración de la sal del ácido
pH	Potencial de la concentración de OH ⁻
pk_a	Potencial de la concentración del ácido
pk_b	Potencial de la constante de equilibrio ácida
pk_h	Potencial de la constante de equilibrio básica

pK_w	Potencial de la constante de equilibrio de autoprotólisis del agua.
pOH	Potencial de la constante de equilibrio de hidrólisis
V_a	Volumen de gasto de ácido
V_b	Volumen de gasto de base

GLOSARIO

Ácido	Según la teoría de Bronsted-Lowry un ácido es aquel compuesto capaz de donar un protón H^+ .
Ácidos polipróticos	Compuestos capaces de donar más de un protón H^+ cuando se ioniza.
Agua poluta	Agua sucia o contaminada por desechos domésticos.
Alcalinidad	Medida de la capacidad para neutralizar ácido, bebido a la presencia de bases disueltas.
Alícuota	Parte o porción de un volumen o masa que se usará para pruebas de laboratorio.
Amortiguamiento	Capacidad de una solución de disipar el efecto de una neutralización de especies, para mantener una solución dentro de un rango específico de pH.
Análisis cualitativo	Análisis que determinar la identidad, composición o forma de una sustancia.
Análisis cuantitativo	Análisis que determina la cantidad de cada componente de la sustancia.

Análisis volumétrico	Método que permite determinar la concentración de un reactivo a partir de otro reactivo con concentración definida.
Analito	Componente de interés analítico en una muestra.
Autoprotólisis	Reacción por medio de la cual dos moléculas de agua se dividen en sus iones, ion hidronio e hidroxilo.
Base	Según la teoría de Bronsted-Lowry un ácido es aquel compuesto capaz de aceptar un protón H^+ .
Carga	Carga eléctrica de una molécula debida a la diferencia entre electrones y protones en la especie, que puede ser negativa (cuando hay más electrones) o positiva (cuando hay más protones).
Carie	Zonas dañadas de forma permanente en la superficie de los dientes que se convierten en aberturas u orificios.
Comprimidos	Fórmula farmacéutica sólida que contiene uno o más principios activos y excipientes.
Compuestos de coordinación	Especies químicas neutras o iónicas que se constituyen por un átomo central (generalmente metales), y ligandos que se unen a este.

Concentración	Cantidad de soluto presente en una cantidad conocida de solvente.
Constante de equilibrio	Número equivalente a la relación entre la concentración de los productos al equilibrio y la concentración de los reactivos al equilibrio.
Cristalización	Proceso físico por el cual se establecen enlaces, para formar redes cristalinas, con una geometría uniforme.
Curva de valoración	Representación gráfica del cambio del pH en función del volumen gastado durante una valoración.
Diagrama de Flood	Representación gráfica del comportamiento del pH de las especies fuertes en función del potencial de su concentración.
Diagrama de Sillen	Representación gráfica del comportamiento de la hidrólisis y disociación de especies débiles y sus sales conjugadas.
Disociación	Separación de moléculas y sales en sus iones, cuando se disuelven en agua.
Dosis óptima	Cantidad de floculante que debe agregarse a una muestra, de forma que se elimine la mayor cantidad de sustancias suspendidas sin que se desperdicie el floculante.

Dureza temporal	Se produce por la presencia de carbonatos.
Dureza total	Se produce por la presencia de iones de calcio, magnesio, estroncio y bario; los primeros dos en mayor concentración.
Efecto de ion común	Se basa en el Principio de Le Chatelier. Si la presencia de un ion común, en una reacción reversible en equilibrio, se ve afectada por una disminución en la concentración de este ion, el equilibrio se mueve para compensar esta reducción.
Esmalte dental	Película delgada que cubre los dientes.
Especie	Cualquier compuesto o elemento presente en un sistema. En este trabajo se usa específicamente para ácidos y bases.
Especies débiles	Ácidos o bases que no se disocian completamente en agua.
Especies fuertes	Ácidos o bases que se disocian completamente en agua.
Estándar	Patrón o punto de referencia para medir un mismo tipo de productos, suele determinarlo la empresa o corporación que produce este.

Experimento	Procedimiento llevado a cabo para apoyar, refutar o validar una hipótesis.
Floculación	Proceso de desestabilización de moléculas o partículas en suspensión estable para sedimentarlas, por medio de la neutralización de las cargas negativas en las superficies de estas partículas.
Floculante	Compuestos orgánicos o inorgánicos que se disocian para producir una floculación.
Grado reactivo	Compuestos o elementos que se venden comercialmente a altas concentraciones.
Hidrólisis	Es el proceso en el que las sales de especies débiles se disocian y los iones reaccionan con el agua para formar la especie de la que proceden.
Incrustación	Introducción de partículas en los huecos o hendiduras de las piezas de los equipos.
Indicadores de pH	Son compuestos que cambian sus propiedades físicas, específicamente su color, con la variación de pH.
Intercambio iónico	Proceso en el cual dos compuestos intercambian uno o más iones.

Ion	Átomo o molécula que por pérdida o ganancia de electrones adquiere carga eléctrica.
Irrigar	Regar o esparcir un líquido sobre una superficie.
Ligando	Grupo iónico que se une al átomo central, en el acomplejamiento.
Muestra	Porción o parte de un conjunto que se extrae para analizarla.
Normativa	Patrón o punto de referencia que es determinado por una entidad reguladora.
Orgánico	Compuestos que contienen carbonos, generalmente combinados con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre.
Oxidación	Pérdida de electrones.
Potabilidad	Agua apta para consumo humano.
Potenciómetro	Sensor utilizado para medir el pH de una disolución.
Quelante	Compuesto que es capaz de actuar como ligando.
Redox	Reacción de óxido-reducción, en el que dos especies intercambian electrones.

Reducción	Ganancia de electrones.
Regla	Patrón o punto de referencia, que es determinado por una entidad gubernamental o equivalente.
Sal conjugada	El conjugado de una especie, ácido o base, es la sal formada por su ion.
Sedimentación	Proceso en el que se depositan o precipitan materiales sólidos en una superficie, generalmente en la parte inferior del fluido que los contiene.
Síntesis	Proceso mediante el cual se obtienen compuestos químicos a partir de compuestos simples o precursores químicos.
Solubilidad	Cantidad de soluto que puede ser disuelta por un solvente en determinadas condiciones.
Soluciones	En química, es una mezcla homogénea de dos o más sustancias.
Soluto	Especie que se encuentra en menor proporción en una solución.
Solvente	Especie que se encuentra en mayor proporción en una solución.

Valoración

En química, es el método de análisis basado en la medida precisa de un volumen de un reactivo de concentración conocida, requerido para reaccionar completa y estequiométricamente con el analito en la muestra.

Variable de control

Variable de suma importancia para un proceso, que debe ser controlada en un punto de control de proceso.

RESUMEN

En el presente proyecto de graduación se desarrolló el diseño de las prácticas de laboratorio de los cursos Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo, dedicados a la química analítica, y material didáctico para apoyar a los docentes de estas.

El diseño de las prácticas se enfocó a la aplicación industrial de los fenómenos estudiados, por medio de experimentos didácticos que le permitan al estudiante aplicar los fenómenos a menor escala. Se reunieron diversas herramientas didácticas, entre ellos libros que desarrollen estos temas y video tutoriales que se construyeron para cada práctica de laboratorio, estas se publicaron en una plataforma virtual, para que tanto alumnos como docentes puedan acceder a ellas.

Se diseñaron 14 prácticas de laboratorio con funcionalidad comprobada, como material didáctico se construyeron dos manuales de laboratorio, un manual de uso y mantenimiento de resina iónica, 14 videotutoriales, se recolectaron libros, artículos científicos y videos relacionados; toda esta información se unificó en la plataforma virtual *Notion*.

OBJETIVOS

General

Diseñar las prácticas de laboratorio para los cursos Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo de la licenciatura en ingeniería química y proponer material didáctico para el apoyo del docente.

Específicos

1. Identificar las temáticas que se requiere ilustrar en cada uno de los laboratorios didácticos, por medio del análisis del programa de cada curso, para desarrollar cada uno de los experimentos.
2. Determinar la factibilidad de cada uno de los experimentos, mediante su ejecución controlada, para asegurar que estos puedan realizarse y que evidencien resultados congruentes.
3. Elaborar el material didáctico que apoyará cada uno de los experimentos, por medio de la recopilación de información pertinente y el desarrollo de videos tutoriales.

INTRODUCCIÓN

En el aprendizaje de las ciencias es necesario desarrollar habilidades que permiten respaldar la construcción del conocimiento empírico. En la licenciatura en Ingeniería Química se requiere dominar los métodos de construcción de conocimiento, a través de laboratorios didácticos en los que el estudiante debe relacionarse directamente con los fenómenos estudiados.

En diversos estudios se ha expuesto el valor didáctico de la experimentación para la comprensión de fenómenos que se estudian de forma teórica, en el estudio de Agudelo¹ se expone el beneficio didáctico que se obtiene por medio de la experimentación y contacto del estudiante con el fenómeno, donde concluyen que la búsqueda de herramientas didácticas es de vital importancia para mantener un alto nivel de aprendizaje significativo en los estudiantes, y expone que el docente debe contar con las habilidades y conocimientos pedagógicos necesarios para fomentar la construcción del conocimiento científico.

Se ha observado que el rendimiento académico de los estudiantes, asociado con los elementos experimentales de la carrera no posee el nivel adecuado en la licenciatura en Ingeniería Química.

En este estudio se plantea el rediseño las prácticas de los laboratorios de los cursos de Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo, para mejorar las

¹ AGUDELO GIRALDO, José Darío. *Aprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión*. p. 4.

competencias de los estudiantes, en los conceptos que se imparten en estas asignaturas.

Además, en estudios aplicados a niños, como el de Rodríguez y Vargas, se expone que el innovar con experimentos y temas que capten el interés del experimentador mejora la experiencia y aumenta la motivación, también discuten que los talleres didácticos se deben dirigir hacia las habilidades cognitivas que se desean desarrollar².

Las prácticas de laboratorio se pueden dividir en tres fases, la fase de preparación, donde los estudiantes deben realizar una documentación para informarse sobre los conceptos de lo que aplicarán en el laboratorio; la segunda fase es donde los alumnos realizan el experimento en el que demuestran el grado de comprensión conceptual obtenida; por último, la etapa de evaluación, donde se mide el conocimiento que se ha consolidado mediante los instrumentos adecuados y un informe sobre el experimento.

En el estudio de Severiche y Acevedo, los autores afirman que las prácticas de laboratorio, tomadas como estrategia de aprendizaje, constituyen una herramienta efectiva para la construcción de aprendizaje y beneficia el proceso de fijar e integrar información. Además, confirman que este método ayuda a desarrollar habilidades instrumentales y prácticas, promoviendo la independencia del alumno y mejorando su confianza en el ámbito de la investigación³.

² RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, Keilyn; VARGAS ULLOA, Karol Vanessa. *Análisis del experimento como recurso didáctico en talleres de ciencias: el caso del museo de los niños de costa rica*. p. 13.

³ SEVERICHE SIERRA, Carlos Alberto; ACEVEDO BARRIOS, Rosa Leonor. *Las prácticas de laboratorio en las ciencias ambientales*. p. 191-203.

Se cree que actualmente las fases de la práctica de laboratorio se realizan por medio de un sistema poco eficiente, que sobrecarga el trabajo del docente y no motiva de forma adecuada el aprendizaje del alumno. Por medio de herramientas virtuales y el rediseño de los experimentos de laboratorio, se pretende implementar estrategias didácticas varias para promover el aprendizaje significativo y apoyar al docente reduciendo la carga de calificación manual.

El estudio de Espinosa, González y Hernández expone que el desarrollo de las prácticas de laboratorio integradas con los niveles de abertura propone un beneficio en la evolución del aprendizaje del alumnado, ya que requiere un aumento gradual en la dificultad de los experimentos realizados y permiten al docente calificar el desarrollo del estudiante en el campo evaluado⁴.

⁴ ESPINOSA RÍOS, Edgar Andrés; GONZÁLEZ LÓPEZ, Karen.Dayana; HERNÁNDEZ RAMÍREZ, Lizeth Tatiana. *Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar*. p. 266-281.

1. ANTECEDENTES

A nivel internacional se han desarrollado diversas investigaciones enfocadas en el estudio de la docencia en educación superior, dentro de estas investigaciones se encuentran algunas que se dedican al análisis de los factores que afectan el aprendizaje significativo de alumnos en laboratorios didácticos:

En la Universidad de San Carlos de Guatemala, fue publicada una tesis de graduación de maestría por el Ing. Ariel Villela en la cual se desarrolla un círculo de producción ecológica en el que se realiza el enlace de cuatro prácticas del laboratorio de Físicoquímica 2 para reducir el impacto ambiental de la operación del equipo, para eso se rediseñaron los experimentos prácticos. Como conclusión de este proyecto de investigación se logra recuperar del 90 al 95 % de la materia prima original⁵.

En el V Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red se publicó el trabajo de Esteve Turrillas, Estrela y Herrero, donde se propone el empleo de Socrative para la evaluación del trabajo previo en asignaturas prácticas de laboratorio, en la preparación de los estudiantes antes de la ejecución de estas; ya que la mala o nula preparación de los alumnos provoca un pobre aprovechamiento de estas. Se comprobó que la preparación de los alumnos al llegar al laboratorio mejora significativamente, así como la elevada aceptación entre los estudiantes por la adopción de la herramienta⁶.

⁵ VILLELA RODAS, César Ariel. *Optimización de los recursos ambiental-energéticos en el laboratorio de fisicoquímica utilizando un Círculo de Producción Ecológica (CPE) en el área de Físicoquímica, FIUSAC.* p. 25.

⁶ ESTEVE TURRILLAS, Francesc; ARMENTA ESTRELA, Sergio; HERRERO, José Manuel. *Empleo de socrative para la evaluación del trabajo previo en asignaturas prácticas de laboratorio.* p. 211-225.

En la Universidad del Valle (Cali, Colombia), se publicó una investigación, a manos de Espinosa, González y Hernández, que buscaba utilizar las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica para promover la construcción del conocimiento científico. Durante la investigación se aplicaron métodos cualitativos mediante la observación para recolectar la información necesaria y cumplir los objetivos. En la investigación se concluyó que las prácticas de laboratorio constituyen una parte importante en el aprendizaje del método científico y su correcta aplicación, además las prácticas de laboratorio aumentan las habilidades analíticas de los estudiantes y mejoran su capacidad de interrelacionar la información obtenida con los objetivos planteados⁷.

La Revista Virtual de la Universidad Católica del Norte publicó el artículo de Severiche y Acevedo, donde se realiza una fundamentación de las prácticas de laboratorio a partir de una indagación exploratoria de estudios, investigaciones recientes y referentes teóricos. Se plantea que el punto de partida para comprender el mecanismo de funcionamiento de la naturaleza y las ciencias ambientales está en los fundamentos teóricos, pero para alcanzarlos se debe llegar a la realidad y esto se logra en el trabajo de laboratorio⁸.

La Revista de Avances en Ciencia e Ingeniería publicó el artículo de Osicka, Fernández y Valenzuela, en el que se describe la experiencia realizada con estudiantes de la cátedra de Química Analítica I, de la carrera de Profesorado en Ciencias Químicas y Ambiente de la Universidad Nacional del Chaco Austral, donde evaluaron la influencia del uso de WebQuest, que son propuestas metodológicas y didácticas de aprendizaje cooperativo. Se notó un incremento

⁷ ESPINOSA RÍOS, Edgar Andrés; GONZÁLEZ LÓPEZ, Karen Dayana; HERNÁNDEZ RAMÍREZ, Lizeth Tatiana. *Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar*. p. 266-281.

⁸ SEVERICHE SIERRA, Carlos Alberto; ACEVEDO BARRIOS, Rosa Leonor. *Las prácticas de laboratorio en las ciencias ambientales*. p. 191-203.

en la motivación, interés y dedicación a las tareas planteadas, y por lo tanto también los resultados de aprendizaje⁹.

También, fue publicado el trabajo de Beltrán por la Revista Científica de Opinión y Divulgación, donde se constituye un ejemplo de implementación de la plataforma Moodle en clases prácticas de laboratorio químico dirigidas a estudiantes universitarios. Se encontró por medio de una serie de cuestionarios, que permite que el alumnado trabaje con mayor autonomía y facilita el aprendizaje de los conceptos necesarios, para el desarrollo correcto de los experimentos en el laboratorio docente¹⁰.

La Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación pública el artículo de Rodríguez y Vargas, donde exponen la experiencia del Museo de los Niños en la utilización del experimento didáctico, resaltan el potencial educativo de ese recurso, al ser utilizado en un adecuado contexto pedagógico, y las limitaciones que presenta como modelo de enseñanza de teoría. En el estudio concluye que los experimentos didácticos representan un aporte importante en la comprensión de fenómenos y consolidación del conocimiento¹¹.

La Revista Arbor publicó el estudio de Murray, Tortajada, Atienza y Herrero; en el que se muestran estrategias para mejorar los resultados de aprendizaje, en las prácticas de laboratorio, en una asignatura de Química del grado de ingeniería agroalimentaria y del medio rural por medio de cuestionarios. La aplicación de los cuestionarios permitió un cambio de actitud en los alumnos,

⁹ OSICKA, R.M., FERNÁNDEZ, M.L. y VALENZUELA, A.M., 2013. *Química analítica: aprendizaje a partir de webquest*. p. 131-138.

¹⁰ BELTRÁN ÁLVAREZ, Tomás. Francisco. *Introducción y aplicación de la plataforma moodle en prácticas de laboratorio químico*. p. 9.

¹¹ RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, Keilyn; VARGAS ULLOA, Karol Vanessa. *Análisis del experimento como recurso didáctico en talleres de ciencias: el caso del museo de los niños de costa rica*. p. 18.

fomentando una más activa hacia las prácticas y consiguió un mayor aprovechamiento de estas¹².

En la Universidad de Caldas (Manizales, Colombia), se realizó una investigación publicada en la Revista Latinoamericana de Estudios, a manos de Agudelo; en la que caracterizan las prácticas de laboratorio de estudiantes de la licenciatura en Química y Biología, para evaluar la concepción de los estudiantes, sobre la ciencia y como el contexto del laboratorio didáctico puede distorsionar su idea sobre lo que es la ciencia. Los investigadores planteaban que el conocimiento científico no debe tener una base puramente teórica, sino involucrar la creatividad y curiosidad en un proceso apoyado en teoría; además, discuten la importancia de no permitir que la teoría domine la ejecución práctica. Los autores concluyen que el desarrollo de prácticas de laboratorio con fines didácticos no debe plantearse como una serie de algoritmos a seguir para llegar a un resultado, sino a los procedimientos mediante los cuales se puede caracterizar un problema para su posterior solución, volviendo las prácticas de laboratorio procesos de investigación científica. Además, los autores afirman que sobre lo ya concluido existen obstáculos que interfieren en el trabajo práctico de los educandos y algunos de estos son la falta de materiales, de espacios adecuados, limitaciones de tiempo, grupos muy numerosos y la falta de motivación y disposición de los alumnos¹³.

La Revista Mexicana de Investigación Educativa publicó el artículo de Turpo, en el que estudia la modalidad educativa *blended learning* en el sistema universitario iberoamericano, donde demuestra la factibilidad, viabilidad y amplias

¹² NOGUERA MURRAY, Patricia; TORTAJADA GENARO, Luis Antonio; ATIENZA BORONAT, Julia; HERRERO VILLÉN, Asunción. *Autoevaluación previa a las prácticas de laboratorio químico: introducción al auto- aprendizaje*. p. 267-272.

¹³ AGUDELO GIRALDO, José Darío. *Apprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión*. p. 4.

posibilidades de aplicación y adecuación a los escenarios educativos de esta modalidad, esto proporciona aportes que deben ser considerados en los diseños pedagógicos¹⁴.

En la Universidad de Carabobo (Valencia, Venezuela), los investigadores Pérez y Falcón publicaron una investigación enfocada en los prototipos experimentales para el aprendizaje de la óptica. En la investigación se aplica la heurística constructivista de los contenidos procedimentales con el fin de generar el conocimiento declarativo conceptual por el docente investigador. En este estudio se llegó a veinte prototipos experimentales que consistían en ilustrar los fenómenos de la óptica por medio de la demostración en el aula y esto benefició de forma significativa el aprendizaje de los estudiantes¹⁵.

La Revista Electrónica Diálogos Educativos, publica el artículo de los autores: Siso, Soto, Álvarez y Arana, en el que se plantean caracterizar las prácticas de laboratorio, que se ejecutan en una de las asignaturas del profesorado en química de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, por medio de un análisis de contenido realizado al corpus de actividades experimentales y la realidad que caracterizan tales experimentos prácticos. Concluyen que los mismos no representan retos cognitivos para los estudiantes, por lo que estas prácticas de laboratorio son para verificación y sin contextualización de los hechos estudiados, esto significa un déficit en el fortalecimiento y consolidación de conocimientos en la formación de los profesores y educadores¹⁶.

¹⁴ TURPO CABRERA, Osbaldo Washington. *Contexto y desarrollo de la modalidad educativa blended learning en el sistema universitario iberoamericano*. pp. 345-370.

¹⁵ PÉREZ LOZADA, Eliexer; FALCÓN, Nelson. *Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica*. p. 15.

¹⁶ SISO PAVÓN, Zenahir; BRICEÑO SOTO, José Manuel; ALVAREZ PRIETO, Christian; ARANA ARAQUE, José. *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de química. Un primer acercamiento*. p. 139-161.

La Editorial de Enseñanza de las Ciencias de la Universidad de Barcelona, publicó el artículo de Valverde, Jiménez y Llitjós, donde describen una experiencia didáctica, en donde aplican los niveles de apertura a la diversidad en las actividades, dentro de las prácticas de laboratorio de química. En el estudio concluyen que en los estudiantes de ciclos formativos de grado superior la diversidad se debe, en su mayoría, a las diferentes vías de acceso a la licenciatura, accesos o estudios universitarios previos. Es decir, que los estudios de los alumnos, previos a la experiencia universitaria, afectan el desempeño de estos¹⁷.

En la Universidad de Pedagogía Nacional (Bogotá, Colombia), los investigadores Salcedo, Villarreal, Zapata, Rivera, Colmenares y Moreno desarrollaron una investigación en la que se caracterizan las concepciones y acciones que mantienen los profesores y/o estudiantes del proyecto curricular de la licenciatura en química sobre las prácticas de laboratorio, y se experimentó una propuesta didáctica de investigación en aula. En este estudio se discute la orientación del trabajo experimental como actividad investigativa en contraste con los trabajos prácticos tradicionales. Además, se menciona el papel de la experimentación en el proceso de generación de conocimiento científico. Los autores concluyen que tanto profesores como estudiantes consideran las prácticas de laboratorio un medio para comprobar las teorías y desarrollar habilidades y destrezas. En la fase de implementación se permitió que los alumnos se relacionaran estrechamente con la metodología científica¹⁸.

¹⁷ JIMÉNEZ VALVERDE, Gregorio; LLOBERA JIMÉNEZ, Rosa; LLITJÓS VIZA, Anna. *La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura*. p. 59-70.

¹⁸ SALCEDO TORRES, Luis Enrique; VILLARREAL HERNÁNDEZ, Martha Elizabeth; ZAPATA CASTAÑEDA, Pedro Nel; RIVERA RODRÍGUEZ, Julio César; COLMENARES GULUMÁ, Elizabeth; MORENO ROMERO, Sandra Patricia. *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en educación superior*. p. 5.

La Revista de Pedagogía Universitaria de la Universidad de la Habana, publicó el artículo de Vidal y González, en el que evalúan desde el punto de vista pedagógico el simulador de laboratorio químico *Model ChemLab*, por medio del estudio concluyen que el mismo no proporciona el desarrollo de habilidades cognitivas y no promueve el aprendizaje activo de la química pero, puede ser útil si se emplea en el marco de un proceso de enseñanza como una investigación dirigida¹⁹.

Por medio de la revisión bibliográfica preliminar, se consolida el concepto de una preparación integral, mediante la inclusión de herramientas de análisis experimental para el complemento empírico del conocimiento. Los diferentes estudios asignan una alta probabilidad de éxito a los programas educativos que proponen el área experimental como entrenamiento para la investigación empírica para la construcción del conocimiento teórico.

¹⁹ VIDAL CASTAÑO, Gonzalo; GONZÁLEZ MEDINA, Hilda. *Evaluación pedagógica del simulador del laboratorio químico model chemlab*. p. 13.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Diseño de prácticas de laboratorio

El diseño de las prácticas de laboratorio se enfoca en relacionar los conocimientos adquiridos en la clase magistral con las aplicaciones de estos en distintas áreas de la industria química, con el fin de involucrar a los estudiantes en las ramas de la ingeniería química y entrelazar estos conceptos con los cursos posteriores de la licenciatura.

2.1.1. Análisis cualitativo

El primer curso de Química Analítica de la Licenciatura en Ingeniería Química se enfoca en los resultados cualitativos obtenidos de los equilibrios ácido-base, en este laboratorio se introducirá al estudiante a los métodos gravimétricos básicos.

2.1.1.1. Selección de temáticas

El laboratorio del curso Análisis Cualitativo se compone de siete prácticas de laboratorio, que se desarrollan alrededor del estudio los equilibrios ácido-base. Inicia con una práctica de introducción al curso donde se le presenta el estudiante los equipos e instrumentos con los que se relacionará el resto del semestre. Las prácticas posteriores se enfocan en el equilibrio de disociación, el equilibrio de hidrólisis, el amortiguamiento por efecto de ion común y el equilibrio de ácidos polipróticos.

2.1.1.1.1. Práctica de introducción

Se plantea un experimento donde el estudiante podrá interactuar con el instrumental que usará durante el semestre, también se introduce el tema de los indicadores de pH para la identificación de cambios en el pH durante los procesos de valoración. El título propuesto para esta práctica es Identificación de muestras.

En la práctica de laboratorio el instructor preparará cinco soluciones de especies ácidas o básicas a distintas concentraciones, sin identificarlas. Los alumnos deberán preparar una solución ácida y una básica para realizar las valoraciones de identificación. Posteriormente, tomarán alícuotas de cada muestra, medirán su pH por medio de un potenciómetro, evaluarán el rango de pH en el que se encuentra y seleccionarán el indicador de pH que necesitarán; Si el pH es menor a siete, deberán valorar la muestra con la solución básica. Si el pH es mayor a siete, la valoración se hará con una solución ácida.

El propósito de la práctica dentro de la formación del estudiante es introducirlo en los métodos de análisis volumétrico, con esta práctica será capaz de emplear el equipo e instrumentos de laboratorio que se requieren para las siguientes prácticas, conocerá los indicadores de pH que se aplican a diferentes rangos de pH y podrá relacionar los cálculos ejemplificados en la clase magistral con la información obtenida en el experimento.

Los resultados de la práctica pueden reportarse como un informe formal, para que el alumno comprenda la estructura y partes de este. Si el catedrático lo prefiere puede ser una práctica de reporte inmediato. En el informe se deberá reportar la concentración, pH e identidad.

2.1.1.1.2. Constante de equilibrio

“La constante de equilibrio se puede determinar por medio del punto de equivalencia determinado por medio de una valoración de forma experimental”²⁰. Para esta práctica el alumno determinará la constante de acidez del ácido acetilsalicílico y construirán la curva volumétrica de la titulación. El ácido acetilsalicílico se encuentra comercialmente como Aspirina, este compuesto tiene una reacción de síntesis de origen orgánico, este compuesto será estudiado por los alumnos en cursos posteriores por lo que se solicita que investiguen esta reacción.

Para realizar el experimento los alumnos deben preparar una solución de ácido acetilsalicílico a partir de comprimidos de Aspirina en alcohol etílico. Se debe titular la muestra con hidróxido de sodio en agua.

La práctica permitirá que el estudiante aplique diversos métodos para el cálculo de la constante de equilibrio. Podrán conocer este ácido orgánico, sus aplicaciones médicas y proceso de síntesis. El alumno debe ser capaz de construir la curva de titulación del ácido débil y determinar la constante de equilibrio por medio del punto de equilibrio de la curva. El estudiante debe reportar la acidez de la muestra, la curva de titulación, la constante de acidez y la reacción de síntesis del ácido.

2.1.1.1.3. Diagrama de Flood

El diagrama de Flood es una herramienta gráfica que relaciona el pH de una especie ácida o básica, con la concentración de la especie en una solución, de

²⁰ SKOOG, Douglas; WEST, Donald; HOLLER, James; CROUCH, Stanley. *Fundamentos de química analítica*. p. 279-332.

esta forma se evidencia que cuando la concentración se reduce el pH de la especie se acerca al pH neutro.

Para comprobar el comportamiento de las especies ante la dilución continua, el estudiante usará dos especies fuertes para comprobar el efecto de la dilución en el pH de la especie. Se usarán dos productos comerciales que contengan las especies de interés, para comparar el comportamiento de estos con el de las muestras preparadas en el laboratorio. Para iniciar deben determinar la concentración de las especies en los productos comerciales, para conocer el rango de concentración en la que pueden usarlos. En ambos casos realizarán diluciones de las especies, midiendo el pH de cada una, con el fin de construir el diagrama de Flood.

La práctica ayudará al estudiante a comprender el origen del diagrama de Flood, podrá comparar datos experimentales con los datos teóricos obtenidos de ecuaciones exactas y con los obtenidos de ecuaciones aproximadas. El estudiante debe reportar el error de los datos obtenidos de forma experimental respecto a ambos grupos de ecuaciones.

Debe construir el diagrama de Flood con los datos obtenidos.

2.1.1.1.4. Equilibrio de disociación

“El proceso de disociación se da cuando una sal en solución se separa en sus iones”²¹. Este efecto provoca zonas con cargas positivas y otras con carga negativa, en la solución. La floculación es un proceso mediante el cual se usa el proceso de disociación para neutralizar las cargas de partículas suspendidas en

²¹ SKOOG, Douglas; WEST, Donald; HOLLER, James; CROUCH, Stanley. *Fundamentos de química analítica*. p. 197-235.

agua poluta y desestabilizándolas para que se coagulen, floculen y finalmente se sedimenten.

En la práctica se usará un agente floculante que se agregará a muestras de agua poluta a distintas concentraciones, para determinar la dosis óptima de floculante que debe aplicarse a esa muestra que elimine las partículas en suspensión. Los alumnos deben medir la cantidad de material sedimentado por este medio.

La práctica debe permitir que el estudiante conozca las aplicaciones de las sales disociadas, especialmente en el proceso de tratamiento de agua potable por floculación. El estudiante podrá ver de forma indirecta el efecto de la disociación de la sal y podrá relacionar esta información para determinar la constante de equilibrio de la sal, por medio del diagrama de Sillen.

El alumno deberá reportar la constante de equilibrio de disociación del floculante, la dosis óptima de floculante y mostrar el proceso de disociación de la sal en un diagrama de Sillen.

2.1.1.1.5. Equilibrio de hidrólisis

“El proceso de hidrólisis se da en sales conjugadas de especies débiles, por lo que las sales de especies fuertes no sufren hidrólisis”²². Para que los alumnos sean capaces de distinguir y visualizar las especies que sufren hidrólisis, experimentarán con cuatro sales, dos de ellas sufren la hidrólisis de uno de sus iones, una sufre la hidrólisis de sus dos iones y la última no puede hidrolizarse.

²² DICK, James Gardiner. *Química Analítica*. p. 46.

En la práctica los alumnos realizarán soluciones de las sales, medirán el pH de cada solución y determinarán si la sal se ha hidrolizado. En la práctica también se introducirán las teorías ácido-base, con ácidos que no poseen el ion H^+ o bases que no poseen iones OH^- .

Con esta práctica se espera que los alumnos sean capaces de determinar el carácter hidrolizable de las sales, según su procedencia; que puedan determinar la constante de hidrólisis y que conozcan las teorías de ácidos y bases. Deberán reportar qué sales se hidrolizaron, la constante de hidrólisis de cada especie, los pares conjugados ácidos y básicos, la teoría que describe el carácter ácido/básico de cada ion y mostrar el proceso en un diagrama de Sillen.

2.1.1.1.6. Soluciones amortiguadoras

Las soluciones amortiguadoras ayudan a estabilizar el pH, esto se debe a que se encuentra una especie débil y su sal conjugada en solución, esto permite que una neutralización de la especie resulte en un aumento de esta y la formación de la sal por hidrólisis forzada. “Por esta razón las soluciones buffer no permiten cambios bruscos en el pH, a esto se le denomina efecto de ion común”²³.

En la práctica los alumnos prepararán un producto cosmético, crema hidratante, que requiere un pH específico para aplicarse en la zona facial sin causar irritación o deshidratación ($4 < pH < 5$); por lo que aplicarán una solución estabilizadora que asegure que el pH se mantenga dentro de estos límites. Prepararán la solución amortiguadora, medirán y corregirán el pH del producto, para estabilizarlo con la solución. Evaluarán la eficacia del amortiguador

²³ SKOOG, Douglas; WEST, Donald; HOLLER, James; CROUCH, Stanley. *Fundamentos de química analítica*. p. 197-235.

aplicando pequeñas cantidades de solución básica y medirán el pH para verificar si ha funcionado el estabilizador.

Se espera que el estudiante conozca aplicaciones de las soluciones amortiguadoras, el rango de pH de aplicación de diversas soluciones y que sea capaz de preparar el producto cosmético, para mejorar sus habilidades prácticas. El estudiante debe reportar el rango de pH del amortiguador, la constante de equilibrio de este, los resultados de la prueba de estabilidad (cantidad de base aplicada para romper el equilibrio) y la reacción de equilibrio buffer.

2.1.1.1.7. Ácidos polipróticos

Los ácidos polipróticos poseen más de un ion H^+ , y para neutralizarse completamente deben eliminarse los iones uno a uno. Cada neutralización da una sal ácida como resultado, hasta que se neutraliza por completo²⁴. En ácido fosfórico al neutralizarse con amoníaco forma sales ricas en fósforo y amonio, lo que las hace excelentes fertilizantes.

Los estudiantes prepararán soluciones de ácido fosfórico, amoníaco, y soluciones de especies diluidas. Neutralizarán el ácido fosfórico de tal forma que sea posible formar las tres sales del ácido, se evaluará el pH de cada sal en solución y se titularán para determinar la concentración de la sal.

Se espera que los alumnos conozcan procesos de síntesis de productos de interés económico, las aplicaciones de las sales derivadas de un ácido observen la neutralización de sales conjugadas y el comportamiento del pH durante la neutralización. Los alumnos deberán reportar las reacciones de neutralización, la

²⁴ SKOOG, Douglas; WEST, Donald; HOLLER, James; CROUCH, Stanley. *Fundamentos de química analítica*. p. 197-235.

constante de equilibrio de cada reacción, la curva volumétrica de cada neutralización, la curva volumétrica unificada y presentar una investigación sobre las aplicaciones de sales conjugadas.

2.1.1.1.8. Alternativa de ácidos polipróticos

Los ácidos orgánicos son especies que pueden encontrarse en la naturaleza, el ácido cítrico es uno de ellos y puede encontrarse en frutos como la naranja, el limón, la toronja y similares. En la fabricación de jugos frutales cítricos se realiza una cuantificación del contenido de ácido cítrico como control de calidad.

Los alumnos podrán seleccionar tres jugos frutales de marca comercial que contengan ácido cítrico, deben realizar una determinación de acidez, por medio de una titulación y medirán el pH de la muestra. Se espera que los estudiantes apliquen los métodos para determinar la constante de equilibrio, en un ácido con más de un equilibrio.

Los estudiantes podrán conocer diversos ácidos débiles polipróticos. Los alumnos deben reportar la acidez, la constante de acidez, la reacción de neutralización, un diagrama del proceso de producción de jugos frutales y deben construir la curva volumétrica de la neutralización.

2.1.1.2. Variables de los experimentos

A continuación, se presenta una tabla con las variables de cada experimento.

Tabla I. **Variables dependientes e independientes de los experimentos**

Experimento	Variables independientes	Variables dependientes
<i>Identificación de muestras</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto,
<i>Caracterización de la acidez de la Aspirina</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
<i>Diagrama de Flood</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración 	<ul style="list-style-type: none"> • pH
<i>Coagulación, floculación y sedimentación</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • pH
<i>Sales hidrolizables</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • pH
<i>Estabilizadores de pH</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
<i>Fertilizantes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
<i>Análisis de acidez de jugos frutales</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.3. **Equipo, instrumentos y materiales de los experimentos**

Se requiere describir todos los materiales que el alumno requerirá para el experimento, y esto permite que este tenga su área de trabajo lista con todos los utensilios que utilizará y probablemente disminuya el tiempo requerido para la práctica.

Tabla II. **Equipo, instrumentos y materiales de los experimentos**

Experimento	Equipo	Instrumentos	Reactivos
Identificación de muestras	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Bureta 50 mL • Matraz erlenmeyer 250 mL • Pinza mariposa • Probeta 25 mL • Soporte universal 	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido clorhídrico • Hidróxido de sodio • Indicadores

Continuación de la tabla II.

Experimento	Equipo	Instrumentos	Reactivos
Caracterización de la acidez de la Aspirina	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Balón aforado 50 mL Balón aforado 200 mL Beaker 250 mL Bureta 25 mL Espátula Matraz erlenmeyer 250 mL Mortero y pistilo Pinza mariposa Piseta Soporte universal Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Aspirina Etanol Hidróxido de sodio Indicador
Diagrama de Flood	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Balón aforado 50 mL Beaker 250 mL Bureta 25 mL Espátula Matraz erlenmeyer 250 mL Pinza mariposa Piseta Soporte universal Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Ácido clorhídrico Desinfectante con base de HCl Destapa caños con base de NaOH Hidróxido de sodio
Coagulación, floculación y sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Hornilla con agitación Potenciómetro Sistema de filtración al vacío 	<ul style="list-style-type: none"> Balón aforado 100 mL Beaker 600 mL Espátula Lápiz de succión Pipeta serológica 1 mL Papel filtro Probeta 100 mL Magnetos para agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Agua sucia Sulfato de aluminio
Sales hidrolizables	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Balón aforado 50 mL Beaker 100 mL Espátula Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Acetato de sodio Acetato de amonio Cloruro de sodio Cloruro de amonio

Continuación de la tabla II.

Experimento	Equipo	Instrumentos	Reactivos
Estabilizadores de pH	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Hornilla con agitación Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Balón aforado 100 mL <i>Beaker</i> 600 mL Envases Lápiz de succión Magnetos para agitación Pipeta volumétrica 5 mL Probeta 10 mL Probeta 25 mL Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Acetato de sodio Ácido acético Ácido cítrico Hidróxido de sodio Kit de crema hidratante
Fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Hornilla con agitación Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Balón aforado 100 mL Balón aforado 50 mL <i>Beaker</i> 250 mL Lápiz de succión Magneto para agitación Matraz erlenmeyer 250 mL Pipeta volumétrica 1 mL Probeta 25 mL Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> Ácido fosfórico Amoniaco
Análisis de acidez de jugos frutales	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Balón aforado 100 mL <i>Beaker</i> 250 mL Bureta 25 mL Matriz erlenmeyer 250 mL Pinza mariposa Probeta 25 mL Soporte universal Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Hidróxido de sodio Jugos frutales Indicador

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Análisis cuantitativo

El primer curso de Química Analítica de la Licenciatura en Ingeniería Química se enfoca en los resultados cualitativos obtenidos de los equilibrios ácido-base, en este laboratorio se introducirá al estudiante a los métodos gravimétricos básicos.

2.1.2.1. Selección de temáticas

El laboratorio del curso Análisis Cuantitativo se compone de seis prácticas de laboratorio, que se desarrollan alrededor de análisis de muestras y evaluación de datos, por medio de la aplicación de métodos analíticos. Las prácticas se enfocan en equilibrio de solubilidad, compuestos de coordinación, equilibrio redox, dureza temporal, cloruros en agua y dureza total.

2.1.2.1.1. Equilibrio de solubilidad

La solubilidad es la cantidad máxima de soluto que un solvente puede solubilizar a ciertas condiciones, esta se ve seriamente afectada por las variaciones de temperatura, al disminuir la temperatura de una solución, la solubilidad disminuye; y al llevar la mezcla al punto de fusión, la evaporación de solvente aumenta la concentración de la solución, provocando una precipitación ocasional.

En esta práctica los alumnos experimentarán con la variación de masa de soluto disuelta, al aumentar y disminuir la temperatura de una solución de sacarosa. De esta forma podrá identificar los efectos del calentamiento y enfriamiento en la solubilidad, e introducirá al alumno al proceso de cristalización del azúcar.

Los alumnos construirán una sección de la curva de solubilidad de la sacarosa y posteriormente describirán los procesos realizados en dicha curva.

2.1.2.1.2. Compuestos de coordinación

La síntesis de los compuestos de coordinación implica la interacción de un átomo central, generalmente un metal, y ligandos; por lo que esta reacción se aprovecha para la extracción de diversos metales²⁵. El EDTA es un agente quelante que se utiliza para extraer calcio de algunos sistemas, una de sus aplicaciones más comunes es la extracción de calcio del esmalte dental para reducir la dureza de este, como parte de un tratamiento de las caries²⁶.

En la práctica se plantea un experimento en conjunto con la Facultad de Odontología, en la que los alumnos aplicarán EDTA sobre piezas dentales, para la reducción del calcio en el esmalte de estas; posteriormente harán una evaluación del efecto del tratamiento. De esta forma conocerán diversas aplicaciones de los compuestos de coordinación y podrán evaluar las propiedades quelantes del EDTA.

Los alumnos evaluarán los cambios químicos del esmalte dental al irrigarse con EDTA, determinarán la reacción que tiene lugar en el tratamiento y la cantidad de calcio extraída de cada pieza.

2.1.2.1.3. Equilibrio redox

La reacción de Reducción – Oxidación, tiene una de sus principales aplicaciones en las baterías redox, que pueden ser electrolíticas o galvánicas. Las cuales son capaces de transformar energía química en energía eléctrica

²⁵ SKOOG, Douglas; WEST, Donald; HOLLER, James; CROUCH, Stanley. *Fundamentos de química analítica*. p. 279-400.

²⁶ SEGURA EGEA, Juan; JIMÉNEZ RUBIO-MANZANARES, Alicia; LLAMAS CADAVAL, Rafael; JIMÉNEZ PLANAS, Amparo. *El ácido etilén diamino tetraacético (EDTA) y su uso en endodoncia*. p. 90-97.

(galvánicas) o a la inversa (electrolíticas), debido a una transferencia de electrones²⁷.

Este experimento consiste en la construcción de una celda galvánica (Cinc-Cobre), a la cual deberán realizarle una prueba de voltaje y posteriormente deberán cuantificar el metal disuelto en las celdas por medio de electrogravimetría.

Los alumnos deberán determinar el voltaje promedio generado por la celda, las reacciones parciales y totales de la batería, y el avance de la reacción en cada una de las semiceldas.

2.1.2.1.4. Dureza temporal

La dureza temporal es debida a los bicarbonatos de calcio y de magnesio, que se encuentran disueltos en el agua, se le denomina temporal, porque puede eliminarse por medio de la ebullición. Esta es una variable de control muy importante en la calidad de agua para calderas, ya que estos compuestos suelen sedimentarse e incrustarse en el equipo.

La práctica consiste en evaluar la dureza temporal y alcalinidad del agua del servicio municipal, antes y después de aplicar un tratamiento de eliminación de dureza temporal, para comparar esta información con los parámetros de calidad del agua para calderas. Con este experimento se busca introducir al estudiante las normativas, estándares, reglas y leyes relacionadas a la calidad del agua, especialmente al agua para calderas (ASTM, ASME, ISO,

²⁷ SKOOG, Douglas; WEST, Donald; HOLLER, James; CROUCH, Stanley. *Fundamentos de química analítica*. p. 509-530.

COGUANOR, entre otros); para que sea capaz de tratar las durezas temporales y reconozca el riesgo que estas representan en los equipos.

El estudiante deberá determinar la dureza temporal y alcalinidad, antes y después de aplicar el tratamiento y evaluar el efecto de la ebullición en la muestra.

2.1.2.1.5. Cloruros en agua

Los cloruros son sales metálicas, que no generan un problema de potabilidad del agua, pero provocan daños en conductos y estructuras metálicas. Por estas razones es un parámetro de control importante en la calidad de agua para calderas.

El alumno deberá evaluar la concentración de cloruros disueltos en agua, por medio de los métodos de Mohr, Fajans y Mohr-Volhard, investigar otros métodos para cuantificar cloruros y los métodos para eliminarlos, especialmente en agua para calderas. Con esta práctica se continúa la evaluación de normas, especificaciones, entre otros, y se amplía la información sobre los tratamientos de agua para calderas.

El estudiante debe determinar si la muestra cumple con los parámetros de: agua para calderas, agua para uso agrícola y agua para consumo humano. Los alumnos también deben evaluar la precisión de estos métodos.

2.1.2.1.6. Dureza total

La dureza total es la suma de las durezas individuales, causadas por iones de calcio, magnesio, estroncio y bario. Estos minerales provocan sedimentación,

incrustación y otros daños. Se eliminan con mayor dificultad que las durezas temporales y son una variable de control en el agua para calderas.

La práctica es estructuralmente igual a la práctica de dureza temporal, sin embargo, la metodología difiere, el tratamiento que se aplicará al agua será un intercambio iónico con resina; al igual que la práctica anterior, deben evaluar la dureza total antes y después de este tratamiento. De esta forma el estudiante conocerá los parámetros de dureza total en agua para calderas, los métodos para reducirla y eliminarla, y los métodos complejométricos que se usan para estimar los valores de esta.

Los alumnos deberán determinar la dureza total por medio de métodos complejométricos y la concentración individual de los iones calcio y magnesio, antes y después del tratamiento; además deben describir las condiciones del agua por medio de las escalas y parámetros que se sugieran.

2.1.2.2. Variables de los experimentos

A continuación, se presenta una tabla con las variables de cada experimento.

Tabla III. **Variables dependientes e independientes de los experimentos**

Experimento	Variables independientes	Variables dependientes
Solubilidad y formación de cristales	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración inicial • Temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración final • Solubilidad
EDTA como agente quelante	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de EDTA aplicado • Tiempo de exposición 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de calcio extraído
Baterías redox	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de sal en la celda 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de la batería • Avance de reacción

Continuación de la tabla III.

Experimento	Variables independientes	Variables dependientes
Evaluación de dureza temporal y alcalinidad en agua de calderas	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de carbonatos • Concentración de álcalis 	<ul style="list-style-type: none"> • Dureza temporal • Volumen de neutralización • pH
Evaluación de cloruros en agua de calderas	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de cloruros 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
Dureza total en agua de calderas	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de calcio • Concentración de magnesio 	<ul style="list-style-type: none"> • Dureza total • Volumen de neutralización • pH

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.3. Equipo, instrumentos y materiales de los experimentos

En este laboratorio el estudiante experimenta con una mayor variedad de reactivos, ya que el análisis de agua requiere una amplia gama de indicadores que tienen un rango de pH variado y porque se requieren métodos gravimétricos más complejos.

Tabla IV. **Equipo, instrumentos y materiales de los experimentos**

Experimento	Equipo	Instrumentos	Reactivos
Solubilidad y formación de cristales	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Hornilla con agitación • Termómetro • Filtro al vacío 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Beaker</i> 250 mL • <i>Beaker</i> 600 mL • Magnetos de agitación • Palangana • Papel filtro • Piseta • Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Azúcar • Hielo de agua

Continuación de la tabla IV.

Experimento	Equipo	Instrumentos	Reactivos
EDTA como agente quelante	<ul style="list-style-type: none"> Balanza 	<ul style="list-style-type: none"> Balón aforado 50 mL Beaker 250 mL Bureta 25 mL Gradilla Pinza mariposa Pinzas Probeta 25 mL Soporte universal Tubos de ensayo 20 mL Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Agua destilada EDTA Hidróxido de sodio Piezas dentales
Evaluación de dureza temporal y alcalinidad en agua de calderas	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Hornilla Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Beaker 1 L Beaker 250 mL Bureta 25 mL Matraz Erlenmeyer 250 mL Pinza de mariposa Probeta 100 mL Soporte universal Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Ácido clorhídrico Agua de grifo Biftalato ácido de potasio Hidróxido de sodio Indicador
Evaluación de cloruros en agua de calderas	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Beaker 250 mL Bureta 25 mL Matraz erlenmeyer 250 mL Pinza de mariposa Pipeta 10 mL Probeta 25 mL Soporte universal Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Ácido nítrico concentrado Cloruro de sodio Fluoresceína Indicador cromato de potasio Indicador de hierro III Nitrato de plata Tiocianato de potasio
Dureza total en agua de calderas	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Beaker 250 mL Bureta 25 mL Matraz erlenmeyer 250 mL Pinza de mariposa Pipeta serológica 10 mL Probeta 25 mL Soporte universal Varilla de agitación Vidrio de reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Cloruro de calcio Cloruro de magnesio EDTA Hidróxido de sodio Indicador Calcón Indicador negro de eriocromo T Resina iónica Solución buffer pH=10+0,1

Fuente: elaboración propia.

2.2. Factibilidad de las prácticas

La factibilidad de las prácticas depende de la metodología con la que se aborda cada temática, las mismas fueron probadas en Laboratorio del Área de Química o Laboratorio de Aguas de EMPAGUA, en el Edificio T5 de la Ciudad Universitaria Zona 12.

Con el fin de permitir que los estudiantes puedan tener el mayor contacto posible con el experimento, deberán adaptarse los experimentos para que cada alumno tenga la oportunidad de realizar el experimento, para esto se tendrá una repetición por cada estudiante (n = número de estudiantes).

Las metodologías que resultaron de estas pruebas se exponen a continuación para cada una de las prácticas.

2.2.1. Análisis cualitativo

En las prácticas de análisis cualitativo se utilizan métodos simplificados de análisis que se asemejan a los aplicados en los laboratorios de Control de Calidad y en algunos casos se toman métodos de síntesis aplicados en la fabricación de productos como en la práctica “Fertilizantes”.

2.2.1.1. Identificación de muestras

Al inicio de la práctica los alumnos deben contar con “ n ” muestras de especies ácidas o básicas a diferentes concentraciones, estas deben ser preparadas por el instructor o el auxiliar del laboratorio, los alumnos no pueden conocer la especie ni la concentración de las muestras, y deberán empezar la identificación sin ninguna información específica. Las soluciones por identificar

se deben preparar con concentraciones entre 1,5 M y 0,1 M y se necesitarán 100 mL de cada solución por equipo.

- Preparar 200 mL de solución HCl 0,1 M y 200 mL de solución NaOH 0,1 M.
- Armar un sistema de valoración por equipo (de ser posible tener más de uno, armar cuantos se puedan por equipo).
- Cada integrante del equipo debe seleccionar una muestra y tomar una alícuota de 20 mL de esta.
- Calibrar el potenciómetro bajo la supervisión del instructor o su auxiliar, utilizando las tres soluciones buffer correspondientes a pH=4,0, pH=7,0 y pH=10,0.
- Tomar el pH de su muestra y anotar este valor en su hoja de datos originales.
- Añadir el indicador adecuado para el rango de pH de la valoración.
- Si el pH es menor a 7, titular la muestra con la solución de NaOH.
- Si el pH es mayor a 7, titular la muestra con la solución de HCl.
- Medir el volumen de gasto y anotar esta medición.
- Cada integrante debe repetir los incisos del 5 al 9, cinco veces con su muestra.

2.2.1.2. Caracterización de la acidez de la aspirina

- Preparar 200 mL de solución NaOH 0,1 M en agua
- Triturar "n" comprimidos en un mortero, por separado.
- Cada comprimido se debe diluir en 50 mL de etanol
- Armar el sistema de valoración.
- Tomar 50 mL de la solución de aspirina en etanol, trasladarla a un matraz erlenmeyer y añadir una o dos gotas de indicador.

- Medir el pH de la solución antes de iniciar la titulación y medirla de nuevo cada vez que se añada 1 mL. Cuando el pH se acerque a 6, debe medir el pH cada vez que se añada una gota de titulante.
- Terminar la titulación cuando el pH llegue a 10.
- Medir el volumen de gasto cada vez que se mida el pH y ambos datos deben ser anotados en la hoja de datos originales.
- Cada integrante del equipo debe repetir los pasos 6 al 9.

2.2.1.3. Diagrama de Flood

- Preparar 50 mL de solución NaOH 1 M y 50 mL de solución HCl 1 M.
- Preparar 250 mL de solución NaOH 0,1 M y 250 mL de solución HCl 0,1 M.
- Armar el sistema de titulación.
- Tomar 25 mL de destapacaños con base de NaOH.

Tabla V. Diluciones para la construcción del diagrama de Flood

Dilución	Concentración (M)
1	1
2	0,1
3	0,01
4	0,001
5	0,0001
6	0,00001
7	0,000001
8	0,0000001
9	0,00000001
10	0,000000001
11	0,0000000001

Fuente: elaboración propia.

- Titular el destapacaños con la solución HCl 0,1 M y determinar la concentración de NaOH presente en el producto.
- Tomar 25 mL de desinfectante con base de HCl.
- Titular el desinfectante con la solución NaOH 0,1 M y determinar la concentración de HCl presente en el producto.
- Cada alumno debe preparar al menos dos diluciones de la Tabla 5, a partir de las soluciones 1 M del primer paso.
- Medir el pH de cada solución preparada y anotar la información adquirida.
- Tomar el pH de cada solución al menos cinco veces, de preferencia hidratar el electrodo luego de cada medición y secarlo con papel mayordomo cuidadosamente.
- Repetir los pasos 8 al 10, preparando las diluciones de la Tabla 5, a partir de los productos comerciales.

2.2.1.4. Coagulación, floculación y sedimentación

- Los alumnos deben tomar una muestra de agua de río o agua con arcilla de al menos 5 L, según el número de integrantes.
- Homogenizar la muestra por medio de agitación.
- Tomar “n” muestras de 500 mL.
- Agitar constantemente la muestra durante el resto del proceso, en el agitador magnético.
- Preparar las soluciones de sulfato de aluminio que se muestran en la Tabla VI.
- Medir el pH de cada solución preparada.
- A cada muestra se le debe dosificar una de las soluciones de sulfato de aluminio, identificando correctamente cada una.
- Agitar la muestra constantemente en una hornilla con agitación magnética.
- Detener la agitación luego de 15 min.

- Dejar que las mezclas se sedimenten.
- Separar el agua aclarada de los flóculos cuidadosamente.
- Medir la masa y volumen de los flóculos formados.
- Repetir los pasos 2 a 12, dos veces.

Tabla VI. **Concentración de las soluciones de sulfato de aluminio**

Solución	Concentración (mg/L)
1	60
2	65
3	70
4	75
5	80

Nota: Estos rangos aplican para agua tomada de ríos de la ciudad de Guatemala en invierno. Se puede consultar el rango de dosificación con Ing. Zenón Much, del laboratorio de EMPAGUA en USAC.

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.5. Sales hidrolizables

- Preparar 100 mL de soluciones 1 M de cada una de las siguientes sales: cloruro de sodio (NaCl), cloruro de amonio (NH₄Cl), acetato de sodio (CH₃COONa) y acetato de amonio (CH₃COONH₄).
- Tomar 20 mL de cada solución salina.
- Medir el pH de cada solución, cinco veces, limpiando el electrodo en cada medición.
- Repetir “2n” veces, disminuyendo la concentración de las soluciones salinas una décima en cada repetición (obteniendo las concentraciones: 1 M, 0,1 M, 0,01 M, 0,001 M, entre otros).

2.2.1.6. Estabilizadores de pH en cosmética

Los alumnos como parte de su protocolo deben investigar el pH adecuado para productos cosméticos que se aplican en la zona facial.

- Los alumnos deben preparar una crema facial en frío siguiendo las instrucciones brindadas por la Distribuidora el Caribe o Quimiprova, según donde adquieran el *kit*.
- Medir el pH del cosmético preparado.
- Si el pH del cosmético se encuentra por debajo de 4, añadir 1 mL de solución NaHCO_3 0,1 M, hasta estabilizar el pH entre 4 y 5.
- Si el pH del cosmético se encuentra por arriba de 5, se añadir 1 mL de $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ 0,1 M, hasta estabilizar el pH entre 4 y 5.
- Preparar 25 mL de solución buffer de ácido acético con CH_3COONa 2M y CH_3COOH 2M.
- Preparar 50 mL de solución NaOH 0,1 M.
- Tomar una muestra de 50 mL del producto cosmético con pH entre 4 y 5.
- Añadir 0,5 mL de solución buffer
- Aplicar una descarga de 1 mL de la solución NaOH 0,1 M.
- Medir el pH del producto.
- Repetir los pasos 9 y 10, “n” veces, añadiendo 1 mL más en cada repetición.

2.2.1.7. Fertilizantes

- Preparar 100 mL de solución de ácido fosfórico 2M
- Preparar 150 mL de solución de amoníaco 2M
- Tomar una alícuota de 25 mL ácido fosfórico 2M

- Neutralizar la alícuota con 25 mL de amoníaco 1 M, medir el pH luego de cada 1 mL agregado, agitar bien la muestra.
- Medir el pH de la solución al finalizar la neutralización, tomar cinco veces esta medida, en intervalos de 30s, aproximadamente.
- Repetir los pasos 3 a 5, tres veces, aumentando el volumen de amoníaco 2M, que se utiliza en la reacción de neutralización, en 25 mL cada vez.
- Compartir los datos obtenidos entre equipos.

2.2.1.8. Análisis de acidez de jugos frutales

- Preparar 100 mL de solución NaOH 0,01 M
- Tomar una muestra de 10 mL de jugo frutal
- Titular el jugo con la solución NaOH 0,01 M y simultáneamente medir el pH de la solución con cada 1 mL añadido.
- Cuando el pH se acerque a 5, medir pH luego de añadir cada gota.
- Repetir los pasos 2 al 4, “n” veces.

2.2.2. Análisis cuantitativo

En las prácticas de análisis cualitativo se aplican métodos de cuantificación aplicados a la calidad del agua para calderas, que serán de gran utilidad en cualquier rama de la ingeniería química.

2.2.2.1. Solubilidad y formación de cristales

- Preparar 5 soluciones de 490g de sacarosa/100g de agua (a 20 °C, aproximadamente).
- Preparar un baño de hielo, con una temperatura menor a 10 °C (se puede añadir sal para disminuir la temperatura del hielo).

- Enfriar la primera solución hasta 10 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
- Mantener la segunda solución a 20 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
- Calentar la tercera solución hasta 40 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
- Calentar la cuarta solución hasta 70 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
- Calentar la quinta solución hasta 100 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
- Luego de haber llevado cada solución a un punto de saturación diferente, dejar que todas las soluciones vuelvan a la temperatura ambiente y compararán las propiedades organolépticas de las soluciones.
- Compartir los datos obtenidos entre equipos.

2.2.2.2. EDTA como agente quelante

- Preparar 50 mL de las siguientes soluciones de EDTA en la tabla VII
- Estandarizar cada una de las soluciones

Tabla VII. **Soluciones de EDTA para tratamiento de la dentina**

Solución	Concentración (en porcentaje)
1	5 %
2	10 %
3	17 %

Fuente: elaboración propia.

- Colocar las piezas dentales en tubos de ensayo, una por tubo, en total se requieren 9 piezas dentales. Debe verificar que los tubos estén propiamente identificados y que las piezas sean aproximadamente iguales.
- Aplicar 15 mL de solución No. 1 a tres tubos de ensayo, 15 mL de solución No. 2 a los siguientes tres tubos de ensayo y 15 mL de solución No. 3 a los últimos tres tubos de ensayo.
- Dejar reposar las piezas en las soluciones por 10min, 20min y 30min; como se muestra en la Tabla VIII.
- Extraer las piezas dentales de los tubos de ensayo, sin desechar la solución de EDTA en estos.
- Preparar 500 mL solución de hidróxido de sodio 0,05 M estándar.
- Añadir fenolftaleína a cada solución, como indicador.
- Titular cada muestra (solución EDTA) con la solución de hidróxido de sodio, hasta que vire.
- Medir el volumen de gasto en cada una de las muestras y determinar la cantidad de calcio extraída de cada pieza dental.

Tabla VIII. **Distribución de muestras, tiempos de exposición y dosis**

Muestra	Solución	Tiempo de exposición (min)
1	1	10
2	1	20
3	1	30
4	2	10
5	2	20
6	2	30
7	3	10
8	3	20
9	3	30

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.3. Batería redox

- Preparar una solución saturada de cloruro de sodio
- Colocar un trozo rectangular (largo) de papel filtro en la solución saturada, dejar reposar 10min, hasta que el papel esté completamente mojado, eliminar el exceso de humedad cuidadosamente.
- Preparar 250 mL de soluciones 1 M de sulfato de cinc y sulfato de cobre.
- Cada solución se colocará en un *beaker* de 250 mL.
- Pesar las piezas de cinc y cobre.
- Colocar la pieza de cinc en el *beaker* con sulfato de cinc y la pieza de cobre en el *beaker* con sulfato de cobre, conectadas entre sí por medio del cable conductor.
- Colocar el puente salino de papel filtro entre ambos *beaker*, asegurando que cada extremo esté sumergido en la solución respectiva.
- Conectar un extremo del multímetro en la pieza de cobre y el otro extremo en la pieza de cinc, tomar las medidas del voltaje medido según la Tabla IX.

Tabla IX. **Medidas de voltaje generado por la batería redox**

Tiempo (s)	Voltaje (mV)
0	
30	
60	
90	
120	

Fuente: elaboración propia.

- Al finalizar la medición de voltajes desconectar el voltímetro, quitar el puente salino y extraer las piezas metálicas de las semiceldas.

- Pesar las piezas de cinc y cobre.
- A la solución de sulfato de cobre, añadir 25 % más de masa de cinc con respecto a la cantidad de sulfato de cobre añadido inicialmente y mezclar con el agitador magnético.
- Añadir también 30 % más de masa de ácido clorhídrico con respecto a la cantidad de sulfato de cobre añadido al inicio y nuevamente se mezclará con el agitador magnético.
- Dejar reposar la reacción por 20min, esperando que se forme un precipitado.
- Filtrar el precipitado al vacío y lavarlo tres veces.
- Secar el filtrado a 120 °C por 24 h.
- Pesar el sólido recuperado.

2.2.2.4. Evaluación de dureza temporal y alcalinidad de agua de calderas

En esta práctica se plantea el uso de blancos, para eliminar la interferencia del agua desmineralizada, que no suele tener la misma pureza que el agua destilada; en caso de utilizar agua destilada, no se requiere la titulación de los blancos, en este caso únicamente se deben añadir 10 mL de HCl 0,1 M para asegurar la coloración del viraje.

- Tomarán una muestra de 2 L de agua del grifo bien homogeneizada
- Preparar 200 mL de solución HCl 0,1 M y estandarizarla
- Medir pH de la muestra de agua
- Para determinar cantidad de hidróxido de sodio
 - Titular con HCl 0,1 M un blanco de 25 mL de agua desmineralizada, con una o dos gotas de fenolftaleína.

- Medir el volumen de gasto en el blanco.
- Tomar 10 mL de la muestra original y colocarla en un matraz erlenmeyer.
- Agregar 25 de agua desmineralizada a la muestra.
- Añadir una o dos gotas de fenolftaleína a la muestra.
- Titular la muestra con HCl 0,1 M hasta el punto de viraje.
- Medir volumen de gasto.

- Para determinar cantidad de carbonato de sodio
 - Titular con HCl 0,1 M el mismo blanco de agua desmineralizada, con una o dos gotas de naranja de metilo.
 - Medir el volumen de gasto en el blanco.
 - Tomar 10 mL de la muestra original y colocarla en un matraz erlenmeyer.
 - Agregar 25 mL de agua desmineralizada a la muestra.
 - Añadir una o dos gotas de fenolftaleína y titular con HCl 0,1 M hasta el punto de viraje.
 - Medir volumen de gasto.
 - Añadir una o dos gotas de naranja de metilo.
 - Continuar titulación hasta que vire el segundo indicador.
 - Medir el volumen de gasto.

- Para determinar la cantidad de bicarbonato de sodio
 - Titular con HCl 0,1 M un nuevo blanco de 25 mL de agua desmineralizada, con una o dos gotas de naranja de metilo.
 - Titular con HCl 0,1 M el blanco de agua desmineralizada, con una o dos gotas de fenolftaleína.

- Medir el volumen de gasto en cada titulación del blanco.
 - Tomar 10 mL de la muestra original y colocarla en un matraz erlenmeyer.
 - Agregar 25 mL de agua desmineralizada a la muestra.
 - Añadir una o dos gotas de naranja de metilo y titular con HCl 0,1 M hasta el punto de viraje.
 - Medir volumen de gasto.
 - Añadir una o dos gotas de fenolftaleína.
 - Continuar titulación hasta que vire el segundo indicador.
 - Medir el volumen de gasto.
- Para determinar cantidad de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio
 - Titular con HCl 0,1 M el mismo blanco de agua desmineralizada, con una o dos gotas de fenolftaleína.
 - Titular con HCl 0,1 M un blanco de 25 mL de agua desmineralizada, con una o dos gotas de naranja de metilo.
 - Medir volumen de gasto en cada titulación del blanco.
 - Tomar 10 mL de la muestra original y colocarla en un matraz erlenmeyer.
 - Agregar 25 mL de agua desmineralizada a la muestra.
 - Añadir una o dos gotas de fenolftaleína y titular con HCl 0,1 M hasta el punto de viraje.
 - Medir volumen de gasto.
 - Añadir una o dos gotas de naranja de metilo.
 - Continuar titulación hasta que vire el segundo indicador.
 - Medir el volumen de gasto.

- Para determinar la dureza temporal
 - Tomar 25 mL de la muestra original y colocarla en un erlenmeyer
 - Añadir una o dos gotas de fenolftaleína y titular con HCl 0,1 M hasta el punto de viraje.
 - Medir volumen de gasto.
 - Añadir una o dos gotas de naranja de metilo.
 - Continuar titulación hasta que vire el segundo indicador.
 - Medir el volumen de gasto.

- Colocar 1 L de la muestra original en una hornilla de calentamiento y llevar al punto de ebullición, esperar 15 min y apagar la hornilla de calentamiento.
- Filtrar el agua al vacío de inmediato, con precaución, ya que esta estará caliente.
- Repetir los pasos del 3 al 8 en el agua tratada.

2.2.2.5. Evaluación de cloruros en agua de calderas

- Preparar 100 mL de solución NaCl 0,05 M
- Preparar 25 mL de solución patrón de AgNO₃ 0,1 M
- Preparar una solución KSCN 0,1 M
- Método de Mohr
 - Colocar 10 mL de solución de NaCl 0,05 M en un erlenmeyer
 - Medir pH de la muestra
 - Añadir una o dos gotas de cromato de potasio o cromato de sodio
 - Valorar con una solución patrón de AgNO₃ 0,1 M
 - Detener la titulación cuando aparezca el color teja del cromato de plata.

- Método de Fajans
 - Colocar 10 mL de solución NaCl 0,05 M en un erlenmeyer
 - Medir pH de la muestra
 - Añadir indicador de fluoresceína
 - Valorar la solución patrón de AgNO₃ 0,1 M hasta la primera aparición del color rosado del indicador.

- Método de Mohr-Volhard
 - Colocar 10 mL de solución NaCl 0,05 M en un erlenmeyer
 - Medir pH de la muestra
 - Añadir 20 mL de solución patrón de AgNO₃ 0,1 M
 - Acidificar la muestra con 1 mL de ácido nítrico concentrado.
 - Agregar 0,5 mL de FeCl₃ y agitar vigorosamente
 - Valorar el exceso de nitrato de plata con KSCN 0,1 M, hasta que el color del complejo formado sea permanente.

2.2.2.6. Dureza total en agua de calderas

- Preparar 25 mL de las soluciones MgCl₂ 0,01 M y CaCl₂ 0,01 M
- Preparar y estandarizar una solución de 200 mL de EDTA 0,01 M
- Preparar 50 mL de solución NaOH 1 M
- Tomar una muestra de 300 mL de agua de grifo
- Colocar 150 mL de la muestra de agua de grifo (por equipo), en el tanque suavizador y dejarla en el tanque por al menos 20min, puede consultar su uso en el Manual de uso y mantenimiento del tanque suavizador.
- Para determinar la cantidad de calcio.

- Preparar un blanco de 6 mL agua desmineralizada, agregar 10 mL de NaOH 1 M, 4 gotas de indicador de Calcón y entre 5 a 10 mL de EDTA 0,01 M.
 - Tomar 6 mL de la solución CaCl_2 0,01 M y colocarla en un erlenmeyer.
 - Medir pH de la muestra.
 - Agregar 10 mL de NaOH 1 M.
 - Añadir 4 gotas de indicador de Calcón, observar el color rojizo de la solución.
 - Titular con EDTA 0,01 M, hasta que la muestra alcance la coloración del blanco.
 - Dejar reposar la muestra por 5 Min, si esta mantiene su color alcanzo el punto de viraje, si su color vuelve a ser rojizo debe continuarse la titulación hasta alcanzar nuevamente el color del blanco.
-
- Para determinar la cantidad de magnesio
 - Preparar un blanco de 16 mL agua desmineralizada, agregar 10 mL de buffer amoniacal, 4 gotas de indicador negro de eriocromo t y entre 5 a 10 mL de EDTA 0,01 M.
 - Tomar 6 mL de la solución MgCl_2 0,01 M y colocarla en un erlenmeyer.
 - Medir pH de la muestra.
 - Agregar 10 mL de buffer amoniacal.
 - Añadir 10 mL de agua desmineralizada.
 - Añadir 4 gotas de indicador negro de eriocromo t, observar el color rojizo de la solución.

- Titular con EDTA 0,01 M, hasta que la muestra alcance la coloración del blanco.
- Dejar reposar la muestra por 5 Min, si esta mantiene su color alcanzo el punto de viraje, si su color vuelve a ser rojizo debe continuarse la titulación hasta alcanzar nuevamente el color del blanco.
- Determinar la dureza del agua de grifo
 - Preparar un blanco de 60 mL de agua desmineralizada, 15 mL de buffer amoniacal, 4 gotas de negro de eriocromo t y entre 5 a 10 mL de EDTA 0,01 M.
 - Tomar 50 mL de agua del grifo, colocarlos en un erlenmeyer.
 - Medir pH de la muestra.
 - Agregar 15 mL de buffer amoniacal.
 - Añadir 10 mL de agua desmineralizada.
 - Añadir 4 gotas de negro de eriocromo t, observar el color rojizo de la muestra.
 - Titular con EDTA 0,01 M, hasta que alcance la coloración del blanco.
 - Dejar reposar la muestra 5 Min, si esta mantiene su color alcanzo el punto de viraje, si su color vuelve a ser rojizo debe continuarse la titulación hasta alcanzar nuevamente el color del blanco.
 - Preparar un segundo blanco con 50 mL de agua desmineralizada, 20 mL de NaOH 1 M, 4 gotas de indicador de Calcón y de 5 a 10 mL de EDTA 0,01 M.
 - Tomar 50 mL de agua del grifo, colocarlos en un erlenmeyer.
 - Medir pH de la muestra.
 - Agregar 20 mL de NaOH 1 M.

- Añadir 4 gotas de indicador de Calcón, observar el color rojizo de la muestra.
 - Titular con EDTA 0,01 M, hasta que alcance la coloración del blanco.
 - Dejar reposar la muestra 5 Min, si esta mantiene su color alcanzo el punto de viraje, si su color vuelve a ser rojizo debe continuarse la titulación hasta alcanzar nuevamente el color del blanco.
- Repetir el procedimiento del paso 8 en la muestra tratada en el tanque suavizador.
 - Compartir los datos obtenidos entre equipos.

Tabla X. **Formas de expresar la dureza temporal y conversión**

	mmol/L	mval/L	°Aleman	ppm de CaCO ₃	°Inglés	°Francés
mmol/L	1	2	5,6	100	7,02	10
mval/L	0,5	1	2,8	50	3,51	5
°Aleman	0,18	0,357	1	17,8	1,25	1,78
ppm de CaCO ₃	0,01	0,02	0,056	1	0,07	0,1
°Inglés	0,14	0,285	0,8	14,2	1	1,45
°Francés	0,1	0,2	0,56	10	0,702	1

Fuente: Facultad de Ingeniería. *Instructivo análisis cuantitativo EIQQ-M-AI-009 - 2018.*
<https://www.studocu.com/gt/document/universidad-de-san-carlos-de-guatemala/quimica-organ/instructivo-detallado-de-quimica-organica-uno/22639511>. Consulta: 20 de octubre de 2020.

Tabla XI. **Parámetros de dureza total de agua**

Dureza total (°Alemanes)	Descripción
0-4	Agua muy blanda
4-8	Agua blanda
8-18	Agua semidura
18-30	Agua dura

Fuente: Facultad de Ingeniería. *Instructivo análisis cuantitativo EIQQ-M-AI-009 - 2018*.
<https://www.studocu.com/gt/document/universidad-de-san-carlos-de-guatemala/quimica-organ/instructivo-detallado-de-quimica-organica-uno/22639511>. Consulta: 20 de octubre de 2020.

2.3. Desarrollo de material didáctico

En la didáctica las herramientas que se utilizan para transmitir el conocimiento suelen ser la pieza más importante para llegar a todos los alumnos, porque cada uno aprende de una forma distinta, y mientras mayor sea el número de herramientas mayor será la probabilidad de lograr el aprendizaje de todo el grupo.

2.3.1. Plataforma virtual

Con el fin de guiar y apoyar al estudiante se empleará la plataforma virtual *Notion* que funciona como un tablero digital en el cual se expone toda la información necesaria para comprender los experimentos y la teoría detrás de ellos.

Para ingresar a la plataforma, no es necesario crear una cuenta. Sin embargo, crear una cuenta le permitirá al estudiante tener su propio tablero en la aplicación y aprovechar mejor todas las herramientas que brinda la plataforma.

2.3.1.1. Espacios de trabajo en *Notion*

Cada curso cuenta con su propio espacio de trabajo o tablero, únicamente el administrador puede acceder a ambos tableros, ya que estos le pertenecen; los estudiantes únicamente pueden acceder a ellos por medio del enlace o código QR correspondiente a cada tablero.

Ambos espacios de trabajo cuentan con un resumen de las prácticas del curso, con su código, título y temática; se incluye una copia digital del manual de laboratorio del curso y en la parte inferior se encuentran las páginas de los experimentos.

Figura 1. Espacio de trabajo Análisis Cualitativo



Nota: el enlace y código QR a esta página se encuentra en el Anexo B, a.

Fuente: elaboración propia, empleando *Notion* 2022.

Figura 2. **Espacio de trabajo Análisis Cuantitativo**

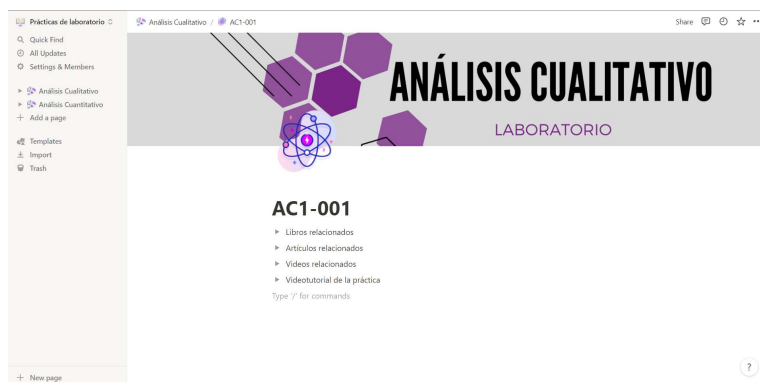


Nota: El enlace y código QR a esta página se encuentra en el Anexo B, b.

Fuente: elaboración propia, empleando *Notion 2022*.

En la página de cada experimento se encuentran cuatro listas desplegables con libros, artículos, videos y el videotutorial de la práctica de laboratorio. Con esta información los alumnos podrán tener toda la información que necesitan para realizar su protocolo, práctica y reporte.

Figura 3. **Página del experimento AC1-001**



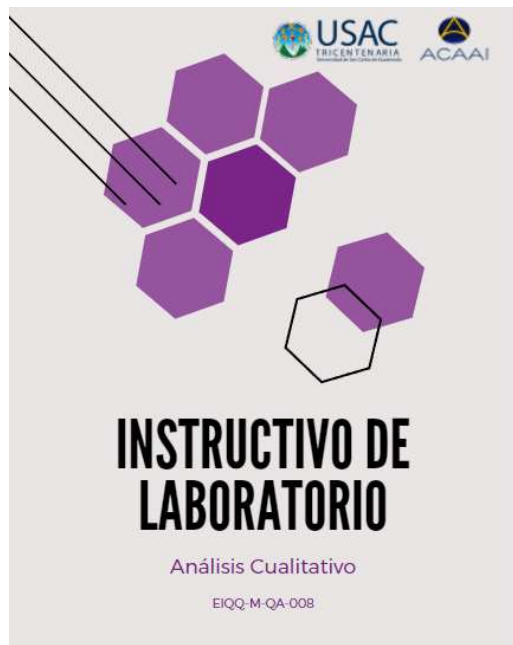
Fuente: elaboración propia, empleando *Notion 2022*.

El manejo de la plataforma virtual será responsabilidad de los auxiliares de laboratorio o catedráticos del área, por lo que la dirección de correo electrónico y contraseña se entregará al Área de Química, al haberse aprobado este trabajo de graduación.

2.3.2. Manuales de laboratorio

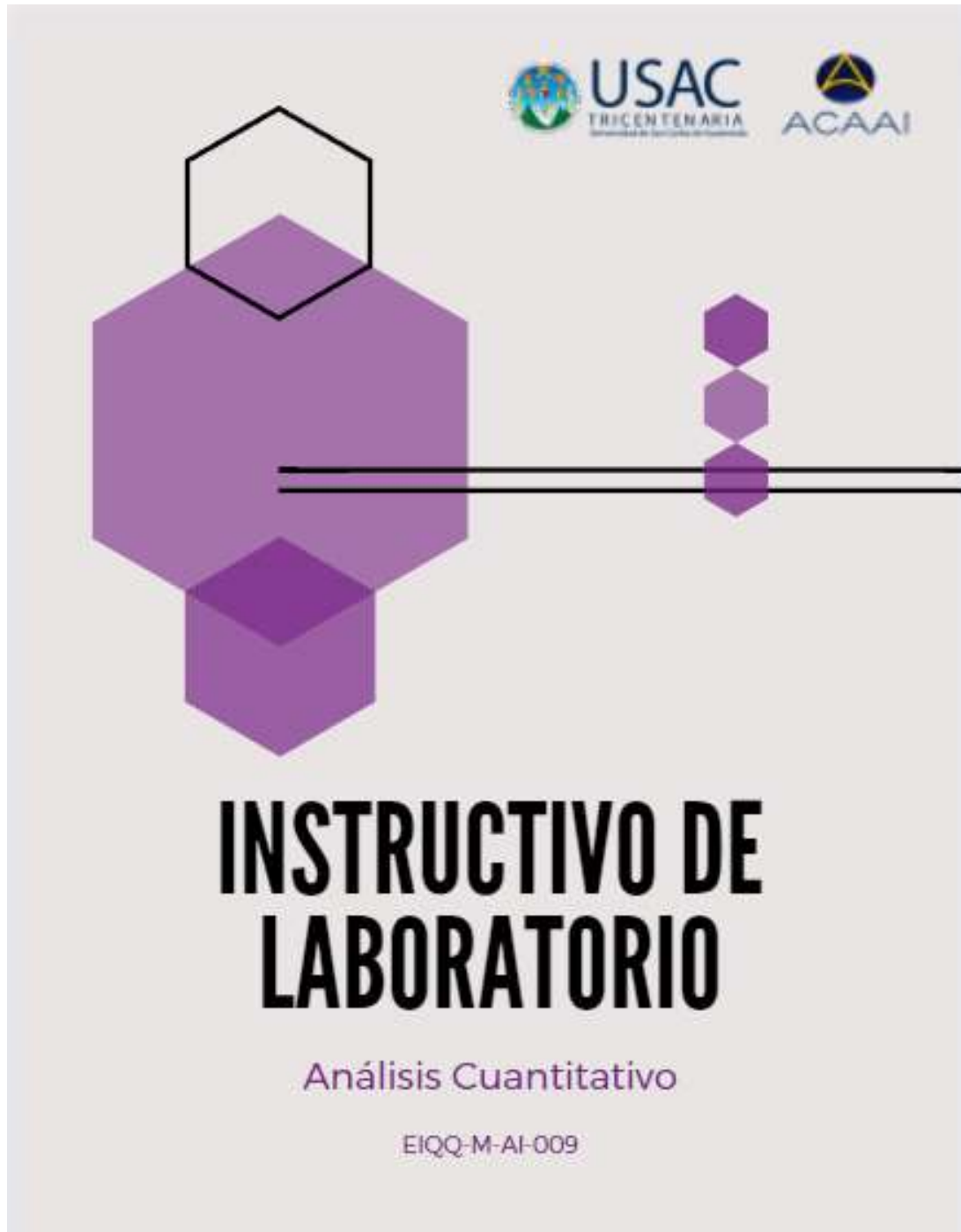
Los manuales de laboratorio tienen como objetivo detallar las prácticas de laboratorio de cada curso, en este se describe la metodología que se aplicará en cada práctica de laboratorio, detalla los resultados que deben obtener y reportar los estudiantes y guía a los estudiantes durante todo el proceso.

Figura 4. Portada de los manuales de laboratorio



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

Figura 5. Portada del manual de laboratorio de Análisis Cuantitativo



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

Figura 6. Estructura de las prácticas de laboratorio en el manual, AC1-001

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

AC1-001

OBJETIVO GENERAL

Introducir al estudiante en los métodos de análisis volumétrico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Que del estudiante sea capaz de emplear el equipo y material de laboratorio de forma correcta para aplicar métodos volumétricos.
2. Que el estudiante conozca los diversos indicadores que pueden ser usados en los análisis volumétricos y sus rangos de viraje.
3. Que el estudiante sea capaz de relacionar la información obtenida en el laboratorio con los algoritmos de cálculo aprendidos en clase, para analizar sus resultados.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Potenciómetro
 - Balanza
- Cristalería e instrumentos
 - 1 Probeta 25mL
 - 1 Soporte universal
 - 1 Pinza de mariposa
 - 1 Bureta 50mL
 - 5 Matraz Erlen Meyer 250mL
- Reactivos
 - Ácido clorhídrico
 - Hidróxido de sodio
 - Naranja de metilo
 - Fenolftaleína
 - Azul de metileno

GENERALIDADES

Se plantea un experimento donde el estudiante podrá interactuar con el instrumental que usará durante el semestre, también se introduce el tema de los indicadores de pH para la identificación de cambios en el pH durante los procesos de valoración. El título propuesto para esta práctica es "Identificación de muestras".

En la práctica de laboratorio el instructor preparará cinco soluciones de especies ácidas y/o básicas a distintas concentraciones, sin identificar la identidad de estas. Los alumnos deberán preparar una solución ácida y una básica para realizar las valoraciones de identificación. Posteriormente, tomarán alícuotas de cada una de cada muestra, medirán su pH por medio de un potenciómetro, evaluarán el rango de pH en el que se encuentra y seleccionarán el indicador de pH que necesitarán. Si el pH es menor a siete, deberán valorar la muestra con la solución básica; Si el pH es mayor a siete, la valoración se hará con una solución ácida.

El propósito de la práctica dentro de la formación del estudiante es introducirlo en los métodos de análisis volumétrico, con esta práctica será capaz de emplear el equipo e instrumentos de laboratorio que se requieren para las siguientes prácticas, conocerá los indicadores de pH que se aplican a diferentes rangos de pH y podrá relacionar los cálculos ejemplificados en la clase magistral con la información obtenida en el experimento

PROCEDIMIENTO

Al inicio de la práctica los alumnos ya deben contar con "n" muestras de especies ácidas y/o básicas a diferentes concentraciones, estas deben ser preparadas por el instructor o el auxiliar del laboratorio, los alumnos no pueden conocer la especie ni la concentración de las muestras, por lo que deberán empezar la identificación sin ninguna información específica.

1. Preparar 200mL de solución HCl 0,1M y 200mL de solución NaOH 0,1M.
2. Armar un sistema de valoración por equipo (de ser posible tener más de uno, armar cuantos se puedan por equipo).
3. Cada integrante del equipo debe seleccionar una muestra y tomar una alícuota de 20mL de esta.
4. Calibrar el potenciómetro bajo la supervisión del instructor o auxiliar, utilizando las tres soluciones buffer correspondientes a pH=4,0, pH=7,0 y pH=10,0.
5. Tomar el pH de su muestra y anotar este valor en su hoja de datos originales.
6. Añadir el indicador adecuado para el rango de pH de la valoración.
7. Si el pH es menor a 7 titular la muestra con la solución de NaOH.
8. Si el pH es mayor a 7 titular la muestra con la solución de HCl.
9. Medir el volumen de gasto y anotar esta medición.
10. Cada integrante del equipo debe repetir los incisos del 5 al 9, cinco veces, con su muestra.

REPORTE

Los resultados de la práctica pueden reportarse como un informe formal, para que el alumno comprenda la estructura y partes de este. Si el catedrático lo prefiere puede ser una práctica de reporte inmediato. Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Construir el sistema de análisis volumétrico.
2. Determinar la identidad de cada muestra.
3. Determinar la concentración de cada muestra.
4. Determinar el pH de cada muestra.

Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

El manual cuenta con instrucciones para el primer día de laboratorio y posteriormente se desarrolla la información de cada práctica con la siguiente estructura:

- Título y código de la práctica
- Objetivo didáctico general de la práctica
- Objetivos didácticos específicos de la práctica
- Equipo, instrumentos y reactivos
- Generalidades
- Procedimiento
- Reporte

Los manuales de laboratorio se diseñaron en *Canva* para facilitar el diseño de las páginas y portadas, el texto se tomó de este trabajo de graduación, con previa revisión ortográfica y gramatical. Se empleó una línea gráfica similar para distinguirlos entre sí, manteniendo la misma estructura en el contenido en ambos. Se mantiene el código del documento de la Escuela de Ingeniería Química, el logo de la universidad y el de ACAAI. Se respetó la codificación del documento para mantener los requisitos de la acreditación.

2.3.3. Videotutoriales

El manual se apoya de los videotutoriales para mostrarle a los alumnos toda la información de las prácticas y alguna información extra sobre reactivos, metodología y uso de la cristalería.

2.3.3.1. Contenido de los videos

Los videos comprenden casi todo el contenido del manual, inicia con el nombre del curso al que corresponde, el título de la práctica y el código de esta. Se muestran los objetivo general y específicos, posteriormente se muestra el equipo, instrumentos y reactivos de la práctica; si es necesario se aclaran condiciones previas al experimento o el rango de algunos indicadores.

El video muestra un corto resumen de las propiedades físicas y químicas importantes de los reactivos que se emplean en la práctica, también se incluye el rombo NFPA 704 de cada uno y sus respectivos pictogramas.

Los videos ejemplifican algunas operaciones importantes que se repetirán a lo largo de las prácticas, como la calibración del potenciómetro, titulaciones y preparación de soluciones a distintas concentraciones.

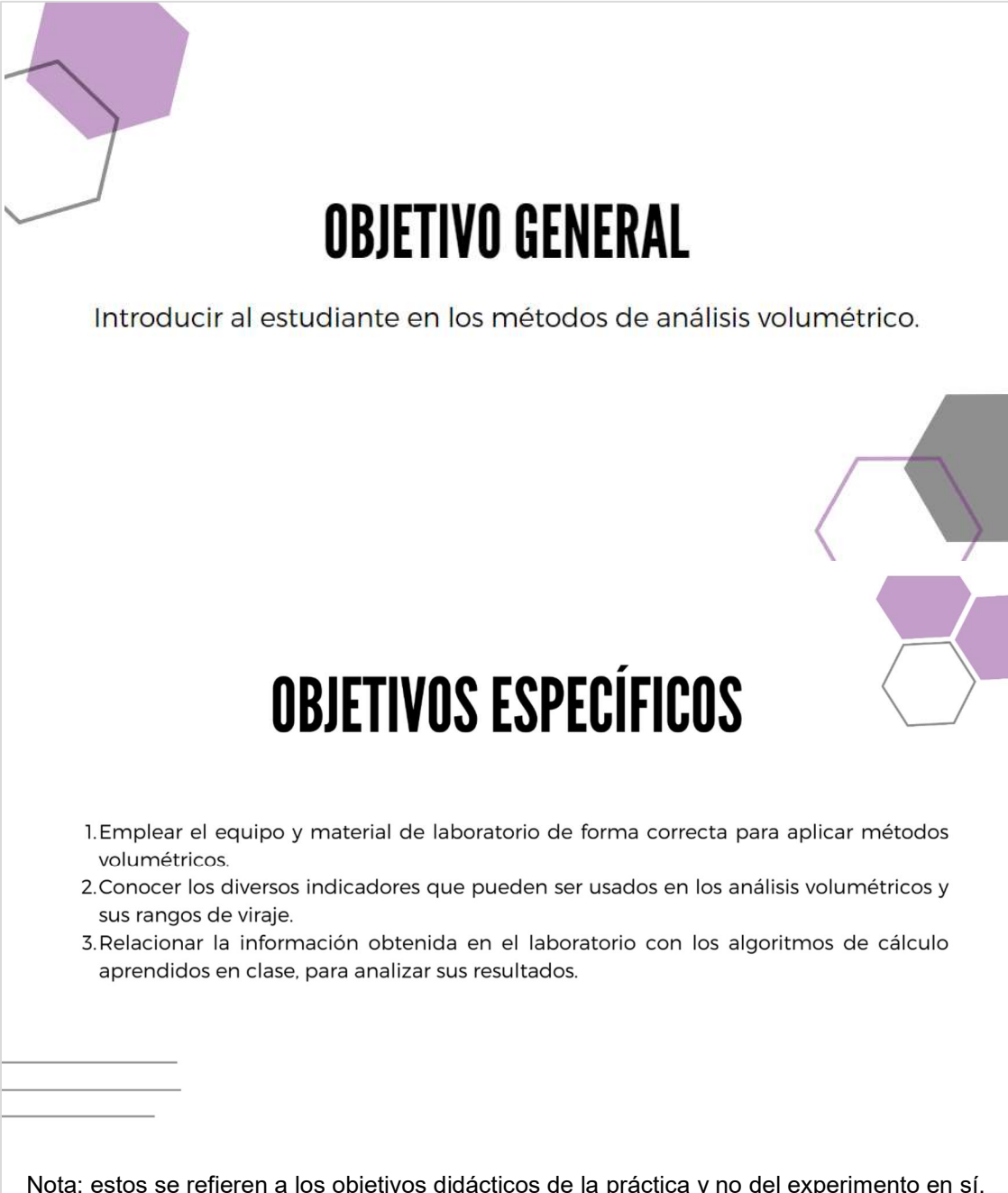
Figura 7. Portada del videotutorial AC1-001



Nota: el material didáctico se trabajó en la aplicación Canva, junto a los manuales de laboratorio.

Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

Figura 8. **Objetivo general y objetivos específicos de la práctica AC1-001 en el videotutorial**



OBJETIVO GENERAL

Introducir al estudiante en los métodos de análisis volumétrico.

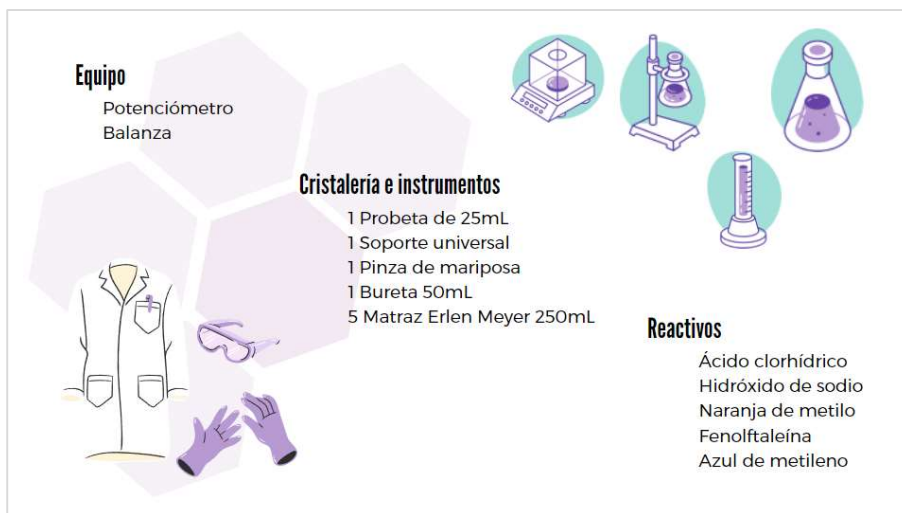
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Emplear el equipo y material de laboratorio de forma correcta para aplicar métodos volumétricos.
2. Conocer los diversos indicadores que pueden ser usados en los análisis volumétricos y sus rangos de viraje.
3. Relacionar la información obtenida en el laboratorio con los algoritmos de cálculo aprendidos en clase, para analizar sus resultados.

Nota: estos se refieren a los objetivos didácticos de la práctica y no del experimento en sí.

Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

Figura 9. **Equipo, instrumentos, cristalería y reactivos de la práctica AC1-001 en el videotutorial**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

Figura 10. **Rango de viraje de indicadores en videotutorial de la práctica AC1-001**




Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

Figura 11. **Propiedades físicas y químicas ácido clorhídrico, para el videotutorial de la práctica AC1-001**

Ácido clorhídrico fumante (HCl 37%)

Estado de agregación: líquido
Color: incoloro
Olor: picante
Umbral de olor: 0,8 a 5ppm
pH: <1 a 20°C
Punto de solidificación: -30°C
Presión de vapor: 190hPa a 20°C
Densidad: 1.19g/mL a 20°C
Solubilidad en agua: Soluble a 20°C
Viscosidad dinámica: 2.3mPas a 15°C



Nota: Se muestran las propiedades físicas y químicas más relevantes o disponibles.

Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

Figura 12. **Muestra de la ejemplificación de la metodología en los videotutoriales, específicamente el paso 1 de la práctica AC1-001**

1 Preparar 200mL de solución HCl 0,1M y 200mL de solución NaOH 0,1M.



En la campana de extracción

Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

El procedimiento de la práctica se explica por medio de imágenes y videos ilustrativos, en estos se representa lo que los estudiantes deben hacer durante la práctica. Se añaden algunas aclaraciones y sugerencias para las prácticas, ya que algunas de las pruebas se realizaron con equipo o reactivos distintos a los disponibles en el Laboratorio de Química; como lo es el mezclador para prueba de jarras.

Figura 13. **Muestra de la explicación de los objetivos del reporte en el videotutorial de la práctica AC1-001**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2022.

2.3.4. Laboratorio virtual

La pandemia del 2020 implicó un duro golpe en la educación, la implementación de las clases virtuales debilitó la enseñanza de metodologías meramente prácticas, como lo son los laboratorios de Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo. La falta de contacto de los estudiantes con los equipos e instrumentos fueron una barrera en el aprendizaje de las metodologías para análisis volumétrico y análisis de equilibrios.

El plan de contingencia del laboratorio nunca consideró una pandemia como problema potencial para la enseñanza, como prevención a futuros incidentes que limiten el ingreso de los estudiantes a los laboratorios se sugiere la aplicación de áreas virtuales que permitan al estudiante experimentar con reactivos y cristalería de forma segura desde su hogar. Además, se sugieren algunas prácticas que se pueden adaptar, para realizarse desde casa, con pocos reactivos e instrumentación básica.

El laboratorio virtual sugerido es *ChemCollective Virtual Lab*, fundado por *National Science Foundation* e implementado por *Carnegie Mellon University*, que presenta diversos casos de análisis estequiométrico, termoquímico, ácido-base y equilibrios. En este laboratorio virtual se presentan reactivos y cristalería ilimitados, además de contar con medidas de pH, temperatura y volumen precisas. Esta plataforma además presenta casos, problemas, tutoriales, escenarios, cursos virtuales, visualizaciones a nivel molecular, simulaciones y pruebas de concepto.

La plataforma cuenta con una versión en línea y una descargable que puede ser utilizada sin conexión a internet, la versión en línea se encuentra únicamente en inglés, pero la versión sin conexión si está disponible en español. La versión descargable está disponible para Windows y Mac, únicamente requiere una versión actualizada de Java para funcionar.

La aplicación permite gran precisión en la preparación de muestras y se basa en simulaciones del comportamiento de los compuestos en forma teórica y puede diferir levemente a los datos recolectados experimentalmente, debido a la incerteza instrumental y errores de desviación similares.

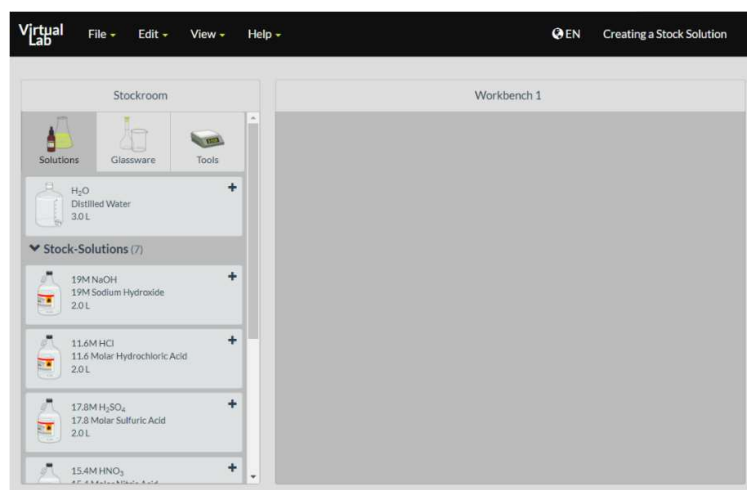
Tabla XII. **Temas y tipos de contenido disponibles en ChemCollective Virtual Lab**

RESOURCES BY TOPIC	RESOURCES BY TYPE
Stoichiometry	Virtual Labs
Thermochemistry	Autograded Problems
Kinetics	Tutorials
Equilibrium	Scenario-Based Activities
Acid-Base Chemistry	Online Courses
Solubility	Molecular Level Visualizations
Oxidation/Reduction and Electrochemistry	Simulations
Analytical Chemistry/Lab Techniques	Concept Tests
Physical Chemistry	
Properties of Solutions	

Fuente: YARON, David. *ChemCollective*. https://chemcollective.org/about_us/introduction.

Consulta: 15 de julio de 2020.

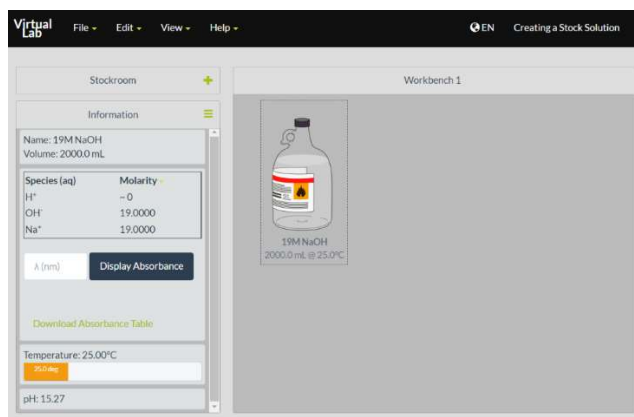
Figura 14. **Espacio de trabajo en el laboratorio virtual ChemCollective, Creating a Stock Solution**



Fuente: YARON, David. *ChemCollective*. https://chemcollective.org/about_us/introduction.

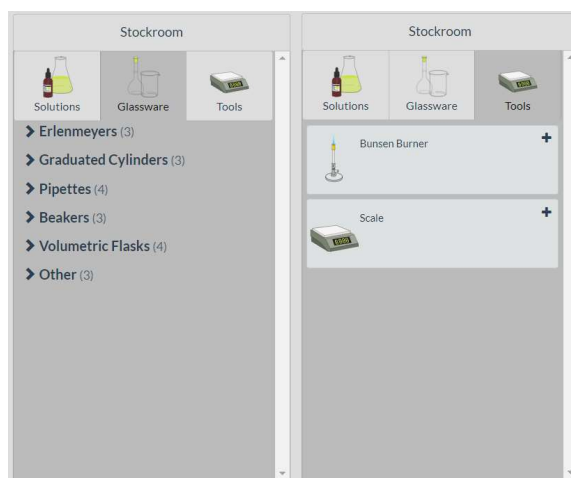
Consulta: 15 de julio de 2020.

Figura 15. **Espacio de trabajo en el laboratorio virtual ChemCollective, Creating a Stock Solution; sección de información**



Fuente: YARON, David. *ChemCollective*. https://chemcollective.org/about_us/introduction.
Consulta: 15 de julio de 2020.

Figura 16. **Espacio de trabajo en el laboratorio virtual ChemCollective, Creating a Stock Solution; sección de cristalería y equipos**



Fuente: YARON, David. *ChemCollective*. https://chemcollective.org/about_us/introduction.
Consulta: 15 de julio de 2020.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Debido a que el enfoque del trabajo de graduación todas las variables se enfocan en la planeación de los experimentos.

Tabla XIII. **Variables de diseño de las prácticas de laboratorio**

Variable	Descripción
Código del experimento	Se usará para identificar el experimento.
Concepto	Se refiere al concepto que fundamenta el experimento.
Reactivos	Los reactivos necesarios para el experimento.
Cristalería y equipo	Los materiales que se requieren para el experimento.
Variables por medir	Todas aquellas variables que el alumno debe tomar en cuenta.
Variables por calcular	Todas las variables que el alumno debe reportar.
Operaciones	Todas las acciones técnicas que debe aplicar el alumno para realizar el experimento de forma correcta.
Repeticiones mínimas necesarias	La cantidad de veces que el alumno debe realizar el experimento
Análisis estadístico	Serán aquellos análisis estadísticos que puedan ser aplicados a los datos obtenidos y su relevancia en los resultados.
Tiempo de desarrollo	Tiempo mínimo que tomará realizar la práctica de laboratorio.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación de campo de estudio

El trabajo se realizó para los laboratorios de los cursos Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo, se trabajó en el diseño de las prácticas, los manuales y material didáctico.

3.3. Recursos humanos disponibles

Para realizar el proyecto se requirió de la cooperación del coordinador del área de Química, el personal docente de la misma y sus respectivos auxiliares. Además, se contó con el apoyo del personal del laboratorio Unificado de Química y Microbiología. Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina”, para supervisión y solución de dudas.

- El trabajo será realizado por: Br. María José Tórtola Morales
- Bajo la asesoría de: Ing. Qca. Adela María Marroquín González (Col. 1446)

3.4. Recursos materiales disponibles

Se dispuso de los laboratorios del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química y su infraestructura, para la prueba de las prácticas y el desarrollo de los videotutoriales. Además, se dispuso del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología. Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina.

3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

La técnica aplicada fue parcialmente cualitativa y las pruebas de los experimentos comprenden la etapa cuantitativa del proyecto.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Los datos que se recolectaron son los que se refieren a la parte del diseño de los experimentos y no de los experimentos en sí.

Tabla XIV. **Datos de diseño y planificación de los experimentos**

Nombre del experimento	
Código del experimento	
Concepto	
Reactivos	
Cristalería y equipo	
Variables por medir	
Variables por calcular	
Operaciones	
Repeticiones mínimas necesarias	
Análisis estadístico	
Tiempo de desarrollo	

Fuente: elaboración propia.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Unificando la información recaudada en el diseño y factibilidad de las prácticas se obtiene lo siguiente:

Tabla XV. **Datos de diseño y planificación del experimento AC1-001**

Identificación de muestras	
Código del experimento	AC1-001
Concepto	Introducción
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido clorhídrico • Hidróxido de sodio • Indicadores
Cristalería y equipo	1 balanza 1 potenciómetro 1 probeta 25 mL 1 soporte universal 1 pinza de mariposa 1 bureta 50 mL 5 matraz erlenmeyer 250 mL
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Medir alícuotas • Preparar soluciones • Armar sistemas de valoración • Medir pH • Titular muestras • Medir gasto
Repeticiones	5
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	40min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Datos de diseño y planificación del experimento AC1-002**

Caracterización de la acidez de la Aspirina	
Código del experimento	AC1-002
Concepto	Constante de equilibrio
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Aspirina • Hidróxido de sodio
Cristalería y equipo	<ul style="list-style-type: none"> 1 balanza 1 balón aforado 50 mL 1 balón aforado 200 mL 1 <i>Beaker</i> 250 mL 1 bureta 25 mL 1 espátula 1 matraz erlenmeyer 250 mL 1 mortero y pistilo 1 pinza mariposa 1 piseta 1 potenciómetro 1 soporte universal 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Triturar comprimidos • Diluir comprimidos • Preparar solución • Armar sistema de valoración • Tomar alícuotas • Medir pH • Titular • Medir volumen de gasto
Repeticiones	n
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	60min

Nota: "n" representa el número de integrantes en el equipo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Datos de diseño y planificación del experimento AC1-003**

Diagrama de Flood	
Código del experimento	AC1-003
Concepto	Diagrama de Flood
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido clorhídrico • Desinfectante con base de HCl • Destapa caños con base de NaOH • Hidróxido de sodio
Cristalería y equipo	1 balanza 6 balón aforado 50 mL 4 <i>Beaker</i> 250 mL 1 bureta 25 mL 1 espátula 4 matraz erlenmeyer 250 mL 1 pinza mariposa 1 piseta 1 potenciómetro 1 soporte universal 2 varilla de agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Armar sistema de valoración • Tomar alícuotas • Titular • Medir pH
Repeticiones	5
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	70min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Datos de diseño y planificación del experimento AC1-004**

Coagulación, floculación y sedimentación	
Código del experimento	AC1-004
Concepto	Equilibrio de disociación
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Agua sucia • Sulfato de aluminio
Cristalería y equipo	<ul style="list-style-type: none"> 1 balanza 5 balón aforado 100 mL 5 <i>beaker</i> 600 mL 1 espátula 1 hornilla con agitador 1 lápiz de succión 1 pipeta serológica 1 mL 5 papel filtro 1 potenciómetro 1 probeta 100 mL 5 magnetos para agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar muestras • Homogeneizar muestras • Tomar alícuotas • Agitar • Medir masa • Medir volumen
Repeticiones	2
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Dosis óptima
Tiempo de desarrollo	90min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Datos de diseño y planificación del experimento AC1-005**

Sales hidrolizables	
Código del experimento	AC1-005
Concepto	Equilibrio de hidrólisis
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Acetato de amonio • Acetato de sodio • Cloruro de amonio • Cloruro de sodio
Cristalería y equipo	1 balanza 4 balón aforado 50 mL 4 <i>beaker</i> 100 mL 1 espátula 1 potenciómetro 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Tomar alícuota • Medir pH • Diluir soluciones
Repeticiones	5
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	70min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Datos de diseño y planificación del experimento AC1-006**

Estabilizadores de pH en cosmética	
Código del experimento	AC1-006
Concepto	Soluciones amortiguadoras
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Acetato de sodio • Ácido acético • Ácido cítrico • Hidróxido de sodio • Kit de crema hidratante
Cristalería y equipo	1 balanza 2 balón aforado 100 mL 4 <i>beaker</i> 600 mL 2 envases 1 hornilla con agitador 1 lápiz de succión 1 pipeta volumétrica 5 mL 1 potenciómetro 1 probeta 10 mL 1 probeta 25 mL 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj 1 magnetos para agitación
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar un producto cosmético • Preparar soluciones • Medir pH • Regular pH • Estabilizar pH • Tomar alícuotas • Evaluar estabilidad
Repeticiones	5
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	80min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Datos de diseño y planificación del experimento AC1-007**

Fertilizantes	
Código del experimento	AC1-007
Concepto	Ácidos polipróticos
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido clorhídrico • Ácido fosfórico • Amoniaco • Hidróxido de sodio
Cristalería y equipo	<ul style="list-style-type: none"> 1 balanza 2 balón aforado 100 mL 2 balón aforado 50 mL 3 <i>beaker</i> 250 mL 1 bureta 25 mL 1 hornilla con agitación 1 lápiz de succión 1 pinza mariposa 1 pipeta volumétrica 1 mL 1 potenciómetro 1 probeta 25 mL 1 soporte universal 2 varilla de agitación 1 magneto para agitación
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Tomar alícuotas • Titular • Medir pH • Medir volumen
Repeticiones	3
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	70min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Datos de diseño y planificación del experimento AC1-008**

Análisis de acidez de jugos frutales	
Código del experimento	AC1-008
Concepto	Ácidos polipróticos
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Hidróxido de sodio • Jugos frutales
Cristalería y equipo	<ul style="list-style-type: none"> 1 balanza 1 balón aforado 100 mL 3 <i>beaker</i> 250 mL 1 bureta 25 mL 1 matraz erlenmeyer 250 mL 1 pinza mariposa 1 potenciómetro 1 probeta 25 mL 1 soporte universal 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Constante de equilibrio
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Tomar alícuotas • Titular • Medir pH
Repeticiones	5
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	60min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Datos de diseño y planificación del experimento AC2-001**

Solubilidad y formación de cristales	
Código del experimento	AC2-001
Concepto	Equilibrio de solubilidad
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Azúcar • Hielo de agua
Cristalería y equipo	<ul style="list-style-type: none"> 1 balanza 1 <i>beaker</i> 250 mL 5 <i>beaker</i> 600 mL 1 Filtro al vacío 1 hornilla 1 magnetos de agitación 1 palangana 1 papel filtro 1 piseta 1 potenciómetro 1 varilla de agitación
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Masas finales
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Solubilidad • Concentración final
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Enfriar • Calentar • Filtrar • Medir masas • Medir temperatura
Repeticiones	Según número de equipos
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	70min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Datos de diseño y planificación del experimento AC2-002**

EDTA como agente quelante	
Código del experimento	AC2-002
Concepto	Equilibrio de complejos
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • EDTA • Hidróxido de sodio • Piezas dentales
Cristalería y equipo	1 balanza 1 balón aforado 50 mL 1 <i>beaker</i> 250 mL 1 bureta 25 mL 1 gradilla 1 pinza mariposa 1 pinzas 1 probeta 25 mL 1 soporte universal 9 tubos de ensayo 20 mL 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de exposición • Concentración EDTA
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de calcio extraído
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Estandarizar soluciones • Aplicar tratamiento • Medir tiempo de exposición • Titular muestras
Repeticiones	Según número de equipos
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar
Tiempo de desarrollo	50min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Datos de diseño y planificación del experimento AC2-003**

Baterías redox	
Código del experimento	AC2-003
Concepto	Equilibrio redox
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Cloruro de sodio • Placa de cinc • Placa de cobre • Sulfato de cinc • Sulfato de cobre
Cristalería y equipo	1 balanza 2 balón aforado de 250 mL 2 <i>beaker</i> 250 mL 1 cable conductor con lagartos 1 papel filtro 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj 1 voltímetro
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de sal • Voltaje
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Avance de la reacción
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Preparar puente salino • Pesar piezas • Armar Semiceldas • Medir voltaje • Filtrar • Secar
Repeticiones	5
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	40min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Datos de diseño y planificación del experimento AC2-004

Evaluación de dureza temporal y alcalinidad en agua de calderas	
Código del experimento	AC2-004
Concepto	Dureza temporal
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido clorhídrico • Agua de grifo • Biftalato ácido de potasio • Hidróxido de sodio • Indicadores
Cristalería y equipo	1 balanza 1 <i>beaker</i> 1 L 2 <i>beaker</i> 250 mL 1 bureta 25 mL 1 hornilla 4 matraz erlenmeyer 250 mL 1 pinza de mariposa 1 potenciómetro 1 probeta 100 mL 1 soporte universal 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de neutralización
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de carbonatos • Concentración de álcalis • Dureza temporal
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar de muestras • Preparar soluciones • Medir pH • Preparar blancos • Titular • Calentar • Filtrar
Repeticiones	Según número de equipos
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar
Tiempo de desarrollo	60min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Datos de diseño y planificación del experimento AC2-005**

Evaluación de cloruros en agua de calderas	
Código del experimento	AC2-005
Concepto	Cloruros en agua
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido nítrico concentrado • Cloruro de sodio • Fluoresceína • Indicador cromato de potasio • Indicador de hierro III • Nitrato de plata • Tiocianato de potasio
Cristalería y equipo	1 balanza 1 <i>beaker</i> 250 mL 1 bureta 25 mL 3 matraz erlenmeyer 250 mL 1 pinza de mariposa 1 pipeta 10 mL 1 potenciómetro 1 probeta 25 mL 1 soporte universal 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de gasto
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de cloruros
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Medir pH • Titular soluciones
Repeticiones	Según número de equipos
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar • Porcentaje de error
Tiempo de desarrollo	45 Min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Datos de diseño y planificación del experimento AC2-006

Evaluación de dureza total en agua de calderas	
Código del experimento	AC2-006
Concepto	Dureza total
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Cloruro de calcio • Cloruro de magnesio • EDTA • Hidróxido de sodio • Indicador Calcón • Indicador negro de eriocromo T • Resina iónica • Solución buffer amoniacal pH=10+0,1
Cristalería y equipo	1 balanza 1 <i>beaker</i> 250 mL 1 bureta 25 mL 2 matraz erlenmeyer 250 mL 1 pinza de mariposa 1 pipeta serológica 10 mL 1 potenciómetro 1 probeta 25 mL 1 soporte universal 1 varilla de agitación 1 vidrio de reloj
Variables por medir	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Volumen de neutralización
Variables por calcular	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de calcio • Concentración de magnesio • Dureza total
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar soluciones • Preparar blancos • Medir pH • Titular • Tomar muestras • Suavizar agua
Repeticiones	Según número de equipos
Análisis estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio • Desviación estándar
Tiempo de desarrollo	50min

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

Tabla XXIX. **Resumen de prácticas de laboratorio**

Código	Concepto	Título
AC1-001	Introducción	Identificación de muestras
AC1-002	Ácidos monopróticos	Caracterización de la acidez de la Aspirina
AC1-003	Diagrama de Flood	Diagrama de Flood
AC1-004	Equilibrio de disociación	Coagulación, floculación y sedimentación
AC1-005	Equilibrio de hidrólisis	Sales hidrolizables
AC1-006	Soluciones amortiguadoras	Estabilizadores de pH en cosmética
AC1-007	Ácidos polipróticos	Fertilizantes
AC1-008	Ácidos polipróticos	Análisis de la acidez de jugos frutales
AC2-001	Equilibrio de solubilidad	Solubilidad y formación de cristales
AC2-002	Equilibrio de complejos	EDTA como agente quelante
AC2-003	Equilibrio redox	Batería redox
AC2-004	Dureza temporal	Evaluación de dureza temporal y alcalinidad de agua de calderas
AC2-005	Cloruros en agua	Evaluación de cloruros en agua de calderas
AC2-006	Dureza total	Evaluación de dureza total en agua de calderas

Nota: Video tutoriales Anexo A, material de apoyo Anexo B, manuales completos en Anexo C.

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Tanque suavizador práctica AC2-006**



Nota: Se construyeron cuatro tanques suavizadores iguales, manual de uso y mantenimiento del tanque suavizador en Anexo D.

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Resina iónica donada al laboratorio para la práctica AC2-006



Nota: Unidad de 1ft², regeneración y cambio de resina en el manual de uso y mantenimiento del tanque suavizador en el Anexo D.

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El diseño de los experimentos permite que el estudiante adquiera información adicional sobre las aplicaciones de cada uno de los conceptos, es decir, no se enfocan únicamente en desarrollar habilidades prácticas y aplicación de conceptos; sino también en darle al estudiante un acercamiento a las aplicaciones de los conceptos dentro del campo industrial de la ingeniería química.

Una parte de las prácticas de laboratorio se basan en un concepto inicial que se aplica a diversos procesos industriales como parte del área de Control de Calidad, porque esta es la rama que requiere en mayor medida de estos procesos de cualitativos y cuantitativos, como en la caracterización de acidez. Algunos otros experimentos se inclinan más hacia la aplicación de estos conceptos en procesos de investigación o formulación, en los cuales se busca la optimización o estandarización de un proceso, como la prueba de jarras.

En el experimento AC1-001 se le da al estudiante la oportunidad de relacionarse con el equipo de laboratorio y los procedimientos a aplicar en las siguientes prácticas, de esta forma puede perfeccionar su técnica de titulación y reconocer la forma adecuada de preparar soluciones, tomar alícuotas y utilizar el potenciómetro.

El experimento AC1-002 se aborda el tema de la caracterización de acidez, el objetivo principal es que el estudiante conozca y aplique el procedimiento para determinar la constante de acidez de una especie monoprótica. El procedimiento es levemente más complejo que el de la práctica anterior porque el alumno debe

medir el pH a la vez que titula la muestra. La complejidad de la metodología aumenta levemente de una práctica a la siguiente.

Para el experimento AC1-003 el alumno trabajará con especies ácidas y básicas, tanto de grado reactivo como de grado comercial, con el fin de construir el Diagrama de Flood; que describe la relación del pH con el pC. La metodología es simple, aunque consiste en la dilución progresiva de soluciones madre y se requiere la cuantificación de las especies en los productos comerciales, lo que permite que el estudiante afine sus habilidades prácticas, mientras analiza las diferencias entre especies de grado reactivo y las de grado comercial.

En el experimento AC1-004 se trata el tema de equilibrio de disociación por medio de una versión de la prueba de jarras, en esta se muestra la desestabilización de partículas en suspensión por medio de un floculante que se hidroliza, y se toca el tema del equilibrio de hidrólisis como parte de la explicación del fenómeno; esto complementa el tema que se toca de forma más explícita en el siguiente experimento. En esta práctica el estudiante podrá tener un primer conocimiento del procedimiento para tratamiento de aguas y le permitirá vincular este proceso tan importante con los fundamentos de este.

El experimento AC1-005 aborda de forma más específica el equilibrio de hidrólisis y se plantea una comparación entre el equilibrio de hidrólisis de cuatro sales; dos sales pasan por una hidrólisis parcial, una por una hidrólisis en ambas iones y la cuarta no se hidroliza. De esta forma el estudiante puede comprender de forma práctica el efecto de la hidrólisis en el pH de las soluciones y especialmente aprenderá a identificar aquellos iones que se hidrolizan. Con esta información el estudiante podrá identificar la hidrólisis por medio de cambios de pH en cualquier solución.

Para el experimento AC1-006 se trabaja con el equilibrio de soluciones buffer aplicado en la estabilización de cosméticos, con este los estudiantes pueden conocer una de las aplicaciones importantes de las soluciones amortiguadoras. En esta práctica el estudiante puede conocer el proceso de manufactura de un producto cosmético a escala laboratorio y algunos de los principios activos que se añaden a estos. En esta práctica de laboratorio los alumnos prepararán una solución amortiguadora de pH 4, para lo cual hay diversos procedimientos, en este caso se preparan soluciones de ácido acético y su sal, que se mezclan para formar el equilibrio buffer.

En el experimento AC1-007 los estudiantes se pueden relacionar con los ácidos polipróticos y los productos que se pueden obtener de las sales derivadas de estos. Se neutraliza ácido fosfórico con amoníaco anhidro para obtener sales ricas en fósforo y nitrógeno, que resultan ser compuestos fertilizantes con amplias aplicaciones en el sector agrícola. De esta forma el estudiante tiene un primer acercamiento a la síntesis de compuestos para productos de consumo masivo, por lo cual como parte de su protocolo deben investigar el proceso de producción de estas sales a nivel comercial.

El experimento AC1-008 es el último experimento del curso de Análisis Cualitativo, es opcional y diseñado para ser rápido y fácil, ya que al final del primer semestre se cuenta con poco tiempo en la agenda académica. Este aborda el análisis de acidez de ácidos polipróticos, que es un análisis importante en el control de calidad de muchos productos de consumo, entre ellos los jugos frutales; que son los que se utilizan como ejemplo en la práctica de laboratorio.

Para el experimento AC2-001 se aborda el tema de equilibrio de solubilidad, específicamente la solubilidad del azúcar. Se estudia la solubilidad de la sacarosa a diferentes temperaturas para construir su curva de solubilidad, una de las

herramientas más importantes en la producción de azúcar. Con esta práctica se introduce al alumno a la industria azucarera, especialmente con el proceso de formación de cristales de azúcar. La práctica también plantea la evaluación de la diferencia entre el aumento de la solubilidad por elevación de la temperatura y la concentración de jarabes por evaporación de solvente.

En el experimento AC2-002 se incluye la aplicación médica del equilibrio de complejos, para esto se parte del tratamiento de caries a partir de EDTA al 17 %, en el experimento los alumnos podrán evaluar el efecto de distintas concentraciones de EDTA y diferentes periodos de tiempo en piezas dentales. La práctica además aborda el concepto de retrovaloración, para determinar la cantidad de EDTA remanente en la solución original, lo que aumenta la complejidad de la práctica. Esta ayuda a abrir el campo de visión de los estudiantes en cuanto a las aplicaciones de la ingeniería química, les abre la puerta a la investigación científica y a las aplicaciones médicas.

El experimento AC2-003 se basa en el equilibrio redox, en este se propone la construcción una celda galvánica con semiceldas de cobre y cinc. Se introduce al estudiante en la electrogravimetría, no se aplica un método clásico de electrogravimetría sino uno alterno, ya que esto es lo que el laboratorio permite, por falta de instrumentación. En esta práctica los alumnos pueden observar los efectos de la reacción redox por medio de la medición del voltaje de la celda y por la adhesión de partículas de cobre o cinc en la superficie de las placas de la celda.

Con el experimento AC2-004 se introduce al alumno al tema de tratamiento y calidad del agua, en esta práctica se evalúa la dureza temporal y la alcalinidad de diversas muestras de agua, para este experimento los estudiantes deben investigar los límites permisibles y aceptables de diversos componentes en el

agua. Esta práctica no aborda únicamente el tema de análisis, sino también el tratamiento de dureza temporal y alcalinidad; por lo que los estudiantes aprenden el procedimiento para evaluar estos parámetros y también el tratamiento que se requiere para mejorarlos. Estas prácticas se enfocan especialmente en agua para calderas, porque es una de las aplicaciones más importantes del agua en la Ingeniería Química.

En el experimento AC2-005 se continúa con el tema de calidad del agua, en este caso se analizan los cloruros en el agua, otro factor muy importante en la calidad de agua para calderas. Esta práctica no incluye el tratamiento para cloruros, ya que este suele ser costoso y no es una inversión que el laboratorio se pueda permitir; sin embargo, si se analizan los límites aceptables y permisibles de los cloruros en agua. Para esta práctica se exponen tres métodos para la determinación de cloruro, todos basados en la argentometría, y el estudiante continúa ampliando su conocimiento en análisis volumétricos.

El experimento AC2-006 es la práctica final del laboratorio y concluye con la temática de calidad de agua, en esta se realiza un análisis de durezas totales y se introduce al alumno al tratamiento de dureza total por medio de filtros suavizadores. Para esta práctica los alumnos se apoyarán de los tanques construidos y evaluarán el efecto de la resina iónica en la dureza total del agua. Este puede enlazarse con el experimento AC1-004 debido a que ambos forman parte del proceso de purificación de agua para consumo humano.

La mayoría de las prácticas se basa en un proceso estandarizado aplicado, como ya se ha mencionado, y comprobar su factibilidad resulta simple. Las pruebas de factibilidad se enfocaron en la construcción de la metodología óptima, porque los experimentos deben mantener cercanía con el procedimiento estandarizado y a la vez acercarse al enfoque didáctico que se busca.

Es probable que la sensibilidad de los métodos aplicados asegura que el estudiante consiga un resultado con la exactitud necesaria para comprender el proceso, mas no la exactitud que se lograría con equipos especiales para estas cuantificaciones, como lo son los tituladores automáticos.

El material didáctico que se trabajó para las prácticas busca aportar toda la información necesaria para construir el protocolo de la práctica, de esta forma el estudiante conocerá toda la metodología de la práctica y podrá relacionarla con la información de la clase magistral de forma óptima en el protocolo. Los videotutoriales buscan facilitar la comprensión del método a aplicar, para que el alumno entienda cada una de las etapas del proceso y sepa qué resultados esperar en cada una de estas.

La plataforma *Notion*, permite unificar cada una de las piezas didácticas construidas, en una única base de datos; de esta forma el estudiante dispone de todas las herramientas necesarias para prepararse antes de la práctica. Además, le da información extra que beneficiará al alumno al momento de redactar el reporte de la práctica, exponer y discutir los resultados de esta.

Para mejorar la experiencia del estudiante, adicionalmente al diseño de los experimentos se construyeron cuatro tanques suavizadores para la práctica AC2-006, con la resina iónica necesaria para al menos diez años de trabajo. Lo que requirió el diseño de un manual adicional, para el uso y mantenimiento de estos.

CONCLUSIONES

1. La propuesta de prácticas de laboratorio para los cursos de Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo consta de 14 prácticas de laboratorio que se diseñaron específicamente para dar un nuevo enfoque a los laboratorios de estos. Este enfoque busca darle al estudiante una noción de las aplicaciones de los conceptos tratados, en la industria de la Ingeniería Química, que además resulta ser muy amplia. Las temáticas de las prácticas van de la mano con lo expuesto en la clase magistral, de esta forma se refuerzan los conceptos por medio de la práctica y observación de los fenómenos.
2. Las prácticas de laboratorio se basan en procedimientos estandarizados para control de calidad, pruebas de cuantificación y pruebas de diseño, con un enfoque didáctico que ayuda a incentivar el interés del estudiante por las distintas ramas de la Ingeniería Química. Los experimentos se relacionan entre sí en el grado de complejidad que aumenta gradualmente a lo largo del curso laboratorio, cada uno desarrolla una nueva capacidad o metodología, con el fin de ampliar las competencias de los estudiantes.
3. El material didáctico conforma una base de datos que permite al estudiante adquirir toda la información necesaria para la realización de la práctica, facilitando la comprensión y unificación de los conceptos teóricos y prácticos que comprende el laboratorio de cada uno de los cursos, con el fin de mejorar la experiencia del alumnado. Se diseñaron dos manuales de laboratorio, uno para cada curso, un manual de uso y mantenimiento

para el tanque suavizador, 14 videotutoriales y dos bases de datos, una por curso, con todo el material didáctico recolectado.

RECOMENDACIONES

1. Actualizar el contenido de los laboratorios de los cursos del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para mantener temáticas que aumenten el interés del estudiante, no sólo por los temas del curso, sino también por las diversas ramas de la Ingeniería Química; con el fin de incentivar un ambiente de aprendizaje más dinámico.
2. Aumentar el apoyo a los tesisistas que buscan enriquecer la dinámica de enseñanza en la Escuela de Ingeniería Química, para instar a otros alumnos a realizar trabajos de graduación que beneficien la estructura de esta y mantener una mejora constante en cada una de las áreas de la escuela.
3. Buscar retroalimentación del alumnado, para identificar los puntos débiles en la dinámica de enseñanza-aprendizaje.
4. Proponer un tema de tesis que se enfoque en el manejo de desechos de los laboratorios, que permita involucrar específicamente a los alumnos de Ingeniería Ambiental en temas de manejo de desechos industriales.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUDELO GIRALDO, José Darío. *Apprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión*. Colombia: Latin-American Journal of Physics Education, 2010. 4 p.
2. BELTRÁN ÁLVAREZ, Tomás, Francisco. *Introducción y aplicación de la plataforma moodle en prácticas de laboratorio químico*. España: Didáctica, Innovación y Multimedia, 2013. 9 p.
3. DICK, James Gardiner. *Química Analítica*. México: El Manual Moderno, S.A., 1979. 747 p.
4. ESPINOSA RÍOS, Edgar Andrés; GONZÁLEZ LÓPEZ, Karen Dayana; HERNÁNDEZ RAMÍREZ, Lizeth Tatiana. *Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar*. Calí: Entramado, 2016. 16 p.
5. ESTEVE TURRILLAS, Francesc; ARMENTA ESTRELA, Sergio; HERRERO, José Manuel. *Empleo de socrative para la evaluación del trabajo previo en asignaturas prácticas de laboratorio*. Valencia: Congreso In-Red, 2019. 15 p.
6. Facultad de Ingeniería. *Instructivo análisis cuantitativo EIQQ-M-AI-009 - 2018*. [en línea].
<<https://www.studocu.com/gt/document/universidad-de-san-carlos->

de-guatemala/quimica-organ/instructivo-detallado-de-quimica-organica-uno/22639511>. [Consulta: 20 de octubre de 2020].

7. JIMÉNEZ VALVERDE, Gregorio; LLOBERA JIMÉNEZ, Rosa; LLITJÓS VIZA, Anna. *La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura*. Barcelona: Enseñanza de las ciencias, 2006. 12 p.
8. NOGUERA MURRAY, Patricia; TORTAJADA GENARO, Luis Antonio; ATIENZA BORONAT, Julia; HERRERO VILLÉN, Asunción. *Auto-evaluación previa a las prácticas de laboratorio químico: introducción al auto- aprendizaje*. Valencia: Arbor, 2011. 6 p.
9. OSICKA, R.M., FERNÁNDEZ, M.L. y VALENZUELA, A.M., 2013. QUÍMICA ANALÍTICA: APRENDIZAJE A PARTIR DE WEBQUEST. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 4, no. 1, pp. 131-138. ISSN 0718-8706, 9 p.
10. PÉREZ LOZADA, Eliexer; FALCÓN, Nelson. *Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la optica*. Cádiz: Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA, 2009. 15 p.
11. RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, Keilyn; VARGAS ULLOA, Karol Vanessa. *Análisis del experimento como recurso didáctico en talleres de ciencias: el caso del museo de los niños de Costa Rica*. Costa Rica: Actualidades Investigativas en Educación, 2009. 22 p.

12. SALCEDO TORRES, Luis Enrique; VILLARREAL HERNÁNDEZ, Martha Elizabeth; ZAPATA CASTAÑEDA, Pedro Nel; RIVERA RODRÍGUEZ, Julio César; COLMENARES GULUMÁ, Elizabeth; MORENO ROMERO, Sandra Patricia. *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en educación superior*. Bogotá: Enseñanza de las Ciencias, 2005. 5 p.
13. SEGURA EGEA, Juan; JIMÉNEZ RUBIO-MANZANARES, Alicia; LLAMAS CADAVAL, Rafael; JIMÉNEZ PLANAS, Amparo. *El ácido etilén diamino tetraacético (EDTA) y su uso en endodoncia*. Sevilla: Endodoncia, 1997. 8 p.
14. SEVERICHE SIERRA, Carlos Alberto; ACEVEDO BARRIOS, Rosa Leonor. *Las prácticas de laboratorio en las ciencias ambientales*. Medellín: Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 2013. 13 p.
15. SISO PAVÓN, Zenahir; BRICEÑO SOTO, José Manuel; ALVAREZ PRIETO, Christian; ARANA ARAQUE, José. *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de química. Un primer acercamiento*. Venezuela: Revista Electrónica Diálogos Educativos, 2009. 23 p.
16. SKOOG, Douglas; WEST, Donald; HOLLER, James; CROUCH, Stanley. *Fundamentos de química analítica*. 9a ed. México: CENAGAGE Learning, 2015. 1088 p.
17. TURPO CABRERA, Osbaldo Washington. *Contexto y desarrollo de la modalidad educativa blended learning en el sistema universitario*

iberoamericano. México: Revista Mexicana de Investigación Educativa, 2009. 26 p.

18. VIDAL CASTAÑO, Gonzalo; GONZÁLEZ MEDINA, Hilda. *Evaluación pedagógica del simulador del laboratorio químico Model Chemlab*. Cuba: Editorial Universitaria de la República de Cuba, 2002. 13 p.
19. VILLELA RODAS, César Ariel. *Optimización de los recursos ambiental-energéticos en el laboratorio de fisicoquímica utilizando un Círculo de Producción Ecológica (CPE) en el área de Fisicoquímica, FIUSAC*. Trabajo de graduación de M.A. en Energía y Ambiente. Escuela de Estudios de Postgrado. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2019. 145 p.
20. YARON, David. *ChemCollective* [en línea]. <https://chemcollective.org/about_us/introduction>. [Consulta: 15 de julio de 2020].

APÉNDICES

Apéndice 1. Enlaces de los videotutoriales

Curso	Práctica	Enlace
<i>Análisis Cualitativo</i>	AC1-001	https://youtu.be/5WryMYto9JA
	AC1-002	https://youtu.be/h16wkr3E1UU
	AC1-003	https://youtu.be/QZeWxAwQ6Oo
	AC1-004	https://youtu.be/gZCpJJ-34zE
	AC1-005	https://youtu.be/vmIKiVqBQyg
	AC1-006	https://youtu.be/OFgMV2w37es
	AC1-007	https://youtu.be/xJSfог6BEik
	AC1-008	https://youtu.be/_JpWrUldnsc
<i>Análisis Cuantitativo</i>	AC2-001	https://youtu.be/VMum_jKNT3Y
	AC2-002	https://youtu.be/wk36jRz7yRQ
	AC2-003	https://youtu.be/lJFfmItN5cc
	AC2-004	https://youtu.be/xmhpGTIFc1c
	AC2-005	https://youtu.be/HWYqVi0eNwQ
	AC2-006	https://youtu.be/pk-1Htjello

Fuente: elaboración propia.

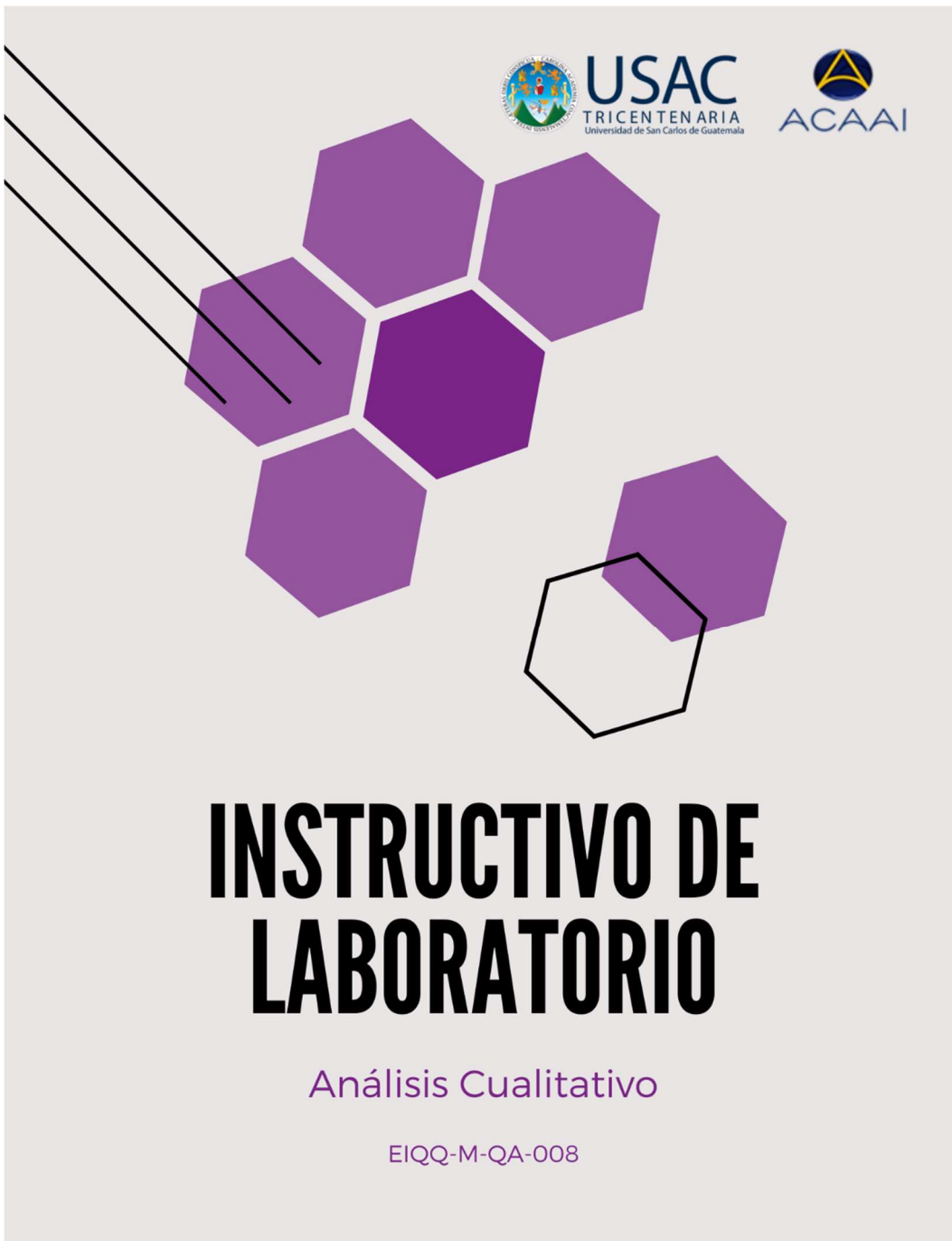
Apéndice 2. Enlace del material didáctico (Enlaces a espacios de trabajo en *Notion* para ambos cursos)

Curso	Enlace
Análisis Cualitativo	https://acortar.link/cigZEj
Análisis Cuantitativo	https://acortar.link/w4Nqtk



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Manuales de laboratorio**

- **Análisis Cualitativo**



Continuación del apéndice 3.



ANÁLISIS CUALITATIVO

Tesis por María José Tórtola Morales
Asesorado por Inga. Adela María Marroquín Gonzales
Revisado por Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

Continuación del apéndice 3.

DIRECTOR DE ESCUELA

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

COORDINADOR DE ÁREA

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez

SUPERVISOR DE LABORATORIO

Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo

CATEDRÁTICOS DEL CURSO

Ing. César Alfonso García Guerra
Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez

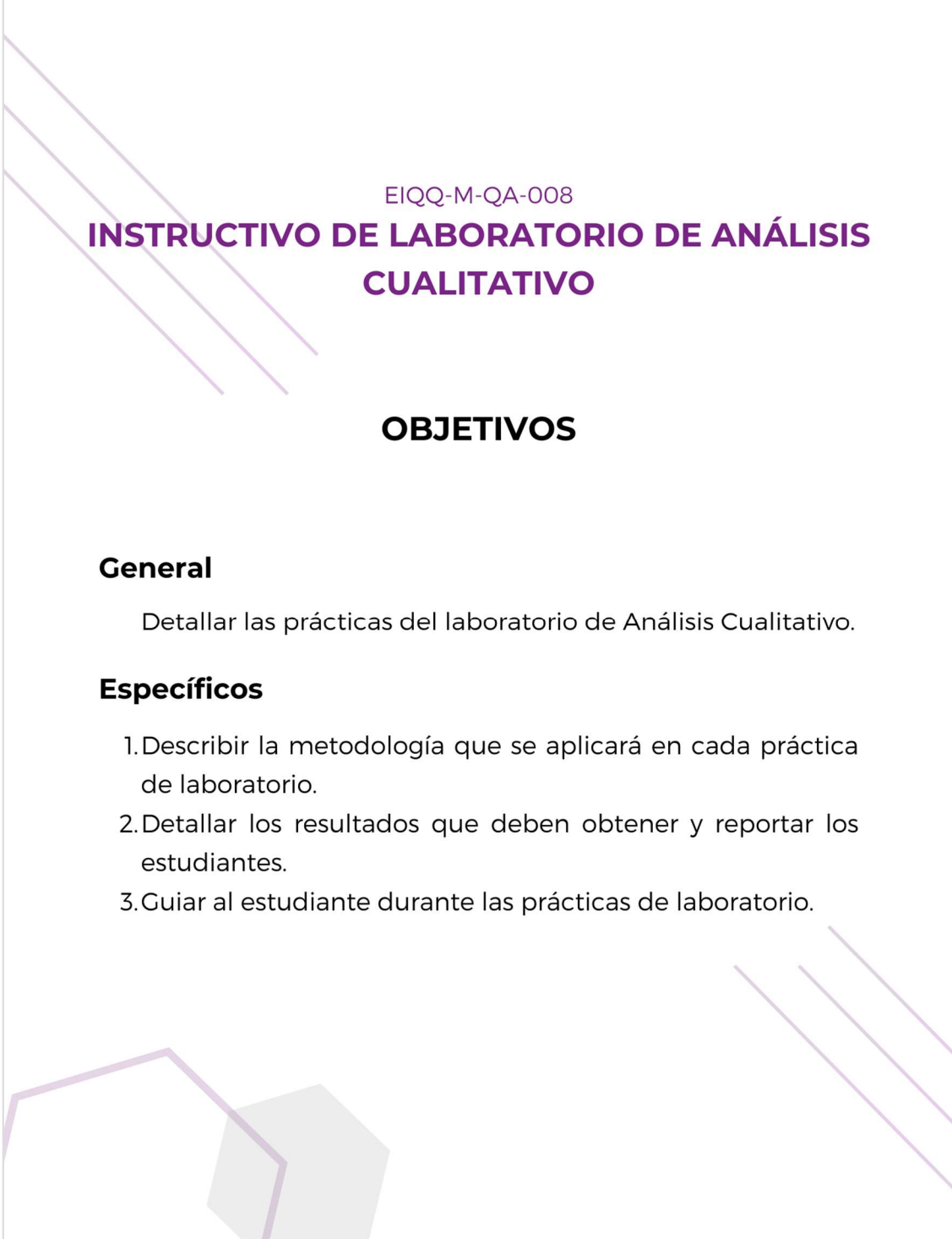
CATEDRÁTICOS INSTRUCTORES

Inga. Mercedes Esther Roquel Chávez
Inga. Adela María Marroquín González
Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa
Ing. Gerardo Ordoñez

Edificio T5, primer nivel, laboratorios 1 y 2



Continuación del apéndice 3.



EIQQ-M-QA-008

INSTRUCTIVO DE LABORATORIO DE ANÁLISIS CUALITATIVO

OBJETIVOS

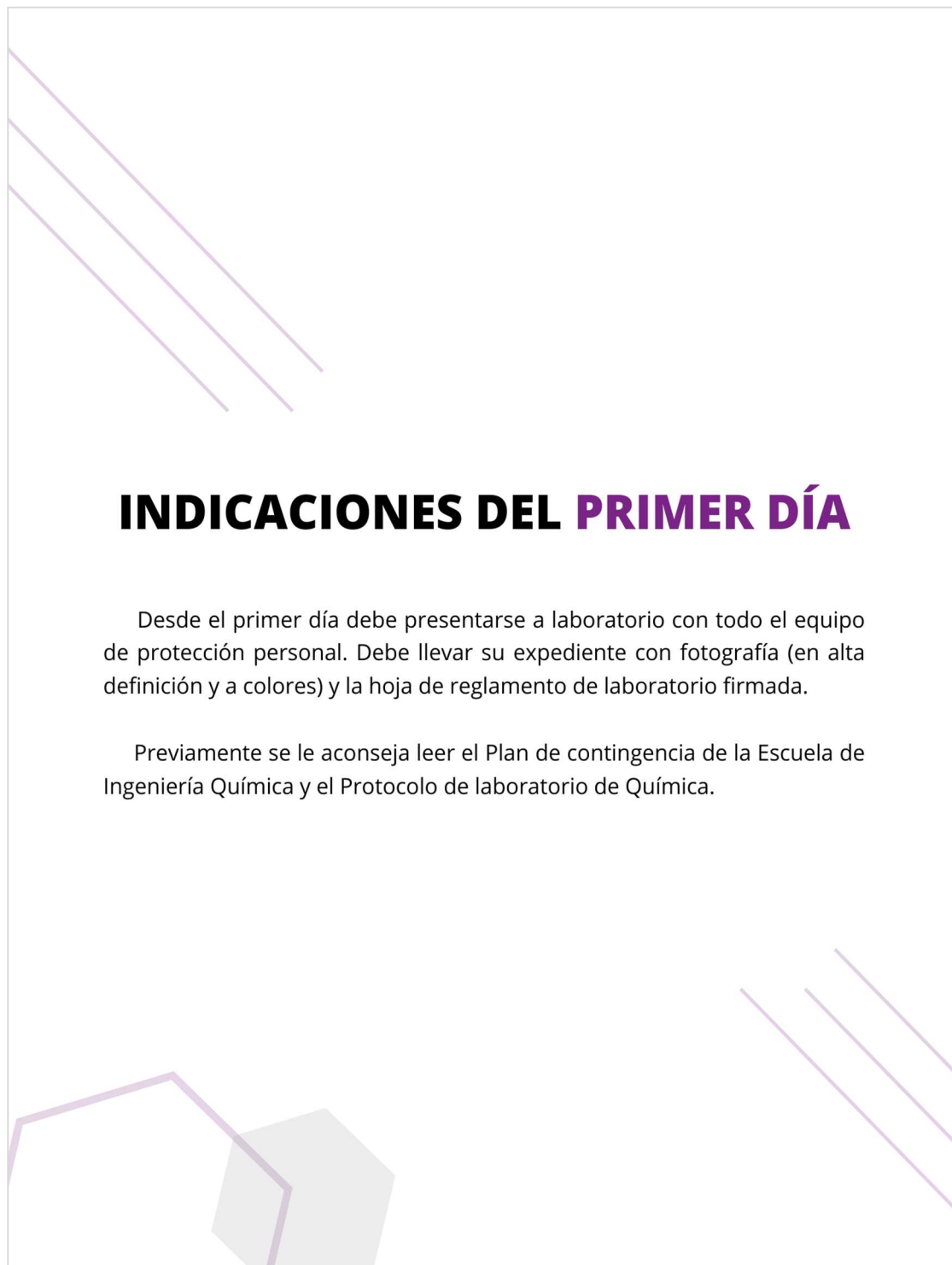
General

Detallar las prácticas del laboratorio de Análisis Cualitativo.

Específicos

1. Describir la metodología que se aplicará en cada práctica de laboratorio.
2. Detallar los resultados que deben obtener y reportar los estudiantes.
3. Guiar al estudiante durante las prácticas de laboratorio.

Continuación del apéndice 3.



INDICACIONES DEL PRIMER DÍA

Desde el primer día debe presentarse a laboratorio con todo el equipo de protección personal. Debe llevar su expediente con fotografía (en alta definición y a colores) y la hoja de reglamento de laboratorio firmada.

Previamente se le aconseja leer el Plan de contingencia de la Escuela de Ingeniería Química y el Protocolo de laboratorio de Química.

Continuación del apéndice 3.

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

ACI-001

OBJETIVO GENERAL

Introducir al estudiante en los métodos de análisis volumétrico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar la capacidad de emplear el equipo y material de laboratorio de forma correcta para aplicar métodos volumétricos.
2. Conocer los diversos indicadores que pueden ser usados en los análisis volumétricos y sus rangos de viraje.
3. Desarrollar la capacidad de relacionar la información obtenida en el laboratorio con los algoritmos de cálculo aprendidos en clase, para analizar sus resultados.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Potenciómetro
 - Balanza
- Cristalería e instrumentos
 - 1 Probeta 25 mL
 - 1 Soporte universal
 - 1 Pinza de mariposa
 - 1 Bureta 50 mL
 - 5 Matraz erlenmeyer 250 mL
- Reactivos
 - Ácido clorhídrico
 - Hidróxido de sodio
 - Naranja de metilo
 - Fenolftaleína
 - Azul de metileno

Continuación del apéndice 3.

GENERALIDADES

Se plantea un experimento donde el estudiante podrá interactuar con el instrumental que usará durante el semestre, también se introduce el tema de los indicadores de pH para la identificación de cambios en el pH durante los procesos de valoración. El título propuesto para esta práctica es "Identificación de muestras".

En la práctica de laboratorio el instructor preparará cinco soluciones de especies ácidas y/o básicas a distintas concentraciones, sin identificar la identidad de estas. Los alumnos deberán preparar una solución ácida y una básica para realizar las valoraciones de identificación. Posteriormente, tomarán alícuotas de cada de cada muestra, medirán su pH por medio de un potenciómetro, evaluarán el rango de pH en el que se encuentra y seleccionarán el indicador de pH que necesitarán; Si el pH es menor a siete, deberán valorar la muestra con la solución básica; Si el pH es mayor a siete, la valoración se hará con una solución ácida.

El propósito de la práctica dentro de la formación del estudiante es introducirlo en los métodos de análisis volumétrico, con esta práctica será capaz de emplear el equipo e instrumentos de laboratorio que se requieren para las siguientes prácticas, conocerá los indicadores de pH que se aplican a diferentes rangos de pH y podrá relacionar los cálculos ejemplificados en la clase magistral con la información obtenida en el experimento

PROCEDIMIENTO

Al inicio de la práctica los alumnos ya deben contar con "n" muestras de especies ácidas o básicas a diferentes concentraciones, estas deben ser preparadas por el instructor o el auxiliar del laboratorio, los alumnos no pueden conocer la especie ni la concentración de las muestras, por lo que deberán empezar la identificación sin ninguna información específica.

Continuación del apéndice 3.

1. Preparar 200 mL de solución HCl 0,1 M y 200 mL de solución NaOH 0,1 M.
2. Armar un sistema de valoración por equipo (de ser posible tener más de uno, armar cuantos se puedan por equipo).
3. Cada integrante del equipo debe seleccionar una muestra y tomar una alícuota de 20 mL de esta.
4. Calibrar el potenciómetro bajo la supervisión del instructor o auxiliar, utilizando las tres soluciones buffer correspondientes a pH=4.0, pH=7.0 y pH=10.0.
5. Tomar el pH de su muestra y anotar este valor en su hoja de datos originales.
6. Añadir el indicador adecuado para el rango de pH de la valoración.
7. Si el pH es menor a 7 titular la muestra con la solución de NaOH.
8. Si el pH es mayor a 7 titular la muestra con la solución de HCl.
9. Medir el volumen de gasto y anotar esta medición.
10. Cada integrante del equipo debe repetir los incisos del 5 al 9, cinco veces, con su muestra.

REPORTE

Los resultados de la práctica pueden reportarse como un informe formal, para que el alumno comprenda la estructura y partes de este. Si el catedrático lo prefiere puede ser una práctica de reporte inmediato. Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Construir el sistema de análisis volumétrico.
2. Determinar la identidad de cada muestra.
3. Determinar la concentración de cada muestra.
4. Determinar el pH de cada muestra.

Continuación del apéndice 3.

CARACTERIZACIÓN DE LA ACIDEZ DE LA ASPIRINA

ACI-002

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante aplique los diversos métodos volumétricos, para determinar la constante de equilibrio de un ácido monoprótico débil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer los ácidos débiles de naturaleza orgánica y la forma en que se producen a nivel industrial.
2. Construir la curva de titulación del ácido débil y determinar el punto de equilibrio de la titulación.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Potenciómetro
 - Balanza
- Cristalería e instrumentos
 - 1 Balón aforado 50 mL
 - 1 Balón aforado 200 mL
 - 1 Beaker 250 mL
 - 1 Bureta 25 mL
 - 1 Espátula
 - 1 Matraz erlenmeyer 250 mL
 - 1 Mortero y pistilo
 - 1 Pinza mariposa
 - 1 Piseta
 - 1 Soporte universal

Continuación del apéndice 3.

1 Varilla de agitación
1 Vidrio de reloj

- Reactivos
Aspirina
Etanol
Hidróxido de sodio
Indicador

GENERALIDADES

La constante de equilibrio se puede determinar por medio del punto de equivalencia determinado por medio de una valoración de forma experimental. Para esta práctica el alumno determinará la constante de acidez del ácido acetilsalicílico y construirán la curva volumétrica de la titulación. El ácido acetilsalicílico se encuentra comercialmente como Aspirina, este compuesto tiene una reacción de síntesis de origen orgánico, este compuesto será estudiado por los alumnos en cursos posteriores por lo que se solicita que investiguen esta reacción.

Para realizar el experimento los alumnos deben preparar una solución de ácido acetilsalicílico a partir de comprimidos de Aspirina en alcohol etílico. Se debe titular la muestra con hidróxido de sodio en agua.

La práctica permitirá que el estudiante aplique diversos métodos para el cálculo de la constante de equilibrio. Además, podrán conocer este ácido orgánico, sus aplicaciones médicas y proceso de síntesis. El alumno debe ser capaz de construir la curva de titulación del ácido débil y determinar la constante de equilibrio por medio del punto de equilibrio de la curva.

Continuación del apéndice 3.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 200 mL de solución NaOH 0,1 M en agua.
2. Triturar "n" comprimidos en un mortero, por separado.
3. Cada comprimido se debe diluir en 50 mL de etanol.
4. Armar el sistema de valoración.
5. Tomar 50mL de la solución de aspirina en etanol, trasladarla a un matraz erlenmeyer y añadir una o dos gotas de indicador.
6. Medir el pH de la solución antes de iniciar la titulación y medirla de nuevo cada vez que se añada 1mL. Cuando el pH se acerque a 6, debe medir el pH cada vez que se añada una gota de titulante.
7. Medir el volumen de gasto cada vez que se mida el pH y ambos datos deben ser anotados en la hoja de datos originales.
8. Terminar la titulación cuando el pH llegue a 10.
9. Cada integrante del equipo debe repetir los pasos 6 al 9.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar la acidez de la muestra.
2. Construir la curva de titulación.
3. Determinar la constante de acidez.
4. Determinar la reacción de síntesis de la Aspirina.

Continuación del apéndice 3.

DIAGRAMA DE FLOOD

ACI-003

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante comprenda la procedencia del Diagrama de Flood, por medio de la experimentación y conozca productos con ácidos o bases en su composición.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Construir el Diagrama de Flood por medio de datos experimentales.
2. Comparar el comportamiento de las muestras de productos comerciales con el de las muestras preparadas en el laboratorio.
3. Comparar los datos obtenidos experimentalmente con los datos obtenidos por medio de las ecuaciones exactas.
4. Comparar los datos obtenidos experimentalmente con los datos obtenidos por medio de las ecuaciones de aproximación.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Potenciómetro
- Cristalería e instrumentos
 - 6 Balón aforado 50 mL
 - 4 Beaker 250 mL
 - 1 Bureta 25 mL
 - 1 Espátula
 - 4 Matraz erlenmeyer 250 mL
 - 1 Pinza mariposa
 - 1 Piseta
 - 1 Soporte universal
 - 2 Varilla de agitación
 - 1 Vidrio de reloj

Continuación del apéndice 3.

- Reactivos

Ácido clorhídrico

Desinfectante con base de HCl

Destapa caños con base de NaOH

Hidróxido de sodio

GENERALIDADES

El diagrama de Flood es una herramienta gráfica que relaciona el pH de una especie ácida o básica, con la concentración de la especie en una solución, de esta forma se evidencia que cuando la concentración se reduce el pH de la especie se acerca al pH neutro.

Para comprobar el comportamiento de las especies ante la dilución continua, el estudiante usará dos especies fuertes para comprobar el efecto de la dilución en el pH de la especie. Se usarán dos productos comerciales que contengan las especies de interés, para comparar el comportamiento de estos con el de las muestras preparadas en el laboratorio. Para iniciar deben determinar la concentración de las especies en los productos comerciales, para conocer el rango de concentración en la que pueden usarlos. En ambos casos realizarán diluciones de las especies, midiendo el pH de cada una, con el fin de construir el diagrama de Flood.

La práctica ayudará al estudiante a comprender el origen del diagrama de Flood, podrá comparar datos experimentales con los datos teóricos obtenidos de ecuaciones exactas y con los obtenidos de ecuaciones aproximadas.

Continuación del apéndice 3.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 50 mL de solución NaOH 1 M y 50 mL de solución HCl 1 M.
2. Preparar 250 mL de solución NaOH 0,1 M y 250 mL de solución HCl 0,1 M.
3. Armar el sistema de titulación.
4. Tomar 25 mL de destapacaños con base de NaOH.
5. Titular el destapacaños con la solución HCl 0,1 M y determinar la concentración de NaOH presente en el producto.
6. Tomar 25 mL de desinfectante con base de HCl.
7. Titular el desinfectante con la solución NaOH 0,1 M y determinar la concentración de HCl presente en el producto.
8. Cada alumno debe preparar al menos dos diluciones de la Tabla 1, a partir de las soluciones 1 M del primer paso.
9. Medir el pH de cada solución preparada y anotar la información adquirida.
10. Tomar el pH de cada solución al menos cinco veces, de preferencia hidratar el electrodo luego de cada medición y secarlo con papel mayordomo cuidadosamente.
11. Repetir los paso 8 al 10, preparando las diluciones de la Tabla 1, a partir de los productos comerciales.

Tabla 1

Diluciones para la construcción del diagrama de Flood

Dilución	Concentración (M)
1	1
2	0,1
3	0,01
4	0,001
5	0,0001
6	0,00001
7	0,000001
8	0,0000001
9	0,00000001
10	0,000000001
11	0,0000000001

Nota. Tórtola (2022)

Continuación del apéndice 3.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Construir el Diagrama de Flood.
2. Comparar el comportamiento de las muestras de productos comerciales con el de las muestras preparadas en el laboratorio.
3. Comparar los datos obtenidos con los datos procedentes de las ecuaciones rigurosas.
4. Comparar los datos obtenidos con los datos procedentes de las ecuaciones aproximadas.

Continuación del apéndice 3.

COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN Y SEDIMENTACIÓN

ACT-004

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante conozca el proceso de tratamiento de agua potable y la aplicación de floculantes, para precipitación de partículas en suspensión.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar el principio disociativo que precede la floculación
2. Relacionar la información obtenida con la disociación de la sal floculante por medio del diagrama de Sillen.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Hornilla con agitación
 - Potenciómetro
 - Sistema de filtración al vacío
- Cristalería e instrumentos
 - 1 Balón aforado 1 L
 - 5 Beaker 600 mL
 - 1 Espátula
 - 1 Lápiz de succión
 - 1 Pipeta serológica 1 mL
 - 1 Pliego de papel filtro
 - 1 Probeta de 25 mL
 - 1 Probeta 500 mL

Continuación del apéndice 3.

5 Magnetos para agitación
1 Vidrio de reloj

- Reactivos
Agua de río con alta turbidez
Sulfato de aluminio

GENERALIDADES

El proceso de disociación se da cuando una sal en solución se separa en sus iones. Este efecto provoca zonas con cargas positivas y otras con carga negativa, en la solución. La floculación es un proceso mediante el cual se usa el proceso de disociación para neutralizar las cargas de partículas suspendidas en agua poluta y desestabilizándolas para que se coagulen, floculen y finalmente se sedimenten.

En la práctica se usará un agente floculante que se agregará a muestras de agua poluta a distintas concentraciones, para determinar la dosis óptima de floculante que debe aplicarse a esa muestra que elimine las partículas en suspensión. Los alumnos deben medir la cantidad de material sedimentado por este medio.

La práctica debe permitir que el estudiante conozca las aplicaciones de las sales disociadas, especialmente en el proceso de tratamiento de agua potable por floculación; Además, el estudiante podrá ver de forma indirecta el efecto de la disociación de la sal y podrá relacionar esta información para determinar la constante de equilibrio de la sal, por medio del diagrama de Sillen.

Continuación del apéndice 3.

PROCEDIMIENTO

1. Tomar una muestra de agua de río o agua con arcilla de al menos 5 L, según el número de integrantes.
2. Homogenizar la muestra por medio de agitación.
3. Tomar "n" muestras de 500 mL.
4. Agitar constantemente la muestra durante el resto del proceso, en el agitador magnético.
5. Preparar las soluciones de sulfato de aluminio que se muestran en la Tabla 2.
6. Medir el pH de cada solución preparada.
7. A cada muestra se le debe dosificar una de las soluciones de sulfato de aluminio, identificando correctamente cada una.
8. Agitar la muestra constantemente en una hornilla con agitación magnética.
9. Detener la agitación luego de 15 min.
10. Dejar que las mezclas se sedimenten.
11. Separar el agua aclarada de los flocúlos cuidadosamente.
12. Medir la masa y volumen de los flocúlos formados.
13. Repetir los pasos 2 a 12, dos veces.

Tabla 2

Concentración de las soluciones de sulfato de aluminio

Solución	Concentración (mg/L)
1	60
2	65
3	70
4	75
5	80

Nota. Estos rangos aplican para agua tomada de ríos de la Ciudad de Guatemala en invierno. Se puede consultar el rango de dosificación con Ing. Zenón Much, del laboratorio de EMPAGUA en USAC. Tórtola (2022)

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar la constante de equilibrio del floculante.
2. Determinar dosis óptima de floculante.
3. Graficar el proceso de disociación de la sal en un diagrama de Sillen.

Continuación del apéndice 3.

SALES HIDROLIZABLES

ACI-005

OBJETIVO GENERAL

Que los alumnos sean capaces de identificar aquellas especies que pueden sufrir hidrólisis y comprendan el concepto de carácter ácido y carácter básico, cuando los compuestos no poseen iones H^+ o iones OH^- .

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar qué sales son capaces de sufrir una hidrólisis.
2. Desarrollar la capacidad de determinar la constante de hidrólisis.
3. Investigar la teoría ácido-base de forma cronológica, compararla con la teoría de Bronsted-Lowry y determinar cuál teoría categoriza compuestos que no siguen la teoría de Bronsted-Lowry

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Potenciómetro
- Cristalería e instrumentos
 - 4 Balón aforado 50 mL
 - 4 Beaker 100 mL
 - 1 Espátula
 - 1 Varilla de agitación
 - 1 Vidrio de reloj
- Reactivos
 - Acetato de amonio
 - Acetato de sodio
 - Cloruro de sodio
 - Cloruro de amonio

Continuación del apéndice 3.

GENERALIDADES

El proceso de hidrólisis se da en sales conjugadas de especies débiles, por lo que las sales de especies fuertes no sufren hidrólisis. Para que los alumnos sean capaces de distinguir y visualizar las especies que sufren hidrólisis, experimentarán con cuatro sales, dos de ellas sufren la hidrólisis de uno de sus iones, una sufre la hidrólisis de sus dos iones y la última no puede hidrolizarse.

En la práctica los alumnos realizarán soluciones de las sales, medirán el pH de cada solución y determinarán si la sal se ha hidrolizado. En la práctica también se introducirán las teorías ácido-base, con ácidos que no poseen el ion H^+ o bases que no poseen iones OH^- .

Con esta práctica se espera que los alumnos sean capaces de determinar el carácter hidrolizable de las sales, según su procedencia; que puedan determinar la constante de hidrólisis y que conozcan las teorías de ácidos y bases.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 100 mL de soluciones 1 M de cada una de las siguientes sales: cloruro de sodio, cloruro de amonio, acetato de sodio y acetato de amonio.
2. Tomar 20 mL de cada solución salina.
3. Medir el pH de cada solución, cinco veces, limpiando el electrodo en cada medición.
4. Repetir "2n" veces, disminuyendo la concentración de las soluciones salinas una décima en cada repetición (obteniendo las concentraciones: 1 M, 0,1 M, 0,01 M, 0,001 M, etc.).

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar cuáles sales sufren hidrólisis.
2. Determinar la constante de equilibrio de las sales.
3. Determinar los pares conjugados ácidos y básicos de cada sal.
4. Determinar cuál ley describe el carácter ácido/básico de cada ion.
5. Graficar el proceso en un Diagrama de Sillen.

Continuación del apéndice 3.

ESTABILIZADORES DE pH EN COSMÉTICA

ACI-006

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante conozca aplicaciones industriales de las soluciones amortiguadoras.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Reconocer el rango de pH de aplicación de las diferentes soluciones amortiguadoras.
2. Aplicar las habilidades prácticas en la elaboración de productos cosméticos.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Hornilla con agitación
 - Potenciómetro
- Cristalería e instrumentos
 - 2 Balón aforado 100 mL
 - 4 Beaker 600 mL
 - 1 Envase de 1.5 L o varios con un volumen equivalente aproximado
 - 1 Pipeta Volumétrica 5 mL
 - 1 Probeta 10 mL
 - 1 Probeta 25 mL
 - 1 Varilla de agitación
 - 1 Vidrio de reloj
 - 1 Magneto para agitación

Continuación del apéndice 3.

- Reactivos
 - Acetato de sodio
 - Ácido acético
 - Ácido cítrico
 - Bicarbonato de sodio
 - Hidróxido de sodio
 - Kit de crema antiarrugas o crema facial

GENERALIDADES

Las soluciones amortiguadoras ayudan a estabilizar el pH, esto se debe a que se encuentra una especie débil y su sal conjugada en solución, esto permite que una neutralización de la especie resulte en un aumento de esta y la formación de la sal por hidrólisis forzada. Por esta razón las soluciones buffer no permiten cambios bruscos en el pH, a esto se le denomina efecto de ion común.

En la práctica los alumnos prepararán un producto cosmético, crema hidratante, que requiere un pH específico para aplicarse en la zona facial sin causar irritación o deshidratación ($4 < \text{pH} < 5$); por lo que aplicarán una solución estabilizadora que asegure que el pH se mantenga dentro de estos límites. Prepararán la solución amortiguadora, medirán y corregirán el pH del producto, para estabilizarlo con la solución. Evaluarán la eficacia del amortiguador aplicando pequeñas cantidades de solución básica y medirán el pH para verificar si ha funcionado el estabilizador.

Se espera que el estudiante conozca aplicaciones de las soluciones amortiguadoras, el rango de pH de aplicación de diversas soluciones y que sea capaz de preparar el producto cosmético, para mejorar sus habilidades prácticas.

Continuación del apéndice 3.

PROCEDIMIENTO

Los alumnos como parte de su protocolo deben investigar el pH adecuado para productos cosméticos que se aplican en la zona facial.

1. Los alumnos deben preparar una crema facial en frío siguiendo las instrucciones brindadas por la Distribuidora el Caribe o Quimiprova, según donde adquieran el kit.
2. Medir el pH del cosmético preparado.
3. Si el pH del cosmético se encuentra por debajo de 4, añadir 1 mL de solución bicarbonato de sodio 0.1 M, hasta estabilizar el pH entre 4 y 5.
4. Si el pH del cosmético se encuentra por arriba de 5, se añadir 1 mL de ácido cítrico 0.1 M, hasta estabilizar el pH entre 4 y 5.
5. Preparar 25 mL de solución buffer de ácido acético con acetato de sodio 2 M y ácido acético 2 M.
6. Preparar 50 mL de solución hidróxido de sodio 0.1 M.
7. Tomar una muestra de 50 mL del producto cosmético con pH entre 4 y 5.
8. Añadir 0.5 mL de solución buffer.
9. Aplicar una descarga de 1 mL de la solución hidróxido de sodio 0.1 M.
10. Medir el pH del producto.
11. Repetir los pasos 9 y 10, "n" veces, añadiendo 1 mL más en cada repetición.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar el rango de pH de la solución amortiguadora.
2. Determinar constante de equilibrio de la solución amortiguadora.
3. Determinar el límite de amortiguamiento.
4. Determinar la reacción de equilibrio de amortiguamiento.

Continuación del apéndice 3.

FERTILIZANTES

ACI-007

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante conozca una aplicaciones de ácidos polipróticos y cómo pueden neutralizarse con diversas bases, para obtener productos de interés económico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer las diferentes aplicaciones de las sales derivadas del ácido poliprótico.
2. Observar el efecto de la neutralización de sales conjugadas
3. Observar el comportamiento de pH durante las neutralizaciones.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Hornilla con agitación
 - Potenciómetro
- Cristalería e instrumentos
 - 2 Balón aforado 100 mL
 - 1 Balón aforado 50 mL
 - 2 Beaker 250 mL
 - 1 Lápiz de succión
 - 3 Matraz erlenmeyer 250 mL
 - 1 Pipeta volumétrica 1 mL
 - 1 Probeta 25 mL
 - 1 Varilla de agitación
 - 1 Magneto para agitación
- Reactivos
 - Ácido fosfórico
 - Amoniacó anhidro

Continuación del apéndice 3.

GENERALIDADES

Los ácidos polipróticos poseen más de un ion H^+ , por lo que para neutralizarse completamente deben eliminarse los iones uno a uno. Cada neutralización da una sal ácida como resultado, hasta que se neutraliza por completo. En ácido fosfórico al neutralizarse con amoníaco forma sales ricas en fósforo y amonio, lo que las hace excelentes fertilizantes.

Los estudiantes prepararán soluciones de ácido fosfórico y de amoníaco, además de soluciones de especies diluidas. Neutralizarán el ácido fosfórico de tal forma que sea posible formar las tres sales del ácido, se evaluará el pH de cada sal en solución y se titularán para determinar la concentración de la sal.

Se espera que los alumnos conozcan procesos de síntesis de productos de interés económico, las aplicaciones de las sales derivadas de un ácido observen la neutralización de sales conjugadas y el comportamiento del pH durante la neutralización.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 100 mL de solución de ácido fosfórico 2 M.
2. Preparar 150 mL de solución de amoníaco 2 M.
3. Tomar una alícuota de 25 mL ácido fosfórico 2 M.
4. Neutralizar la alícuota con 25 mL de amoníaco 1 M, medir el pH luego de cada 1 mL agregado, agitar bien la muestra.
5. Medir el pH de la solución al finalizar la neutralización, tomar cinco veces esta medida, en intervalos de 30 s, aproximadamente.
6. Repetir los pasos 3 a 5, tres veces, aumentando el volumen de amoníaco 2 M, que se utiliza en la reacción de neutralización, en 25 mL cada vez.
7. Compartir los datos obtenidos entre los equipos.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar la reacción de neutralización para formar cada sal.
2. Determinar la constante de equilibrio de cada reacción.
3. Construir la curva volumétrica de reacción.

Continuación del apéndice 3.

ANÁLISIS DE ACIDEZ EN JUGOS FRUTALES

ACI-008

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante aplique los diferentes métodos para la determinación de la constante de equilibrio y reconozca el proceso productivo de productos con ácidos débiles polipróticos en su composición.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer diversas especies ácidas débiles y dónde pueden encontrarse de forma natural.
2. Contruir las curvas volumétricas y determinar el punto de equilibrio.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Potenciómetro
- Cristalería e instrumentos
 - 1 Balón aforado 100 mL
 - 2 Beaker 250 mL
 - 1 Bureta 25 mL
 - 1 Matraz erlenmeyer 250 mL
 - 1 Pinza mariposa
 - 1 Probeta 25 mL
 - 1 Soporte universal
 - 1 Varilla de agitación
 - 1 Vidrio de reloj

Continuación del apéndice 3.

- Reactivos
Hidróxido de sodio
Jugos frutales cítricos
Indicador

GENERALIDADES

Los ácidos orgánicos son especies que pueden encontrarse en la naturaleza, el ácido cítrico es uno de ellos y puede encontrarse en frutos como la naranja, el limón, la toronja y similares. En la fabricación de jugos frutales cítricos se realiza una cuantificación del contenido de ácido cítrico como control de calidad.

Los alumnos podrán seleccionar tres jugos frutales de marca comercial que contengan ácido cítrico, deben realizar una determinación de acidez, por medio de una titulación y medirán el pH de la muestra. Se espera que los estudiantes apliquen los métodos para determinar la constante de equilibrio, en un ácido con más de un equilibrio. Los estudiantes podrán conocer diversos ácidos débiles polipróticos.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 100 mL de solución NaOH 0.01 M.
2. Tomar una muestra de 10 mL de jugo frutal.
3. Titular el jugo con la solución NaOH 0.01 M y simultáneamente medir el pH de la solución con cada 1 mL añadido.
4. Cuando el pH se acerque a 5, medir pH luego de añadir cada gota.
5. Repetir los pasos 2 al 4, "n" veces.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar acidez de la muestra.
2. Determinar la constante de acidez de la muestra.
3. Determinar la reacción de neutralización.
4. Construir la curva volumétrica de la neutralización.
5. Construir un diagrama del proceso de producción de jugos frutales.

Continuación del apéndice 3.

MATERIAL DIDÁCTICO

Podrá acceder a todo el material didáctico que acompaña este manual, ingresando a la página de Notion por medio del siguiente enlace:

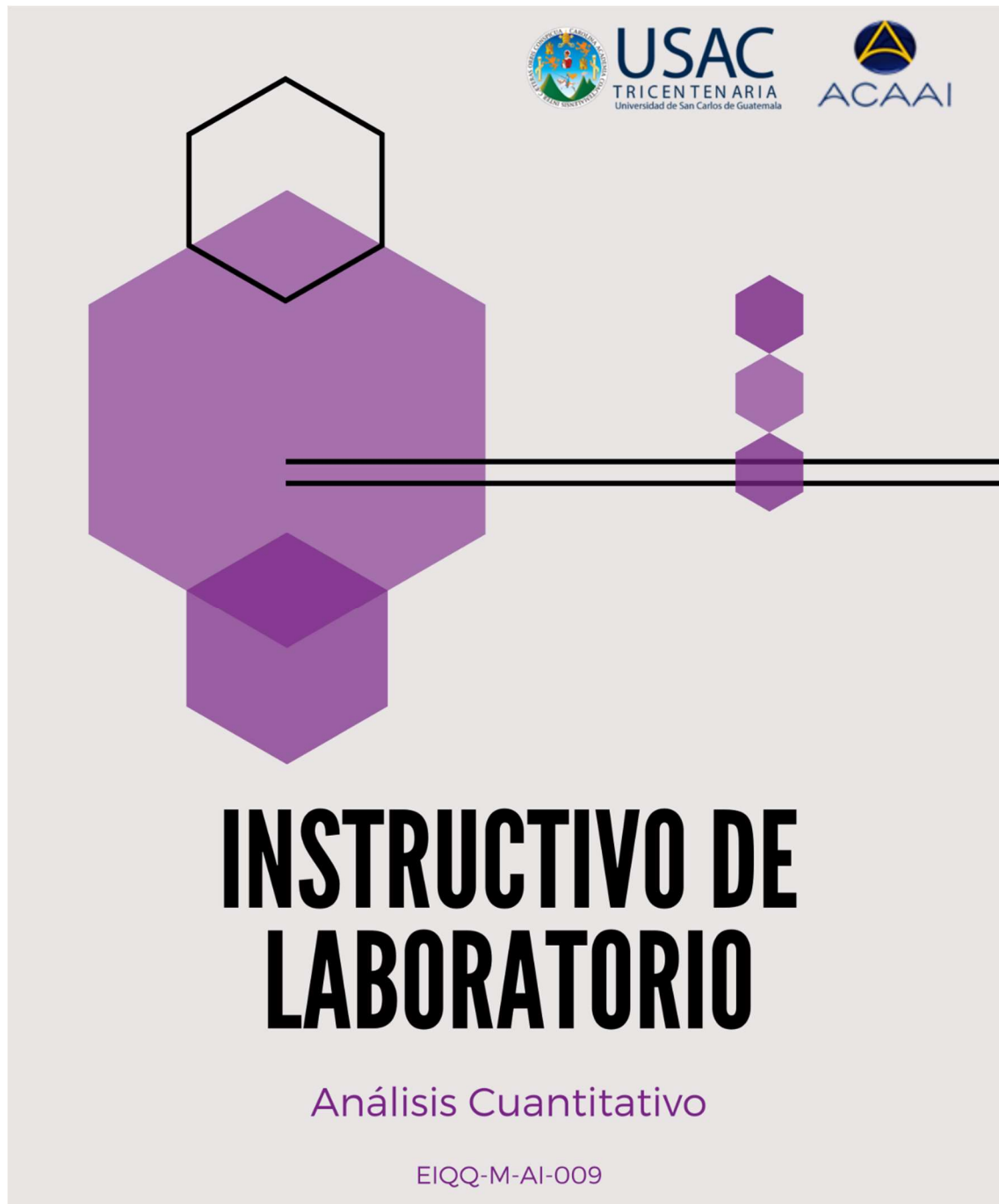
<https://acortar.link/cigZEj>

También puede escanear el siguiente código QR:




Continuación del apéndice 3.

- Análisis Cuantitativo



Continuación del apéndice 3.



ANÁLISIS CUANTITATIVO

Tesis por María José Tórtola Morales
Asesorado por Inga. Adela María Marroquín Gonzales
Revisado por Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

Continuación del apéndice 3.

DIRECTOR DE ESCUELA

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

COORDINADOR DE ÁREA

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez

SUPERVISOR DE LABORATORIO

Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo

CATEDRÁTICOS DEL CURSO

Ing. César Alfonso García Guerra
Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez


CATEDRÁTICOS INSTRUCTORES

Inga. Mercedes Esther Roquel Chávez
Inga. Adela María Marroquín González
Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa
Ing. Gerardo Ordoñez

Edificio T5, primer nivel, laboratorios 1 y 2



Continuación del apéndice 3.



EIQQ-M-QA-009

INSTRUCTIVO DE LABORATORIO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO


OBJETIVOS

General


Detallar las prácticas del laboratorio de Análisis Cuantitativo.

Específicos

- 1.Describir la metodología que se aplicará en cada práctica de laboratorio.
- 2.Detallar los resultados que deben obtener y reportar los estudiantes.
- 3.Guiar al estudiante durante las prácticas de laboratorio.




Continuación del apéndice 3.



INDICACIONES DEL PRIMER DÍA

Desde el primer día debe presentarse a laboratorio con todo el equipo de protección personal. Debe llevar su expediente con fotografía (nítida y a colores) y la hoja de reglamento de laboratorio firmada.

Previamente se le aconseja leer el Plan de contingencia de la Escuela de Ingeniería Química y el Protocolo de laboratorio de Química.



Continuación del apéndice 3.

SOLUBILIDAD Y FORMACIÓN DE CRISTALES

AC2-001

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante identifique la diferencia entre calentar una mezcla para aumentar la solubilidad del soluto y calentar una sustancia para evaporar el solvente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar la diferencia entre calentar una mezcla para aumentar la solubilidad del soluto y calentar una sustancia para evaporar el solvente.
2. Conocer el proceso de cristalización del azúcar.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Hornilla con agitación
 - Termómetro
 - Filtro al vacío
- Cristalería e instrumentos
 - 1 Beaker 250 mL
 - 5 Beaker 600 mL
 - 1 Magnetos de agitación
 - 1 Palangana
 - 1 Piseta
 - 1 Pliego de papel filtro
 - 1 Varilla de agitación

Continuación del apéndice 3.

- Reactivos
 - Agua
 - Azúcar
 - Hielo de agua

GENERALIDADES

La solubilidad es la cantidad máxima de soluto que un solvente puede solubilizar a ciertas condiciones, esta se ve seriamente afectada por las variaciones de temperatura, al disminuir la temperatura de una solución, la solubilidad disminuye; además, al llevar la mezcla al punto de fusión, la evaporación de solvente aumenta la concentración de la solución, provocando una precipitación ocasional.

En esta práctica los alumnos experimentarán con la variación de masa de soluto disuelta, al aumentar y disminuir la temperatura de una solución de sacarosa. De esta forma podrá identificar los efectos del calentamiento y enfriamiento en la solubilidad, además se introducirá al alumno al proceso de cristalización del azúcar.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 5 soluciones de 490 g de sacarosa/100 g de agua (a 20 °C, aproximadamente).
2. Preparar un baño de hielo, con una temperatura menor a 10 °C (se puede añadir sal para disminuir la temperatura del hielo).
3. Enfriar la primera solución hasta 10 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
4. Mantener la segunda solución a 20 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
5. Calentar la tercera solución hasta 40 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
6. Calentar la cuarta solución hasta 70 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
7. Calentar la quinta solución hasta 100 °C, separarán la sacarosa precipitada, la secarán y medirán la masa de la solución y de la sacarosa precipitada.
8. Luego de haber llevado cada solución a un punto de saturación diferente, dejar que todas las soluciones vuelvan a la temperatura ambiente y comparar las propiedades organolépticas de las soluciones.
9. Compartir los datos obtenidos entre equipos.

Continuación del apéndice 3.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Construir la curva de solubilidad en el rango de temperatura trabajado.
2. Determinar la trayectoria del proceso de cada solución.

Continuación del apéndice 3.

EDTA COMO AGENTE QUELANTE

AC2-002

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante relacione sus conocimientos a aplicaciones médicas, para ampliar su campo laboral y motivar la investigación científica en campos no industriales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar las propiedades quelantes del EDTA.
2. Conocer el procedimiento para evaluar la concentración de un compuesto a través de retrovaloración.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
- Instrumentos
 - 1 Balón aforado 50 mL
 - 1 Beaker 250 mL
 - 1 Bureta 25 mL
 - 1 Gradilla
 - 1 Pinza mariposa
 - 1 Pinzas
 - 1 Probeta 25 mL
 - 1 Soporte universal
 - 9 Tubos de ensayo 20 mL
 - 1 Varilla de agitación
 - 1 Vidrio de reloj
- Reactivos
 - Agua destilada
 - EDTA
 - Hidróxido de sodio
 - Piezas dentales

Continuación del apéndice 3.

GENERALIDADES

La síntesis de los compuestos de coordinación implica la interacción de un átomo central, generalmente un metal, y ligandos; por lo que esta reacción se aprovecha para la extracción de diversos metales. El EDTA es un agente quelante que se utiliza para extraer calcio de algunos sistemas, una de sus aplicaciones más comunes es la extracción de calcio del esmalte dental para reducir la dureza de este, como parte de un tratamiento de las caries.

En la práctica se plantea un experimento en conjunto con la Facultad de Odontología, en la que los alumnos aplicarán EDTA sobre piezas dentales, para la reducción del calcio en el esmalte de estas; posteriormente harán una evaluación del efecto del tratamiento. De esta forma conocerán diversas aplicaciones de los compuestos de coordinación y podrán evaluar las propiedades quelantes del EDTA.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 50 mL de las siguientes soluciones de EDTA en la tabla 1.
2. Estandarizar cada una de las soluciones.
3. Colocar las piezas dentales en tubos de ensayo, una por tubo, en total se requieren 9 piezas dentales. Debe verificar que los tubos estén propiamente identificados y que las piezas sean aproximadamente iguales.
4. Aplicar 15 mL de solución No. 1 a tres tubos de ensayo, 15 mL de solución No. 2 a los siguientes tres tubos de ensayo y 15 mL de solución No. 3 a los últimos tres tubos de ensayo.
5. Dejar reposar las piezas en las soluciones por 10 min, 20 min y 30 min; como se muestra en la Tabla 2.
6. Extraer las piezas dentales de los tubos de ensayo, sin desechar la solución de EDTA en estos.
7. Preparar 500 mL solución de hidróxido de sodio 0.05 M estándar.
8. Añadir fenolftaleína a cada solución, como indicador.
9. Titular cada muestra (solución EDTA) con la solución de hidróxido de sodio, hasta que vire.
10. Medir el volumen de gasto en cada una de las muestras y determinar la cantidad de calcio extraída de cada pieza dental.

Continuación del apéndice 3.

Tabla 1

Soluciones de EDTA para tratamiento de la dentina

Solución	Concentración (%)
1	5%
2	10%
3	17%

Nota. Tórtola (2022)

Tabla 2

Distribución de muestras, tiempos de exposición y dosis

Muestra	Solución	Tiempo de exposición (min)
1	1	10
2	1	20
3	1	30
4	2	10
5	2	20
6	2	30
7	3	10
8	3	20
9	3	30

Nota. Tórtola (2022)

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Evaluar los cambios químicos del esmalte dental luego del tratamiento.
2. Determinar reacción química del tratamiento.
3. Determinar la cantidad de calcio extraída de cada pieza.
4. Comparar resultados de cada pieza.

Continuación del apéndice 3.

BATERÍA REDOX

AC2-003

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante conozca la aplicación de las baterías redox y la aplicación de la electrogravimetría.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Construir una batería redox del par cinc-cobre.
2. Evaluar el voltaje promedio de la batería.
3. Determinar la cantidad de metal disuelto en la celda de cobre por medio de electrogravimetría.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Voltímetro
 - Balanza
- Instrumentos
 - 2 Balón aforado 250 mL
 - 2 Beaker 250 mL
 - 1 Cable conductor con lagartos
 - 1 Papel filtro
 - 1 Varilla de agitación
 - 1 Vidrio de reloj
- Reactivos
 - Cloruro de sodio
 - Placa de cinc
 - Placa de cobre
 - Sulfato de cinc
 - Sulfato de cobre

Continuación del apéndice 3.

GENERALIDADES

La reacción de Reducción – Oxidación, tiene una de sus principales aplicaciones en las baterías redox, que pueden ser electrolíticas o galvánicas. Las cuales son capaces de transformar energía química en energía eléctrica (galvánicas) o a la inversa (electrolíticas), debido a una transferencia de electrones.

Este experimento consiste en la construcción de una celda galvánica (Cinc-Cobre), a la cual deberán realizarle una prueba de voltaje y posteriormente deberán cuantificar el metal disuelto en las celdas por medio de electrogravimetría. Los alumnos intentarán revertir la reacción por medio de la aplicación de una corriente eléctrica.

Los alumnos deberán determinar el voltaje promedio generado por la celda, las reacciones parciales y totales de la batería, y el avance de la reacción en cada una de las semiceldas.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar una solución saturada de cloruro de sodio.
2. Colocar un trozo rectangular (largo) de papel filtro en la solución saturada, dejar reposar 10 min, hasta que el papel esté completamente mojado, eliminar el exceso de humedad cuidadosamente.
3. Preparar 200 mL de soluciones 1 M de sulfato de cinc y sulfato de cobre.
4. Cada solución se colocará en un beaker de 250 mL.
5. Pesar las piezas de cinc y cobre.
6. Colocar la pieza de cinc en el beaker con sulfato de cinc y la pieza de cobre en el beaker con sulfato de cobre, conectadas entre sí por medio del cable conductor.
7. Colocar el puente salino de papel filtro entre ambos beakers, asegurando que cada extremo esté sumergido en la solución respectiva.
8. Conectar un extremo del multímetro en la pieza de cobre y el otro extremo en la pieza de cinc, tomar las medidas del voltaje medido según la Tabla 3.
9. Al finalizar la medición de voltajes desconectar el voltímetro, quitar el puente salino y extraer las piezas metálicas de las semiceldas.
10. Pesar las piezas de cinc y cobre.
11. A la solución de sulfato de cobre, añadir 25 % más de masa de cinc con respecto a la cantidad de sulfato de cobre añadido inicialmente y mezclar con el agitador magnético.
12. Añadir también 30 % más de masa de ácido clorhídrico con respecto a la cantidad de sulfato de cobre añadido al inicio y nuevamente se mezclará con el agitador magnético.

Continuación del apéndice 3.

13. Dejar reposar la reacción por 20 min, esperando que se forme un precipitado.
14. Filtrar el precipitado al vacío y lavarlo tres veces.
15. Secar el filtrado a 120 °C por 24 h.
16. Pesar el sólido recuperado.

Tabla 3

Medidas de voltaje generado por la batería redox

Tiempo (s)	Voltaje (mV)
0	
30	
60	
90	
120	

Nota. Tórtola (2022)

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar la reacción en cada semicelda.
2. Determinar la reacción de la batería redox.
3. Determinar el voltaje promedio generado por la celda.
4. Cantidad de metal adherido a la pieza de cada semicelda.
5. Sulfato de cobre restante en la semicelda.

EVALUACIÓN DE DUREZA TEMPORAL Y ALCALINIDAD DE AGUA DE CALDERAS

AC2-004

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante comprenda el concepto de dureza temporal y alcalinidad, para que conozca los valores mínimos y máximos de estos en agua de calderas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los valores de dureza temporal y alcalinidad de la muestra de agua antes y después de eliminar las durezas por ebullición.
2. Conocer la forma de eliminar la dureza temporal.
3. Conocer el riesgo de usar agua de calderas con dureza temporal.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Hornilla
 - Potenciómetro
- Instrumentos
 - 1 Beaker 1 L
 - 2 Beaker 250 mL
 - 1 Bureta 25 mL
 - 4 Matraz erlenmeyer 250 mL
 - 1 Pinza de mariposa

Continuación del apéndice 3.

1 Probeta 100 mL
1 Soporte universal
1 Varilla de agitación
1 Vidrio de reloj

- Reactivos
Ácido clorhídrico
Agua de grifo
Biftalato ácido de potasio
Hidróxido de sodio
Indicador

GENERALIDADES

La dureza temporal es debida a los bicarbonatos de calcio y de magnesio, que se encuentran disueltos en el agua, se le denomina temporal, ya que puede eliminarse por medio de la ebullición. Esta es una variable de control muy importante en la calidad de agua para calderas, ya que estos compuestos suelen sedimentarse e incrustarse en el equipo.

La práctica consiste en evaluar la dureza temporal y alcalinidad del agua del servicio municipal, antes y después de aplicar un tratamiento de eliminación de dureza temporal, para comparar esta información con los parámetros de calidad del agua para calderas. Con este experimento se busca introducir al estudiante las normativas, estándares, reglas y leyes relacionadas a la calidad del agua, especialmente al agua para calderas (ASTM, ASME, ISO, COGUANOR, etc.); además, que sea capaz de tratar las durezas temporales y reconozca el riesgo que estas representan en los equipos.

PROCEDIMIENTO

En esta práctica se plantea el uso de blancos, para eliminar la interferencia del agua desmineralizada, que no suele tener la misma pureza que el agua destilada; en caso de utilizar agua destilada, no se requiere la titulación de los blancos, en este caso únicamente se deben añadir 10 mL de HCl 0.1 M para asegurar la coloración del viraje.

1. Tomarán una muestra de 2 L de agua del grifo bien homogeneizada.
2. Preparar 200 mL de solución HCl 0.1 M y estandarizarla.
3. Medir pH de la muestra de agua.
4. Para determinar cantidad de hidróxido de sodio:

Continuación del apéndice 3.

- Titular con HCl 0.1 M un blanco de 25 mL de agua desmineralizada, con una o dos gotas de fenolftaleína.
- Medir el volumen de gasto en el blanco.
- Tomar 10 mL de la muestra original y colocarla en un matraz erlenmeyer.
- Agregar 25 mL de agua desmineralizada a la muestra.
- Añadir una o dos gotas de fenolftaleína a la muestra.
- Titular la muestra con HCl 0.1 M hasta el punto de viraje.
- Medir volumen de gasto.

5. Para determinar cantidad de carbonato de sodio:

- Titular con HCl 0.1 M el mismo blanco de agua desmineralizada, con una o dos gotas de naranja de metilo.
- Medir el volumen de gasto en el blanco.
- Tomar 10 mL de la muestra original y colocarla en un matraz erlenmeyer.
- Agregar 25 mL de agua desmineralizada a la muestra.
- Añadir una o dos gotas de fenolftaleína y titular con HCl 0.1 M hasta el punto de viraje.
- Medir volumen de gasto.
- Añadir una o dos gotas de naranja de metilo.
- Continuar titulación hasta que vire el segundo indicador.
- Medir el volumen de gasto.

6. Para determinar la cantidad de bicarbonato de sodio:

- Titular con HCl 0.1 M un nuevo blanco de 25 mL de agua desmineralizada, con una o dos gotas de naranja de metilo.
- Titular con HCl 0.1 M el blanco de agua desmineralizada, con una o dos gotas de fenolftaleína.
- Medir el volumen de gasto en cada titulación del blanco.
- Tomar 10 mL de la muestra original y colocarla en un matraz erlenmeyer.
- Agregar 25 mL de agua desmineralizada a la muestra.
- Añadir una o dos gotas de naranja de metilo y titular con HCl 0.1 M hasta el punto de viraje.
- Medir volumen de gasto.
- Añadir una o dos gotas de fenolftaleína.
- Continuar titulación hasta que vire el segundo indicador.
- Medir el volumen de gasto.

7. Para determinar cantidad de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio:

Continuación del apéndice 3.

- Titular con HCl 0.1 M el mismo blanco de agua desmineralizada, con una o dos gotas de fenolftaleína.
- Titular con HCl 0.1 M un blanco de 25 mL de agua desmineralizada, con una o dos gotas de naranja de metilo.
- Medir volumen de gasto en cada titulación del blanco.
- Tomar 10 mL de la muestra original y colocarla en un matraz erlenmeyer.
- Agregar 25 mL de agua desmineralizada a la muestra.
- Añadir una o dos gotas de fenolftaleína y titular con HCl 0.1 M hasta el punto de viraje.
- Medir volumen de gasto.
- Añadir una o dos gotas de naranja de metilo.
- Continuar titulación hasta que vire el segundo indicador.
- Medir el volumen de gasto.

8. Para determinar la dureza temporal:

- Tomar 25 mL de la muestra original y colocarla en un erlenmeyer.
- Añadir una o dos gotas de fenolftaleína y titular con HCl 0.1 M hasta el punto de viraje.
- Medir volumen de gasto.
- Añadir una o dos gotas de naranja de metilo.
- Continuar titulación hasta que vire el segundo indicador.
- Medir el volumen de gasto.

9. Colocar 1 L de la muestra original en una hornilla de calentamiento y llevar al punto de ebullición, esperar 15 min y apagar la hornilla de calentamiento.

10. Filtrar el agua al vacío de inmediato, con precaución, ya que esta estará caliente.

11. Repetir los pasos del 3 al 8 en el agua tratada.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar la dureza temporal y alcalinidad en agua del servicio municipal.
2. Determinar la dureza temporal y alcalinidad en agua del servicio municipal tratada.
3. Evaluar el efecto del tratamiento aplicado.

EVALUACIÓN DE CLORUROS EN AGUA DE CALDERAS

AC2-005

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante comprenda la importancia del control y eliminación de cloruros en agua de calderas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar la capacidad de determinar la concentración de cloruros en muestras de agua.
2. Conocer el daño que los cloruros pueden provocar en el agua de calderas.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Potenciómetro
- Instrumentos
 - 1 Beaker 250 mL
 - 1 Bureta 25 mL
 - 3 Matraz erlenmeyer 250 mL
 - 1 Pinza de mariposa
 - 1 Pipeta 10 mL
 - 1 Probeta 25 mL

Continuación del apéndice 3.

1 Soporte universal
1 Varilla de agitación
1 Vidrio de reloj

- Reactivos
Ácido nítrico concentrado
Cloruro de sodio
Fluoresceína
Indicador cromato de potasio
Indicador de hierro III
Nitrato de plata
Tiocianato de potasio

GENERALIDADES

Los cloruros son sales metálicas, que no generan un problema de potabilidad del agua, pero provocan daños en conductos y estructuras metálicas. Por estas razones es un parámetro de control importante en la calidad de agua para calderas.

El alumno deberá evaluar la concentración de cloruros disueltos en agua, por medio de los métodos de Mohr, Fajans y Mohr-Volhard. Además, los alumnos deben investigar otros métodos para cuantificar cloruros y los métodos para eliminarlos, especialmente en agua para calderas. Con esta práctica se continua la evaluación de normas, especificaciones, etc. y se amplía la información sobre los tratamientos de agua para calderas.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 100 mL de solución NaCl 0.05 M.
2. Preparar 25 mL de solución patrón de nitrato de plata 0.1 M.
3. Preparar una solución KSCN 0.1 M.
4. Método de Mohr:

- Colocar 10 mL de solución de NaCl 0.05 M en un erlenmeyer.
- Medir pH de la muestra
- Añadir una o dos gotas de cromato de potasio o cromato de sodio.
- Valorar con una solución patrón de nitrato de plata 0.1 M.
- Detener la titulación cuando aparezca el color teja del cromato de plata.

5. Método de Fajans:

Continuación del apéndice 3.

- Colocar 10 mL de solución NaCl 0.05 M en un erlenmeyer.
- Medir pH de la muestra
- Añadir indicador de fluoresceína.
- Valorar la solución patrón de nitrato de plata 0.1 M hasta la primera aparición del color rosado del indicador.

6. Método de Mohr-Volhard:

- Colocar 10 mL de solución NaCl 0.05 M en un erlenmeyer.
- Medir pH de la muestra
- Añadir 20 mL de solución patrón de nitrato de plata 0.1 M.
- Acidificar la muestra con 1 mL de ácido nítrico concentrado.
- Agregar 0.5 mL de cloruro de hierro (III) y agitar vigorosamente.
- Valorar el exceso de nitrato de plata con KSCN 0.1 M, hasta que el color del complejo formado sea permanente.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar la cantidad de cloruros en la muestra
2. Determinar si la muestra cumple los parámetros de cloruros en agua: para calderas, para uso agrícola y para consumo humano.
3. Evaluar la precisión de los métodos.

Continuación del apéndice 3.

EVALUACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUA DE CALDERAS

AC2-006

OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante conozca la importancia del control de dureza total en agua de caldera y conozca los métodos para medir y eliminar esta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer los valores mínimos y máximos de dureza total en agua de caldera, agua potable y agua de consumo humano.
2. Conocer los métodos de eliminación y reducción de dureza total.
3. Conocer otra aplicación de los compuestos de coordinación.
4. Desarrollar la capacidad de determinar la concentración aislada de cada ion metálico.

EQUIPO, INSTRUMENTOS Y REACTIVOS

- Equipo
 - Balanza
 - Potenciómetro
- Instrumentos
 - 1 Beaker 250 mL
 - 1 Bureta 25 mL
 - 2 Matraz erlenmeyer 250 mL
 - 1 Pinza de mariposa
 - 1 Pipeta serológica 10 mL
 - 1 Probeta 25 mL
 - 1 Soporte universal

Continuación del apéndice 3.

1 Varilla de agitación

1 Vidrio de reloj

- Reactivos
 - Cloruro de calcio
 - Cloruro de magnesio
 - EDTA
 - Hidróxido de sodio
 - Indicador Calcón
 - Indicador negro de eriocromo T
 - Resina iónica
 - Solución buffer amoniacal $\text{pH}=10\pm 0.1$

GENERALIDADES

La dureza total es la suma de las durezas individuales, causadas por iones de calcio, magnesio, estroncio y bario. Estos minerales provocan sedimentación, incrustación y otros daños. Se eliminan con mayor dificultad que las durezas temporales y son una variable de control en el agua para calderas.

La práctica es estructuralmente igual a la práctica de dureza temporal, sin embargo la metodología difiere, el tratamiento que se aplicará al agua será un intercambio iónico con resina; al igual que la práctica anterior, deben evaluar la dureza total antes y después de este tratamiento. De esta forma el estudiante conocerá los parámetros de dureza total en agua para calderas, los métodos para reducirla y eliminarla, y los métodos complejométricos que se usan para estimar los valores de esta.

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 25 mL de las soluciones cloruro de magnesio 0.01 M y cloruro de calcio 0.01 M.
2. Preparar y estandarizar una solución de 200 mL de EDTA 0.01 M.
3. Preparar 50 mL de solución NaOH 1 M.
4. Tomar una muestra de 300 mL de agua de grifo.
5. Colocar 150 mL de la muestra de agua de grifo (por equipo) en el tanque suavizador y dejarla en el tanque por al menos 20 min, puede consultar su uso en el "Manual de uso y mantenimiento del tanque suavizador".
6. Para determinar la cantidad de calcio:

Continuación del apéndice 3.

- Preparar un blanco de 6 mL agua desmineralizada, agregar 10 mL de NaOH 1 M, 4 gotas de indicador de Calcón y entre 5 a 10 mL de EDTA 0.01 M. Tomar 6 mL de la solución cloruro de calcio 0.01 M y colocarla en un erlenmeyer.
- Medir pH de la muestra
- Agregar 10 mL de NaOH 1 M.
- Añadir 4 gotas de indicador de Calcón, observar el color rojizo de la solución.
- Titular con EDTA 0.01 M, hasta que la muestra alcance la coloración del blanco.
- Dejar reposar la muestra por 5 min, si esta mantiene su color alcanzó el punto de viraje, si su color vuelve a ser rojizo debe continuarse la titulación hasta alcanzar nuevamente el color del blanco.

7. Para determinar la cantidad de magnesio:

- Preparar un blanco de 16 mL agua desmineralizada, agregar 10 mL de buffer amoniacal, 4 gotas de indicador negro de eriocromo t y entre 5 a 10 mL de EDTA 0.01 M.
- Tomar 6 mL de la solución cloruro de magnesio 0.01 M y colocarla en un erlenmeyer.
- Medir pH de la muestra.
- Agregar 10 mL de buffer amoniacal.
- Añadir 10 mL de agua desmineralizada.
- Añadir 4 gotas de indicador negro de eriocromo t, observar el color rojizo de la solución.
- Titular con EDTA 0.01 M, hasta que la muestra alcance la coloración del blanco.
- Dejar reposar la muestra por 5 min, si esta mantiene su color alcanzó el punto de viraje, si su color vuelve a ser rojizo debe continuarse la titulación hasta alcanzar nuevamente el color del blanco.

8. Determinar la dureza del agua de grifo:

- Preparar un blanco de 60 mL de agua desmineralizada, 15 mL de buffer amoniacal, 4 gotas de negro de eriocromo t y entre 5 a 10 mL de EDTA 0.01 M.
- Tomar 50 mL de agua del grifo, colocarlos en un erlenmeyer.
- Medir pH de la muestra.
- Agregar 15 mL de buffer amoniacal.
- Añadir 10 mL de agua desmineralizada.
- Añadir 4 gotas de negro de eriocromo t, observar el color rojizo de la muestra.
- Titular con EDTA 0.01 M, hasta que alcance la coloración del blanco.
- Dejar reposar la muestra 5 min, si esta mantiene su color alcanzó el punto de viraje, si su color vuelve a ser rojizo debe continuarse la titulación hasta alcanzar nuevamente el color del blanco.

Continuación del apéndice 3.

- Preparar un segundo blanco con 50 mL de agua desmineralizada, 20 mL de NaOH 1 M, 4 gotas de indicador de Calcón y de 5 a 10 mL de EDTA 0.01 M.
 - Tomar 50 mL de agua del grifo, colocarlos en un erlenmeyer.
 - Medir pH de la muestra.
 - Agregar 20 mL de NaOH 1 M.
 - Añadir 4 gotas de indicador de Calcón, observar el color rojizo de la muestra.
 - Titular con EDTA 0.01 M, hasta que alcance la coloración del blanco.
 - Dejar reposar la muestra 5 min, si esta mantiene su color alcanzó el punto de viraje, si su color vuelve a ser rojizo debe continuarse la titulación hasta alcanzar nuevamente el color del blanco.
9. Repetir el procedimiento del paso 8 en la muestra tratada en el tanque suavizador.
10. Compartir los datos obtenidos entre equipos.

REPORTE

Para los resultados del reporte debe tomar en cuenta los siguientes objetivos:

1. Determinar la exactitud del método.
2. Determinar la concentración de los iones calcio y magnesio en la muestra de agua del servicio municipal.
3. Determinar la concentración de los iones calcio y magnesio en la muestra de agua del servicio municipal después de ser suavizada.
4. Describir las condiciones del agua por medio de escalas y parámetros sugeridos en la Tabla 4.

Tabla 4

Formas de expresar la dureza temporal y conversión

	mmol/L	mval/L	°Aleman	ppm de CaCO ₃	°Inglés	°Francés
mmol/L	1	2	5.6	100	7.02	10
mval/L	0.5	1	2.8	50	3.51	5
°Aleman	0.18	0.357	1	17.8	1.25	1.78
ppm de CaCO ₃	0.01	0.02	0.056	1	0.07	0.1
°Inglés	0.14	0.285	0.8	14.2	1	1.45
°Francés	0.1	0.2	0.56	10	0.702	1

Nota. Tomado del documento EIQQ-M-AI-009 del año 2018.

Continuación del apéndice 3.

Tabla 5

Parámetros de dureza total de agua

Dureza total (°Alemanes)	Descripción
0-4	Agua muy blanda
4-8	Agua blanda
8-18	Agua semidura
18-30	Agua dura

Nota. Tomado del documento EIQQ-M-AI-009 del año 2018.

Continuación del apéndice 3.

MATERIAL DIDÁCTICO

Podrá acceder a todo el material didáctico que acompaña este manual, ingresando a la página de Notion por medio del siguiente enlace:

<https://acortar.link/w4Nqtk>

También puede escanear el siguiente código QR:

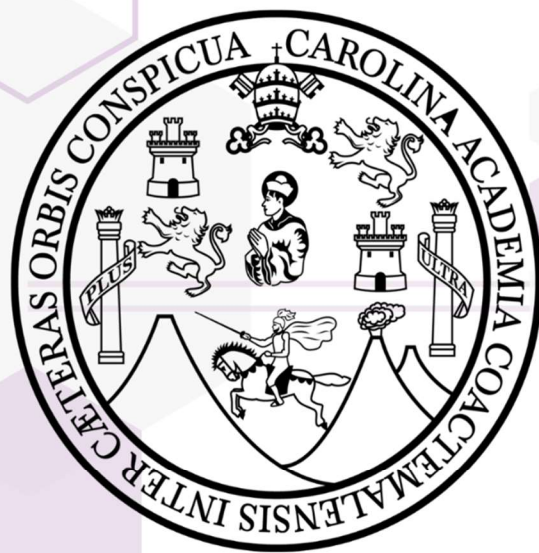


- Manual de uso y mantenimiento de tanques suavizadores

Continuación del apéndice 3.



Continuación del apéndice 3.



ANÁLISIS CUANTITATIVO

Tesis por María José Tórtola Morales

Asesorado por Inga. Adela María Marroquín Gonzales

Revisado por Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

Continuación del apéndice 3.



MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO DEL TANQUE SUAVIZADOR

OBJETIVOS

General

Exponer los métodos correctos para el uso y mantenimiento del tanque suavizador.

Específicos

- 1.Describir la estructura del tanque suavizador
- 2.Describir el proceso de uso y aplicación del tanque suavizador en el laboratorio.
- 3.Detallar el proceso de regeneración y mantenimiento del tanque suavizador.

Continuación del apéndice 3.

ESTRUCTURA Y MEDIDAS DEL TANQUE SUAVIZADOR

Materiales del tanque suavizador

- 1 Manguera de grifería 3/8" con adaptador a 1/2"
- 1 Niple PVC 1/2" x 2"
- 2 Reductor PVC con rosca 3/4" a 1/2"
- 2 Reductor PVC liso 1 1/2" a 3/4"
- 1 Unión universal PVC sin rosca 1 1/2"
- 1 Tubo PVC 1 1/2" x 12"
- 1 Malla de tela
- 1 Esponja porosa
- 1 Unión PVC lisa 1 1/2"
- 1 Niple PVC 1/2" x 3"
- 1 Válvula de globo PVC 1/2"
- Pegamento Tangit PVC para toda presión
- Teflón de 3/4"
- Resina catiónica Ionix IO CR-1 Ciclo sodio

Malla de tela



Continuación del apéndice 3.



Continuación del apéndice 3.

USO DEL TANQUE SUVIZADOR

1. Colocar un recipiente en la toma de agua del laboratorio.
2. Abrir la toma de agua del laboratorio.
3. Permitir que el agua fluya unos segundos, esperando que el agua estancada en la tubería salga.
4. Cerrar la toma de agua del laboratorio.
5. Conectar el tanque a la toma de agua del laboratorio por medio de la manguera en la parte superior.
6. Asegurar que la válvula de salida del tanque, en la parte inferior, esté completamente cerrada.
7. Abrir la toma de agua del laboratorio.
8. Llenar el tanque con agua de la toma.
9. Cerrar la toma de agua del laboratorio.
10. Dejar que el agua contacte con la resina iónica por al menos 20min.
11. Abrir la válvula de salida del tanque.

Continuación del apéndice 3.

MANTENIMIENTO DEL TANQUE SUAVIZADOR

REGENERACIÓN

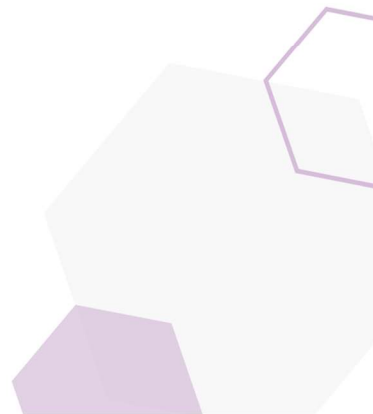
1. Preparar 20 L de solución salina (NaCl) al 3 %, es suficiente para los cuatro tanques.
2. Abrir el unión universal del tanque.
3. Retirar la parte superior cuidadosamente, para que no salga la resina.
4. Colocar un círculo de papel filtro en la sección transversal de la unión universal.
5. Cerrar la unión universal del tanque, cuidando que esta selle correctamente.
6. Invertir la posición del tanque, la manguera debe quedar en la parte inferior y la válvula en la parte superior.
7. Revisar que la resina iónica no esté saliendo por la manguera.
8. Verter 1 L de solución salina en el tanque, a través de la válvula de globo.
9. Tapar la salida de la manguera, para contener la solución salina dentro del tanque.
10. Permitir que la solución salina contacte con la resina iónica por 10 min.
11. Repetir los pasos 7 al 10, cuatro veces más.
12. Colocar el tanque en la posición original, manguera en la parte superior y válvula en la parte inferior.
13. Abrir el unión universal del tanque.
14. Retirar la parte superior cuidadosamente, para que no salga la resina.
15. Retirar el círculo de papel filtro de la unión universal.
16. Cerrar la unión universal del tanque, cuidando que esta selle correctamente.

Continuación del apéndice 3.

MANTENIMIENTO DEL TANQUE SUAVIZADOR

C A M B I O D E R E S I N A

1. Abrir el unión universal del tanque.
2. Retirar la parte superior cuidadosamente, para que no salga la resina.
3. Extraer toda la resina y colocarla en un tanque cerrado con solución salina (NaCl) al 3%.
4. Verter la nueva resina en el interior, a través de la unión universal, con ayuda de un embudo.
5. Cerrar la unión universal del tanque, cuidando que esta selle correctamente.



Continuación del apéndice 3.

SOBRE LA RESINA

2.0 Indexes of Physical and Chemical Properties:

Designation	001 x 7 Na	
Total Exchange Capacity	meq/g	4.5
Volume Exchange Capacity	meq/ml	1.90 min
Water Retention	%	45-50
Bulk Density	g/ml	0.77-0.87
Specific Density	g/ml	1.25-1.29
Particle Size	mm	(0.315-1.25mm)≥95 < 0.315mm ≤1
Effect Size	mm	0.40-0.60
Homogeneous Coefficient	≤	1.6 max
Roundness after Wearing	%	95 min
Appearance	brownish yellow to brown	
Ionic Form Supplied:	Na	

3.0 Reference Indexes for Operation:

3.01 PH Range :	1-14
3.02 Max. Operating Temp (°C) :	H ⁺ ≤100°C Na ⁺ ≤120°C
3.03 Total Reversible Swelling %:	(Na ⁺ →H ⁺) 8-10
3.04 Working Exchange Capacity:	25°C ≥ 1000meq/l (wet)
3.05 Concentration of Regenerate Solution %:	NaCl: 8-10 ; HCl: 4-5
3.06 Consumption of Regenerate:	NaCl(8-10%) Vol.: Resin Vol. = 1.5-2:1 HCl(4-5%) Vol.: Resin Vol. = 2-3:1
3.07 Flow Rate of Regenerate Solution:	4-6(m/hr)
3.08 Regenerate Contact time :	30-60(minute)
3.09 Rinse Flow Rate:	10-20(m/hr)
3.10 Rinse Time (minute):	30 (approx.)
3.11 Operating Flow Rate:	10-45(m/hr)

4.0 Application:

This product is mainly used for softening hard water and preparing pure and high purity water. In addition, it is used in separation and purification of trace elements as well as hydro-metallurgy and pharmaceutical industry.

Nota. Tomado de la hoja técnica de la resina, disponible en: https://www.ews.com.gt/catalogo/informacion_producto/43/4

Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

