
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	1/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


# Manual de Prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
Q. Antonia del Carmen Pérez León M. en C. Alfredo Velásquez Márquez M.D.E Thalía Itzel Ferrera Velázquez Dra. Ana Laura Pérez Martínez Ing. Félix Benjamín Núñez Orozco M. en A. Violeta Luz María Bravo Hernández Q. Esther Flores Cruz M. en C. Miguel Ángel Jaime Vasconcelos Dr. Ehecatl Luis David Paleo González	Q. Antonia del Carmen Pérez León M. en C. Alfredo Velásquez Márquez M.D.E Thalía Itzel Ferrera Velázquez Dra. Ana Laura Pérez Martínez Ing. Félix Benjamín Núñez Orozco M. en A. Violeta Luz María Bravo Hernández Q. Esther Flores Cruz M. en C. Miguel Ángel Jaime Vasconcelos Dr. Ehecatl Luis David Paleo González	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	<b>28 de enero de 2022</b>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	2/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## Índice de prácticas

Práctica	Nombre de la práctica	Página
1	EQUIPO DE LABORATORIO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD	3
2	PROPIEDADES MAGNÉTICAS	15
3	CRISTALES (OPCIONAL)	24
4	LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA (OPCIONAL)	31
5	PREPARACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE DISOLUCIONES	39
6	CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS (OPCIONAL)	50
7	EQUILIBRIO QUÍMICO	61
8	CAMBIO ENERGÉTICO EN DISOLUCIONES	70
9	ELECTROQUÍMICA. ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO	76
10	CINÉTICA QUÍMICA	87
11	TITULACIÓN ÁCIDO-BASE	96

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	3/106
		<b>Sección ISO</b>	<b>8.3</b>
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 1

## EQUIPO DE LABORATORIO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	4/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Conocerá las reglas básicas de higiene y seguridad que deben aplicarse en un laboratorio de Química.
2. Entenderá el uso y las precauciones que debe tomar durante el uso del material y el equipo que se empleará en el curso.
3. Identificará, para algunas de las sustancias químicas empleadas en el curso, sus usos y precauciones.

## 2. INTRODUCCIÓN

Para entender mejor los principios básicos de la Química es indispensable la experimentación. El laboratorio de Química es el lugar donde se comprueba la validez de dichos principios; ofrece también la oportunidad de conocer mejor los procesos químicos que ocurren en la naturaleza. Sin embargo, para conseguir dicho objetivo, es imprescindible realizar análisis químicos confiables, y esto sólo puede lograrse si se conoce el manejo adecuado del material, de los equipos y de los reactivos químicos que existen en el laboratorio.

Por otro lado, un aspecto fundamental que se debe considerar en un laboratorio de Química es la seguridad, pues el trabajo en dicho lugar implica que la persona que lleva al cabo la experimentación se exponga a una gran variedad de sustancias químicas, de las cuales muchas conllevan ciertos riesgos durante su manipulación. Por lo anterior, es indispensable tener un reglamento de higiene y seguridad con el fin de reducir riesgos en el manejo del material, equipo y sustancias químicas.

Al trabajar con reactivos químicos, es necesario conocer las propiedades de las sustancias empleadas y las precauciones que deben tomarse durante su manipulación, por lo que es necesario identificar la información que contiene la etiqueta de cualquier sustancia química.

## 3. EQUIPO Y MATERIAL

A continuación, se muestran y enlistan algunos de los materiales y equipos que se usan durante las prácticas (figuras 1 a 2).


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	5/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 1. Material de laboratorio.

- |                          |                          |                                  |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1. frascos de vidrio     | 11. termómetro           | 21. vidrio de reloj              |
| 2. picnómetro            | 12. cápsula de porcelana | 22. espátula de doble punta      |
| 3. probeta               | 13. émbolo de succión    | 23. espátula con mango de madera |
| 4. matraz de Erlenmeyer  | 14. cronómetro           | 24. tubo de ensayo               |
| 5. vaso de precipitados  | 15. mortero              | 25. escobillón                   |
| 6. matraz aforado        | 16. pistilo              | 26. pinzas para tubo de ensayo   |
| 7. frasco con gotero     | 17. agitador magnético   | 27. gradilla                     |
| 8. piseta                | 18. tapón de hule        | 28. embudo de vidrio             |
| 9. bureta                | 19. pipeta aforada       |                                  |
| 10. pinzas de tres dedos | 20. pipeta graduada      |                                  |



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	6/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 2. Equipos del laboratorio.

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 29. aparato para determinar punto de fusión                               | 32. parrilla de calentamiento |
| 30. aparato para determinar la relación carga-masa de los rayos catódicos | 33. potenciómetro             |
| 31. balanza semianalítica   | 34. conductímetro             |
|   | 35. balanza granataria        |

**NOTA:** Algunos materiales y equipos se sustituyen sin problema por artículos o accesorios del hogar: una cuchara desechable puede tener el mismo propósito que una espátula de doble punta o una espátula con mango de madera.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	7/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### 4. REACTIVOS

Algunos reactivos que se emplean en las prácticas del laboratorio son:

- |   |  |
|---|--|
| a) NaHCO <sub>3</sub> , bicarbonato de sodio  | f) NaCl, cloruro de sodio  |
| b) S <sub>8</sub> , azufre  | g) C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, etanol                              |
| c) CH <sub>3</sub> COOH, ácido acético  | h) C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> , sacarosa            |
| d) NaOH, hidróxido de sodio   | i) Cu, cobre   |
| e) KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O, alumbre de potasio dodecahidratado | j) CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O, sulfato de cobre pentahidratado |

Aunque algunos de los reactivos que se enlistaron no se usan durante los experimentos, se dispone de ellos en todo momento para cubrir otro tipo de necesidades. Por ejemplo, el azufre es necesario en gran parte de las sesiones experimentales para controlar un posible derrame del mercurio que contienen los termómetros de este tipo.

En el enlace siguiente se muestran otras sustancias que se utilizan en los laboratorios; además, se explica de manera breve cuál es su aplicación en la Química y sus variantes:

[www.cen.acs.org/collections/chemistry-in-pictures.html](http://www.cen.acs.org/collections/chemistry-in-pictures.html)

#### 5. DESARROLLO

##### ACTIVIDAD 1.


La figura docente revisará con el grupo el reglamento interno de higiene y seguridad para el laboratorio de Química y discutirá con el alumnado los puntos más importantes del mismo. Razonará sobre el porqué es conveniente adoptar y aplicar estas normas de seguridad durante el trabajo que se realizará durante cada práctica.

- Reglamento general de uso de laboratorios y talleres, disponible en [www.dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/Reglamento\\_FI.pdf](http://www.dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/Reglamento_FI.pdf)
- Reglamento interno, disponible en [www.dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/REDO-01\\_DCB.pdf](http://www.dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/REDO-01_DCB.pdf)

##### ACTIVIDAD 2

##### Conocimiento de los materiales y equipos que se usan en laboratorio

La figura docente mostrará al alumnado cada uno de los materiales y equipos existentes en el laboratorio. Indicará el procedimiento correcto para su uso y sugerirá una serie de artículos o accesorios del hogar que sustituirán el material y el equipo que se usará en las sesiones experimentales en casa.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	8/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- “Dispositivos experimentales (fotografías)”, disponible en [www.dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos\\_fotos.pdf](http://www.dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos_fotos.pdf)
- “Dispositivos experimentales (esquemas)”, disponible en [www.dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos.pdf](http://www.dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos.pdf)
- “Instrumentos de laboratorio de química”, disponible en [www.youtu.be/mPjwZKzC0II](http://www.youtu.be/mPjwZKzC0II)

### ACTIVIDAD 3

#### Identificación de usos y riesgos de las sustancias químicas

La figura docente mostrará al alumnado algunos de los reactivos que se tienen en el laboratorio (figura 3) y algunas de las sustancias que se pueden encontrar en casa o que son de fácil acceso. Indicará cuáles son sus características y los cuidados que deben tenerse durante su manipulación, así como la información que debe contener cada etiqueta.

- “Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos: etiquetado de productos químicos y fichas de seguridad”, disponible en: [www.ghs-sga.com/etiquetado-de-productos-quimicos-y-fds/](http://www.ghs-sga.com/etiquetado-de-productos-quimicos-y-fds/)




Figura 3. Reactivos disponibles en el laboratorio.


### ACTIVIDAD 4

#### Cuestionario

1. Mencione qué material y equipo podría emplearse para:
  - a) medir volúmenes,
  - b) determinar densidades,
  - c) preparar disoluciones, y
  - d) medir pH.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	9/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Indique cuál es el uso para el material o equipo siguiente:
  - a) conductímetro.
  - b) fuente de poder.
  - c) piseta.
  - d) parrilla.
  
3. Lea los artículos siguientes y cite algunas otras reglas básicas de seguridad que usted considere importantes y que no hayan sido mencionadas por la figura docente.
  - “Equipo de protección personal”, disponible en: [www.quimica.unam.mx/proteccion-civil-facultad-quimica/equipo-de-proteccion-personal/](http://www.quimica.unam.mx/proteccion-civil-facultad-quimica/equipo-de-proteccion-personal/)
  - “The interactive lab primer - working safely”, disponible en: [www.edu.rsc.org/resources/the-interactive-lab-primer-working-safely/2264.article](http://www.edu.rsc.org/resources/the-interactive-lab-primer-working-safely/2264.article)
  
4. Responda el cuestionario sobre clasificación y etiquetado de productos químicos disponible en [www.ghs-questionnaire.com/](http://www.ghs-questionnaire.com/).
  
5. Resuelva lo que se pide en cada panel de la hoja de trabajo siguiente.
  - “Lab safety worksheet”, disponible en: [www.carolina.com/pdf/activities-articles/lab-safety-worksheet.pdf](http://www.carolina.com/pdf/activities-articles/lab-safety-worksheet.pdf)
  
6. Observe el video siguiente y, de ser posible, comente si las instalaciones son las adecuadas para trabajar con seguridad.
  - “Laboratorio Facultad de Química”, disponible en [www.youtu.be/GEws1cC8eak](http://www.youtu.be/GEws1cC8eak)


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	10/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. FUENTES ELECTRÓNICAS

- Huanca, A. (s.f.). Instrumentos del laboratorio de química [Publicación en línea]. Recuperado de <http://monografias.com/trabajos72/instrumentos-laboratorio-quimica/instrumentos-laboratorio-quimica.shtml>
- Materiales e instrumentos de un laboratorio químico [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico.html>
- La Rosa, D., & Vargas, M. (2013, mayo 7). Materiales de laboratorio: un vistazo rápido [Entrada del blog]. Recuperado de <http://laboratorio-quimico.blogspot.mx/2013/05/materiales-de-laboratorio-un-vistazo.html>
- Normas de seguridad en el laboratorio [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://www.quimicaweb.net/ciencia/paginas/laboratorio/normas.html>
- Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://ghs-sga.com/>
- La Rosa, D., & Vargas, M. (2013, noviembre 19). Códigos de color de almacenamiento para productos químicos [Entrada del blog]. Recuperado de <http://laboratorio-quimico.blogspot.mx/2013/11/codigos-de-color-de-almacenamiento-para.html>
- Señales de prevención de riesgos y accidentes en el laboratorio [Publicación en línea]. Recuperado de <http://100ciaquimica.net/labor/piclaborat1.htm>
- Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas [Publicación en línea]. (2006, octubre 1). Recuperado de <http://interempresas.net/Quimica/Articulos/14787-Senalizacion-de-recipientes-y-tuberias-aplicaciones-practicas.html>
- Tipo y clasificación de los extintores [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://misextintores.com/lci/tipo-y-clasificacion-de-los-extintores>
- Definición, clasificación y tipos de extintores: tipos de fuegos [Entrada del blog]. (s.f.). Recuperado de <http://profuego.es/definicion-tipo-y-clasificacion-de-extintores/>
- Chemistry in pictures [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://cen.acs.org/collections/chemistry-in-pictures.html>
- Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.). Reglamento general de uso de laboratorios y talleres [Documento en línea]. Recuperado de [http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/Reglamento\\_FI.pdf](http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/Reglamento_FI.pdf)
- Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.). Reglamento interno [Documento en línea]. Recuperado de [http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/REDO-01\\_DCB.pdf](http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/REDO-01_DCB.pdf)
- Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.). Dispositivos experimentales (fotografías) [Documento en línea]. Recuperado de <http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp->

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	11/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- content/themes/tempera-child/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos\_fotos.pdf
15. Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.). Dispositivos experimentales (esquemas) [Documento en línea]. Recuperado de <http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/tempera-child/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos.pdf>
  16. Profesor de Ingeniería (2016, octubre 7). Instrumentos de laboratorio de química [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=mPjwZKzC0II>
  17. Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos: etiquetado de productos químicos y fichas de seguridad [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://ghs-sga.com/etiquetado-de-productos-quimicos-y-fds/>
  18. Equipo de protección personal [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://quimica.unam.mx/proteccion-civil-facultad-quimica/equipo-de-proteccion-personal/>
  19. The interactive lab primer - working safely [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://edu.rsc.org/resources/the-interactive-lab-primer-working-safely/2264.article>
  20. GHS Training [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://www.ghs-questionnaire.com/>
  21. Lab safety worksheet [Documento en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://www.carolina.com/pdf/activities-articles/lab-safety-worksheet.pdf>
  22. Laboratorio Facultad de Química [Video]. (2016, abril 3). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=GEws1cC8eak>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	12/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### CUESTIONARIO PREVIO EQUIPO DE LABORATORIO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

1. Mencione al menos cinco sustancias químicas de uso común en la vida diaria e investigue sus propiedades físicas y químicas.
2. Cite al menos tres accidentes que pueden presentarse en el laboratorio de Química y mencione cómo evitarlos.
3. Observe los materiales y equipos siguientes, y determine cuál es el uso de cada uno.




4. Investigué cuál es la información mínima que debe contener la etiqueta de un reactivo químico.
5. Observe los pictogramas siguientes e infiera los riesgos que advierten.




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	13/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 2. FUENTES ELECTRÓNICAS

- Huanca, A. (s.f.). Instrumentos del laboratorio de química [Publicación en línea]. Recuperado de <http://monografias.com/trabajos72/instrumentos-laboratorio-quimica/instrumentos-laboratorio-quimica.shtml>
- Materiales e instrumentos de un laboratorio químico [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico.html>
- La Rosa, D., & Vargas, M. (2013, mayo 7). Materiales de laboratorio: un vistazo rápido [Entrada del blog]. Recuperado de <http://laboratorio-quimico.blogspot.mx/2013/05/materiales-de-laboratorio-un-vistazo.html>
- Normas de seguridad en el laboratorio [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://www.quimicaweb.net/ciencia/paginas/laboratorio/normas.html>
- Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://ghs-sga.com/>
- La Rosa, D., & Vargas, M. (2013, noviembre 19). Códigos de color de almacenamiento para productos químicos [Entrada del blog]. Recuperado de <http://laboratorio-quimico.blogspot.mx/2013/11/codigos-de-color-de-almacenamiento-para.html>
- Señales de prevención de riesgos y accidentes en el laboratorio [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://100ciaquimica.net/labor/piclaborat1.htm>
- Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas [Publicación en línea]. (2006, octubre 1). Recuperado de <http://interempresas.net/Quimica/Articulos/14787-Senalizacion-de-recipientes-y-tuberias-aplicaciones-practicas.html>
- Tipo y clasificación de los extintores [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://misextintores.com/lci/tipo-y-clasificacion-de-los-extintores>
- Definición, clasificación y tipos de extintores: tipos de fuegos [Entrada del blog]. (s.f.). Recuperado de <http://profuego.es/definicion-tipo-y-clasificacion-de-extintores/>
- Chemistry in pictures [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://cen.acs.org/collections/chemistry-in-pictures.html>
- Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.). Reglamento general de uso de laboratorios y talleres [Documento en línea]. Recuperado de [http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/Reglamento\\_FI.pdf](http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/Reglamento_FI.pdf)
- Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.). Reglamento interno [Documento en línea]. Recuperado de [http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/REDO-01\\_DCB.pdf](http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/REDO-01_DCB.pdf)


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	14/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

14. Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.). Dispositivos experimentales (fotografías) [Documento en línea]. Recuperado de [http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/tempera-child/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos\\_fotos.pdf](http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/tempera-child/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos_fotos.pdf)
15. Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.). Dispositivos experimentales (esquemas) [Documento en línea]. Recuperado de <http://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/tempera-child/CoordinacionesAcademicas/FQ/Q/LQ/dispositivos.pdf>
16. Profesor de Ingeniería (2016, octubre 7). Instrumentos de laboratorio de química [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=mPjwZKzC0II>
17. Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos: etiquetado de productos químicos y fichas de seguridad [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <http://ghs-sga.com/etiquetado-de-productos-quimicos-y-fds/>
18. Equipo de protección personal [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://quimica.unam.mx/proteccion-civil-facultad-quimica/equipo-de-proteccion-personal/>
19. The interactive lab primer - working safely [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://edu.rsc.org/resources/the-interactive-lab-primer-working-safely/2264.article>
20. GHS Training [Publicación en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://www.ghs-questionnaire.com/>
21. Lab safety worksheet [Documento en línea]. (s.f.). Recuperado de <https://www.carolina.com/pdf/activities-articles/lab-safety-worksheet.pdf>
22. Laboratorio Facultad de Química [Video]. (2016, abril 3). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=GEws1cC8eak>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	15/106
		<b>Sección ISO</b>	<b>8.3</b>
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 2

# PROPIEDADES MAGNÉTICAS

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	16/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Clasificará a los elementos como diamagnéticos, paramagnéticos o ferromagnéticos, con base en los datos experimentales.
2. Comparará la clasificación experimental de los elementos con la predicha a partir de su configuración electrónica.

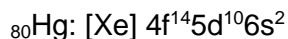
## 2. INTRODUCCIÓN

Un electrón al interior de un átomo se comporta como un pequeño imán, debido al campo magnético que presenta por ser una partícula cargada en movimiento. Por ello, un átomo que presente electrones desapareados exhibirá un magnetismo neto de espín; sin embargo, las interacciones magnéticas de dos electrones en un mismo orbital y con espín (giro) opuesto, de acuerdo con el principio de exclusión de Pauli, se cancelan de forma mutua. Esto indica que un átomo que solo posee electrones apareados no presentará magnetismo neto. Por lo anterior, las propiedades magnéticas de una sustancia pueden revelar información importante sobre su distribución electrónica.

Una sustancia paramagnética es aquella que sufre una atracción débil por parte de un campo magnético, debido a que posee electrones desapareados. El vapor de sodio (Na) constituye un ejemplo de una sustancia paramagnética, como lo indica su configuración electrónica.




Una sustancia diamagnética es aquella a la que un campo magnético repele débilmente, debido a que posee solamente electrones apareados. El mercurio (Hg) es una sustancia diamagnética con la configuración electrónica siguiente:



El fuerte magnetismo permanente que se observa en objetos de hierro se conoce como ferromagnetismo, y se debe al alineamiento cooperativo de los espines electrónicos de una gran cantidad de átomos de hierro.

Cuando un material magnético se coloca en un campo magnético constante, el material se magnetiza. Para determinar el grado de magnetización de un material se utiliza el concepto de permeabilidad relativa,  $k_m$ , que se define como:

$$k_m = \frac{\mu_N}{\mu_0}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	17/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

donde  $\mu_N$  es la permeabilidad magnética del material y  $\mu_0$  es la permeabilidad magnética del vacío (su valor puede encontrarse en la literatura). Para calcular la permeabilidad magnética de los diferentes materiales que harán las veces de núcleo del solenoide, se emplea la expresión siguiente:

$$B = \frac{\mu NI}{2l}$$

donde  $B$ : campo magnético,  $\mu$ : permeabilidad magnética del núcleo del solenoide,  $N$ : número de espiras del conductor,  $I$ : corriente que pasa a través del conductor, y  $l$ : longitud del conductor.

Puesto que el número de espiras del conductor y la longitud del solenoide son constantes, se determina la permeabilidad magnética del núcleo ( $\mu$ ) variando la corriente ( $I$ ) y determinando con el teslámetro la magnitud del campo magnético generado ( $B$ ).

### 3. HERRAMIENTAS DIGITALES

- Investigations in magnetism across scale:  
<https://web.ics.purdue.edu/~dsederbe/simulation.htm>

### 4. DESARROLLO


#### ACTIVIDAD 1

La figura docente verificará que los alumnos posean los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo del simulador que se utilizará.

#### ACTIVIDAD 2

##### Identificación de las herramientas del simulador

- Observe la figura 1 e identifique todas las herramientas con las que puede controlar las variables del simulador.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	18/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

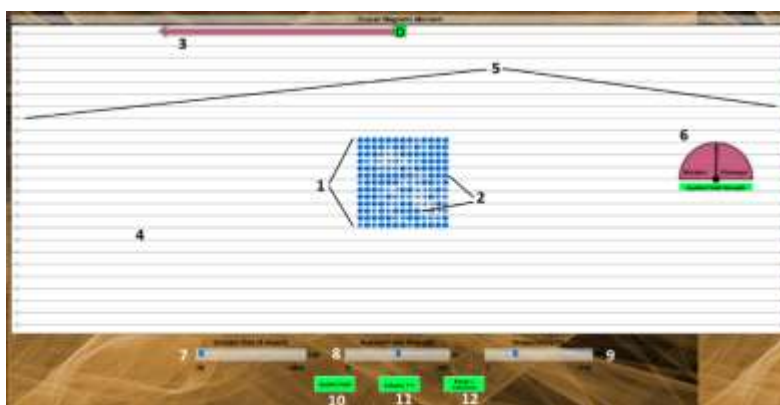


Figura 1. Simulador *Investigations in magnetism across scale*.

1. Un solo dominio magnético
2. Átomos en el dominio
3. Momento magnético global de todo el dominio
4. Líneas, modelando la intensidad de un campo aplicado
5. Flechas que indican la polaridad del campo aplicado
6. Indicador de intensidad del campo
7. Tamaño del dominio (# de átomos)
8. Intensidad del campo aplicado
9. Temperatura (energía térmica)
10. Campo aplicado (activar / desactivar)
11. Polaridad (dirección del campo aplicado)
12. Pausar / Continuar

### ACTIVIDAD 3

#### Efecto de la alineación en la magnetización de un material


1. Ajuste las variables del simulador con los valores que se indican a continuación:

Tamaño del dominio / Número de átomos (**Domain size**): 150 átomos

Intensidad del campo aplicado (**Applied field strength**): 50 [%]

Temperatura (**Temperature**): 290 K

2. Presione el botón Polarity varias veces para invertir el campo magnético e identifique todos los cambios en la apariencia del átomo y sus alrededores. Enumere estos cambios.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	19/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Pause la simulación (**Pause**) y seleccione un bloque de 25 átomos (5 x 5) en cualquier lugar del dominio.



Figura 2. Bloque de 25 átomos

4. Registre en la tabla 1 (ensayo 1) la cantidad de átomos alineados con el campo aplicado y el número de átomos opuestos al campo aplicado.
5. Presione **Continue** para reiniciar el simulador, deje que la simulación corra durante algunos segundos y luego páusela. Vuelva a contar y registrar la cantidad de átomos que están alineados y los que están opuestos con el campo aplicado en el mismo dominio. Repita este paso hasta completar la tabla 1.

Tabla 1. Átomos alineados y opuestos al campo magnético

Ensayo	Número de átomos alineados	Número de átomos opuestos
1		
2		
3		
4		

6. Indique si el comportamiento del dominio es diamagnético o paramagnético.

#### ACTIVIDAD 4

##### Efecto de la intensidad del campo aplicado en la magnetización de un material


1. Ajuste las variables del simulador con los valores que se indican a continuación:

Tamaño del dominio / Número de átomos (**Domain size**): 1200 átomos

Intensidad del campo aplicado (**Applied field strength**): 10 [%]

Temperatura (**Temperature**): 290 K

2. Deje que la simulación se lleve a cabo durante algunos segundos y luego páusela. Observe y registre en la tabla 2 si los átomos del dominio están orientados con el campo magnético aplicado.
3. Presione el botón **Continue** y deje que la simulación corra durante algunos segundos. sin pausar la simulación, aumente la intensidad del campo aplicado a 25 [%]. Anote sus observaciones en la tabla 2.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	20/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Repita el paso anterior, pero esta vez aumente la intensidad del campo a 90 [%].

Tabla 2. Efecto de la intensidad del campo aplicado

Intensidad del campo aplicado [%]	¿El dominio está magnetizado?
10	
25	
90	

#### ACTIVIDAD 5

##### Efecto del tamaño de un material en su magnetización

- Ajuste las variables del simulador con los valores que se indican a continuación:

Tamaño del dominio / Número de átomos (**Domain size**): 300 átomos


Intensidad del campo aplicado (**Applied field strength**): 50 [%]

Temperatura (**Temperature**): 240 K

- Apague el campo magnético que afecta a los átomos del dominio oprimiendo el botón Applied field on/off. Al apagar el campo magnético debe iniciar el conteo del tiempo en que la flecha roja, que indica el momento magnético total (overall magnetic moment), tarda en invertir su dirección al menos una vez. Registre el tiempo en la tabla 3
- Encienda el campo, repita el paso anterior para registrar el tiempo de una segunda corrida y complete la tabla 3.
- Repita los pasos anteriores variando el número de átomos como indica la tabla 3.

Tabla 3. Tiempo que tarda el campo magnético en invertir las direcciones.

Número de átomos	Corrida	Tiempo
300	1	
	2	
	Promedio	
25	1	
	2	
	Promedio	
4800	1	
	2	
	Promedio	

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	21/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## ACTIVIDAD 6

### Otros efectos en el material al aumentar su tamaño

1. Ajuste las variables del simulador con los valores que se indican a continuación:

Tamaño del dominio / Número de átomos (**Domain size**): 25 átomos

Intensidad del campo aplicado (**Applied field strength**): 50 [%]

Temperatura (**Temperature**): 160 K

2. Deje que la simulación se ejecute durante el resto de esta actividad.
3. Calcule el número de átomos en el exterior (en la superficie) y en el interior (átomos internos) del dominio. Registre estos datos en la tabla 4.
4. Determine el porcentaje de átomos en el exterior del dominio y repórtelo en la tabla 4.
5. Repita los pasos anteriores variando el número de átomos como indica la tabla 4.

Tabla 4. Número de átomos en el dominio

Número de átomos	Átomos en el exterior	Átomos en el interior	Átomos en el exterior [%]
25			
100			
1000			

## ACTIVIDAD 7

### Efecto de la energía térmica en materiales magnéticos


1. Ajuste las variables del simulador con los valores que se indican a continuación:

Tamaño del dominio / Número de átomos (**Domain size**): 300 átomos

Intensidad del campo aplicado (**Applied field strength**): 25 [%]

Temperatura (**Temperature**): 300 K

2. Deje que la simulación se ejecute durante unos 20 segundos y luego páusela.
3. Determine el porcentaje de átomos en el dominio que tienen un momento magnético opuesto a la polaridad del campo magnético que afecta al dominio.
4. Presione el botón Continue y disminuya la temperatura (Temperature) hasta encontrar su valor en el que los momentos magnéticos de los átomos en el dominio dejan de girar por lo menos durante 10 segundos. Registre esta temperatura.
5. Presione el botón Continue y aumente la temperatura (Temperature) hasta encontrar su valor en el que la flecha indicadora de momento magnético comienza a moverse de una dirección a la otra.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	22/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Aumente el tamaño del dominio de átomos a su tamaño máximo, en las condiciones de temperatura y ajustes del campo de la última simulación, y describa el efecto que tiene el aumento del tamaño de partícula sobre su magnetismo.

#### ACTIVIDAD 8

De acuerdo con lo realizado anteriormente, responda lo siguiente:


- ¿Qué efecto observó en la flecha indicadora de momento magnético al cambiar la polaridad?
- ¿Cuál es la tendencia entre los ensayos de la tabla 1? Explique lo que esto significa.
- Describa las observaciones en las que se basó para completar la tabla 2.
- ¿Cuáles son sus conclusiones sobre el tamaño del dominio de átomos y la probabilidad de que permanezca magnetizada cuando se elimina el campo que la afecta?
- ¿Qué relación hay entre el tamaño del dominio de átomos y el número de átomos en su interior y en su exterior?
- ¿Qué relación hay entre el tamaño del dominio y el número de átomos en su interior?
- ¿Cómo clasificaría a los átomos del elemento utilizado en el simulador: diamagnético, paramagnético o ferromagnético? Justifique su respuesta.
- En función de los resultados obtenidos, ¿cuál será la identidad del elemento con el que se trabaja en el simulador? Justifique su respuesta.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Kotz, J. C., Treichel, P. M., & Weaver, G. C. (1999). *Química y reactividad química*.
- Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman R. A. (1988). *Física Universitaria*.

#### 6. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Purdue University (s. f.). *Investigations in magnetism across scale* [Simulador]. Recuperado de <https://web.ics.purdue.edu/~dsederbe/simulation.htm>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	23/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO PROPIEDADES MAGNÉTICAS


1. ¿Defina los conceptos siguientes:
  - a) Diamagnetismo
  - b) Paramagnetismo
  - c) Ferromagnetismo
2. ¿Qué es la histéresis magnética?
3. ¿Qué establecen el principio de exclusión de Pauli y la regla de multiplicidad de Hund?
4. ¿Qué es un material magnético duro y un material magnético blando?
5. Escriba las configuraciones electrónicas del Fe, Al y Cu e indique el carácter magnético que presenta cada uno de los elementos.
6. ¿Cuál es la relación entre las propiedades magnéticas de un material y la temperatura?
7. ¿Cuántos electrones desapareados tiene el cromo y cuántos el hierro? ¿Por qué no se habla de cromomagnetismo?
8. ¿Qué es un solenoide y qué diferencia existe entre éste y una bobina?
9. Investigue la expresión matemática que relaciona la corriente eléctrica que circula a través de un solenoide, con el campo magnético generado en su interior. Defina cada uno de los términos que aparecen en dicha expresión.
10. ¿Qué es la permeabilidad relativa y qué la permeabilidad magnética de un material?
11. ¿Cuál es el valor del campo magnético terrestre en la Ciudad de México?

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Kotz, J. C., Treichel, P. M., & Weaver, G. C. (1999). *Química y reactividad química*.
4. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
5. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
6. Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman R. A. (1988). *Física Universitaria*.


#### REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Purdue University (s. f.). *Investigations in magnetism across scale* [Simulador]. Recuperado de <https://web.ics.purdue.edu/~dsederbe/simulation.htm>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	24/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 3

## CRISTALES (OPCIONAL)

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	25/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manejo de material de vidrio	Si es manipulado de forma inadecuada se puede romper en fragmentos filosos.
2	Manejo de reactivos químicos	Su manejo requiere lavado de las manos al tener contacto con ellos.
3	Fuente de calentamiento	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.

## 2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:


- Determinará el porcentaje de agua contenido en el sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) mediante el empleo de un simulador.
- Obtendrá cristales de cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) y, con base en su forma, identificará el tipo de celda unitaria que presentan.

## 3. INTRODUCCIÓN

El sulfato de cobre,  $\text{CuSO}_4$ , es un sólido de color ligeramente gris; sin embargo, el  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , es un sólido cristalino de color azul (de ahí que se le llame también azul vitriolo), dicho color azul es debido a la presencia de iones  $\text{Cu}^{2+}$ , los cuales se encuentran rodeados por moléculas de agua dentro de la propia estructura del cristal.

Con base en la fórmula del  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , se puede establecer que en el cristal se tienen cinco moléculas de agua por cada pareja de iones  $\text{Cu}^{+2}$  y  $\text{SO}_4^{-2}$ ; en otras palabras, si pesamos cierta cantidad de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , una parte de la masa corresponde al  $\text{CuSO}_4$  y otra parte al  $\text{H}_2\text{O}$ ; así también, se dice que el  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , contiene cierto porcentaje de agua y dicho porcentaje se determina mediante una serie de sencillos cálculos.

Existen muchos compuestos que al igual que el  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , requieren de moléculas de agua para formar cristales, los cuales a su vez pueden tener celdas unitarias que son llamadas celdas de Bravais y que definen la forma del cristal.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	26/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

En el proceso de cristalización, la formación de un cristal depende de diferentes factores y uno de los más importantes es la solubilidad del compuesto que se desea cristalizar, en el disolvente que se desee emplear.

#### 4. HERRAMIENTAS DIGITALES

- Determination of the formula of a hydrate:  
<http://introchem.chem.okstate.edu/DCICLA/Empirical.html>

#### 5. MATERIAL

- 1 jeringa de 5 [ml]
- 1 balanza
- 1 vaso de vidrio
- 1 recipiente de vidrio ancho y plano (plato, cenicero, refractario, etcétera)
- 1 lupa (puede usar su teléfono celular)

#### 6. REACTIVOS

- H<sub>2</sub>O, agua potable
- NaCl, sal de mesa (refinada o en grano)

#### 7. DESARROLLO


##### ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados en el manejo del material, equipo y las sustancias químicas que se utilizarán.

##### ACTIVIDAD 2

##### Determinación del contenido de agua en los cristales de CuSO<sub>4</sub>•5H<sub>2</sub>O

1. Abra el simulador **Determination of the formula of a hydrate** (figura 1).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	27/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Determination of the Formula of a Hydrate

Copper (II) sulfate hydrate is a blue crystalline solid. Also known as blue stone or blue vitriol, it finds many uses in agriculture (as a fungicide, algicide), printing, metal, and painting industries.



Figura 1. Simulador *Determination of the formula of a hydrate*.

- Dé clic en el botón para abrir la ventana siguiente y registre en su libreta la masa inicial de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ( $m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}$ ) que aparece en su experimento (figura 2).

When this blue crystalline solid is heated in air, it loses its water of crystallization to form anhydrous white copper(II) sulfate crystals. Determine the number of water molecules per unit of copper(II) sulfate hydrate (blue salt). The process can be represented as follows:

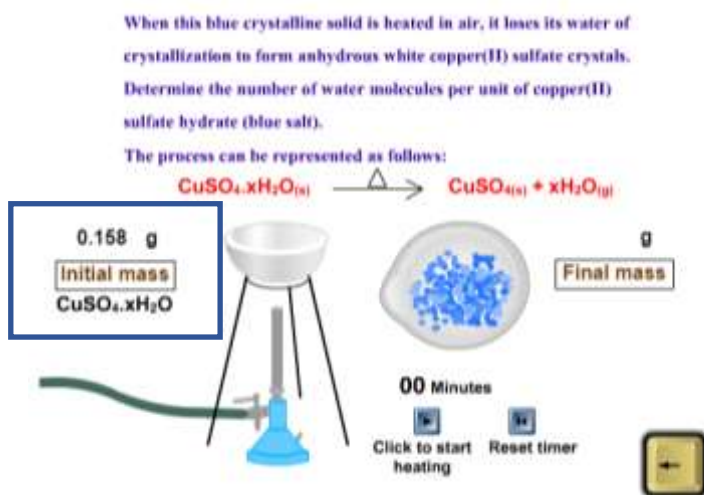
$$\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}_{(s)} \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4_{(s)} + x\text{H}_2\text{O}_{(g)}$$


Figura 2. Simulador *Determination of the formula of a hydrate*.

- Presione el botón **click to start heating** para iniciar la simulación y observe lo que ocurre en el crisol.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	28/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




Figura 3. Simulador *Determination of the formula of a hydrate*.

- Observe que el contenido del crisol cambia de apariencia conforme el tiempo avanza (figura 4).



Figura 4. Simulador *Determination of the formula of a hydrate*.

- Registe el valor de masa final ( $m_{\text{CuSO}_4}$ ) cuando el contenido el crisol cambie por completo de color. Por diferencia, determine la cantidad de agua ( $m_{\text{H}_2\text{O}}$ ) que había en la masa inicial de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	29/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

	$m_{CuSO_4 \cdot 5H_2O}$ [g]	$m_{CuSO_4}$ [g]	$m_{H_2O}$ [g]	[%] m/m de agua
Vaso				

### ACTIVIDAD 3

#### Obtención de cristales de cloruro de sodio (sal de mesa)


1. Con ayuda de una balanza, mida 7.2 [g] de sal de mesa (una cucharada cafetera) y colóquelos en el vaso de vidrio.
2. Adicione 20 [ml] de agua caliente al vaso que contiene la sal, con ayuda de la jeringa, y agite. Otra manera de preparar la disolución es añadir agua a temperatura ambiente, agitar y calentar la mezcla con ayuda de un horno de microondas hasta observar que el agua comienza a hervir.
3. Vierta una parte del líquido dentro de su recipiente de vidrio.
4. Enseguida, déjelo sobre una superficie metálica, procurando no moverlo durante unas horas. Registre sus observaciones.
5. Con ayuda de la lupa, identifique el tipo de cristales que se obtienen.

### 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Kotz, J. C., Treichel, P. M., & Weaver, G. C. (1999). *Química y reactividad química*.
4. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
5. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
6. Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman R. A. (1988). *Física Universitaria*.

### 9. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. OSU Chemistry Courses (s.f.). *Determination of the formula of a hydrate* [Simulador]. Recuperado de <http://introchem.chem.okstate.edu/DCICLA/Empirical.html>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	30/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO CRISTALES


1. Establezca las diferencias entre cristalización, precipitación, sedimentación y deposición.
2. ¿Cuáles son las principales celdas unitarias de los cristales?
3. ¿Qué tipo de celda unitaria presenta el sulfato de cobre pentahidratado?
4. ¿Qué tipo de celda unitaria presenta el cloruro de sodio?
5. Defina los términos siguientes:
  - a) Solubilidad
  - b) Disolución insaturada
  - c) Disolución saturada
  - d) Disolución sobresaturada
6. ¿Qué factores afectan al proceso de cristalización? Justifique su respuesta.

#### 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Kotz, J. C., Treichel, P. M., & Weaver, G. C. (1999). *Química y reactividad química*.
4. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
5. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
6. Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman R. A. (1988). *Física Universitaria*.


#### 11. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. osu Chemistry Courses (s.f.). *Determination of the formula of a hydrate* [Simulador]. Recuperado de <http://introchem.chem.okstate.edu/DCICLA/Empirical.html>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	31/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 4

## LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA (OPCIONAL)

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	32/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos antes y después de realizar la experiencia.

## 2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Demostrará de forma experimental la ley de la conservación de la materia.

## 3. INTRODUCCIÓN


A finales del siglo XVII y durante la mayor parte del siglo XVIII, la combustión y las reacciones asociadas con ella se explicaban en términos de la teoría del flogisto. Dicha teoría fue totalmente rechazada por el químico francés Joseph Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794).

Lavoisier demostró que cuando una sustancia arde, los productos de ésta pesan más que la sustancia original; esto demostraba que en la reacción química intervenía una parte del aire. Los trabajos de Lavoisier se caracterizan por su modalidad sistemáticamente cuantitativa: hizo un uso constante de la balanza. El método cuantitativo supone, necesariamente, la validez de la ley de la indestructibilidad de la materia. Lavoisier enunció esta ley en forma específica de la forma siguiente: "... porque nada se crea en los procesos, sean estos naturales o artificiales, y puede tomarse como un axioma que en todo proceso existe igual cantidad de materia antes y después del mismo, permaneciendo constantes la cantidad y naturaleza de los principios que intervienen, siendo todo lo que sucede, sólo cambios y modificaciones. Toda la técnica de las experiencias de química se funda en este principio: debemos tener siempre un balance o igualdad exacta entre los principios que constituyen el cuerpo en examen y los que forman los productos del análisis mismo."

Un fenómeno interesante en la naturaleza, que demuestra dicha ley, es cuando sucede la formación de un precipitado a partir de la combinación de dos disoluciones acuosas que contienen cationes y aniones, lo que se conoce como reacciones de precipitación, aun cuando existe la formación de un sólido, la cantidad de materia en los reactivos debe de conservarse en los productos.

## 4. MATERIAL Y EQUIPO

- a) envases de plástico con tapa rosca (para refresco con gas) de 500 o 600 [ml].
- b) Papel higiénico o pañuelos desechables.
- c) Hilo delgado.
- d) 1 cuchara para postre.
- e) Papel de lija al agua.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	33/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. REACTIVOS

- 1) H<sub>2</sub>O, agua
- 2) NaHCO<sub>3</sub>, bicarbonato de sodio.
- 3) C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>, ácido cítrico o jugo de limón.
- 4) C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, ácido acético (vinagre).
- 5) Fe, hierro (4 clavos de hierro de 1 pulgada).
- 6) disolución de hipoclorito de sodio (cloro casero)

## 6. DESARROLLO

### ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo de las sustancias químicas que se emplearán.

### ACTIVIDAD 2.

#### Construcción de una balanza hidrostática casera

Para realizar las mediciones de masa en esta práctica, puede emplear una de las tres siguientes opciones

- i. Descargue la aplicación "WEIGHT SCALE ESTIMATOR" desde cualquier tienda de aplicaciones y familiarícese con su uso, con dicha aplicación se emplea el celular como balanza.
- ii. Construya una balanza hidrostática, empleando un procedimiento similar al descrito en los videos siguientes:
  - a. Balanza casera con tres botellas de plástico:  
[www.youtube.com/watch?v=hmsDeGhUoQU](http://www.youtube.com/watch?v=hmsDeGhUoQU)
  - b. Mejoramos la balanza casera y no creará el resultado:  
[www.youtube.com/watch?v=-xy70P\\_a7Ps](http://www.youtube.com/watch?v=-xy70P_a7Ps)
  - c. Balanza casera:  
[www.youtube.com/watch?v=CyYz1KjCadQ](http://www.youtube.com/watch?v=CyYz1KjCadQ)
  - d. Balanza de agua (explicación y elaboración):  
<https://www.youtube.com/watch?v=QXlQtlyDzll>
  - e. Balanza hidrostática:  
[www.youtube.com/watch?v=DzqlmdapBwU](http://www.youtube.com/watch?v=DzqlmdapBwU)
- iii. Emplee una balanza que tenga a disposición, preferentemente con una resolución de 1 [g] o menor.

### ACTIVIDAD 3.

#### Reacción química con formación de un gas.

1. Vierta 100 [ml] de agua de la llave en un envase de plástico con tapa rosca como se muestra en la figura 1.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	34/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 1

- Coloque media cucharada de bicarbonato de sodio o media tableta de Alka-Seltzer® triturada sobre un cuadro de papel (figura 2a). Una los extremos del papel y sujételos con el hilo (figura 2b).
- Introduzca el papel en la botella con agua, cuide que no se moje y tape la botella de tal forma que parte del hilo queda fuera de la botella. De esta forma, el papel se suspenderá dentro de la botella (figura 2b).

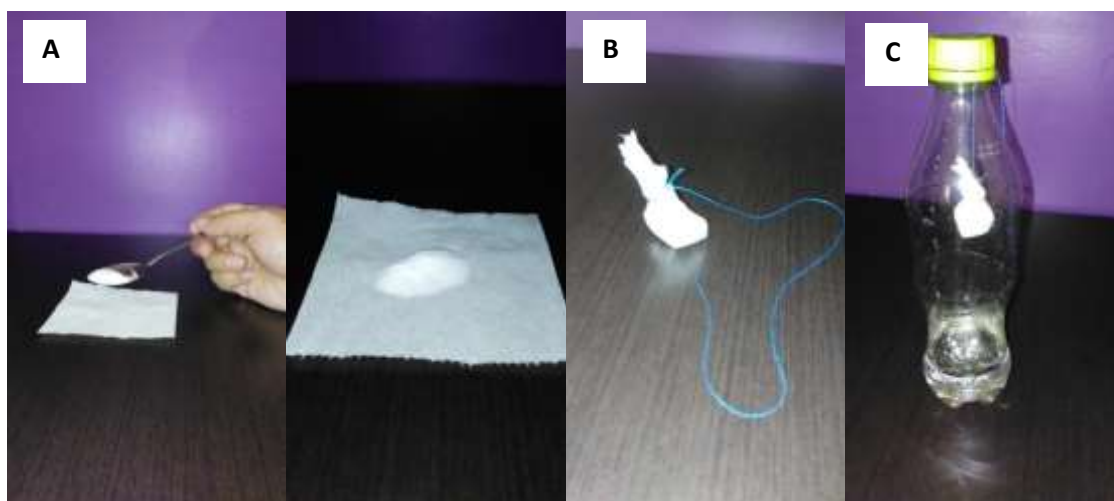


Figura 2. a) La muestra debe quedar en el centro del papel. b) El hilo debe medir al menos la mitad de la longitud de la botella. c) Cierre la tapa de manera que el hilo no se desplace hacia el agua.

- Determine la masa del sistema empleando la balanza elegida en la actividad 2 como se muestra en la figura 3.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	35/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




Figura 3. Medición de masa con la aplicación “WEIGHT SCALE ESTIMATOR”

- Retire el sistema de la balanza y agite para que el papel se moje y rompa. Esto permitirá que el bicarbonato de sodio se mezcle con el líquido. Observe la reacción y cuando ya no perciba la efervescencia, coloque el sistema sobre la balanza para detectar si hubo cambio de masa.
- Repita la experiencia empleando las cantidades que se indican en la tabla 1 y anote sus resultados en la misma.

**Tabla 1**

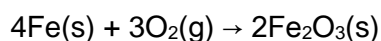
Contenido de la botella	Contenido de la bolsa de papel:	$m_1$ [g]	$m_2$ [g]	Ecuación química del proceso	¿Se verifica la LCM? Argumente su respuesta
aprox. 100 [ml] de agua	½ tableta de alka-seltzer				
aprox. 100 [ml] de agua y jugo de 1 limón	½ tableta de alka-seltzer				
aprox. 100 [ml] de agua y 1 cucharada de vinagre	½ tableta de alka-seltzer				

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	36/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### ACTIVIDAD 4.

##### Reacción química con formación de un óxido.


- Llevará a cabo la oxidación del hierro contenido en los clavos, de acuerdo con la ecuación química balanceada siguiente:



- Introduzca 100 [ml] de agua en una botella de plástico con tapa rosca y añada los cuatro clavos de 1 [in], previamente lijados para eliminar cualquier rastro de grasa y óxido. Tape la botella y registre la masa del sistema.
- Monitoree el avance de la reacción y la masa del sistema cada hora hasta completar siete lecturas. Llene la tabla 2 con los datos obtenidos.

**Tabla 2**

Tiempo [h]	Masa [g]	Observaciones:	¿Se demuestra la LCM? Argumente su respuesta
0	$m_1 =$		
1	$m_2 =$		
2	$m_3 =$		
3	$m_4 =$		
4	$m_5 =$		
5	$m_6 =$		

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	37/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6	$m_7 =$		
---	---------	--	--

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.

## 8. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Acá andamos. (2018, marzo 19). *Báscula casera* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=CyYz1KjCadQ>
2. Cala, V. (2014, noviembre 25). *Balanza de agua (explicación y elaboración)* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QXIQtlyDzII>
3. Hernando P., H. (2014, noviembre 26). *Balanza hidrostática* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=DzglmdapBwU>
4. Uno para todo. (2012, agosto 20). *Balanza casera con tres botellas de plástico* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=hmsDeGhUoQU>
5. Uno para todo. (2016, septiembre 14). *Mejoramos la balanza casera y no creerás lo que pasó* [Video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=-xy70P\\_a7Ps](https://www.youtube.com/watch?v=-xy70P_a7Ps)

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	38/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## CUESTIONARIO PREVIO LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA

1. Enuncie las leyes ponderales.
2. Defina estequiometría.
3. ¿Cómo se calcula la fuerza de flotación que un fluido ejerce sobre un cuerpo sumergido en él?
4. ¿En qué consisten las relaciones estequiométricas?
5. Complete la reacción química siguiente y balancéela:




6. Mencione los tipos de reacciones químicas que existen.

### 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.


### 9. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Acá andamos. (2018, marzo 19). *Báscula casera* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=CyYz1KjCadQ>
2. Cala, V. (2014, noviembre 25). *Balanza de agua (explicación y elaboración)* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QXIQtlYDzII>
3. Hernando P., H. (2014, noviembre 26). *Balanza hidrostática* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=DzglmDapBwU>
4. Uno para todo. (2012, agosto 20). *Balanza casera con tres botellas de plástico* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=hmsDeGhUoQU>
5. Uno para todo. (2016, septiembre 14). *Mejoramos la balanza casera y no creeras lo que pasó* [Video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=-xy70P\\_a7Ps](https://www.youtube.com/watch?v=-xy70P_a7Ps)

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	39/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 5

## PREPARACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE DISOLUCIONES

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	40/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Preparará disoluciones de diferentes concentraciones con el material adecuado.
2. Medirá la conductividad de las disoluciones preparadas usando el equipo conveniente.
3. Clasificará los solutos empleados como electrólitos fuertes, débiles o no electrólitos.
4. Comprenderá la relación que hay entre la concentración de un electrólito y su conductividad.

## 2. INTRODUCCIÓN

Una disolución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. Con frecuencia, las disoluciones consisten en una sustancia, el soluto, disuelto en otra sustancia, el disolvente, que por lo general es agua.

La concentración de las disoluciones se expresa en función de la cantidad de soluto disuelto en una masa o volumen determinado de disolvente o de disolución; por tanto, existen varias formas de expresar la concentración. Algunas unidades de concentración son la molaridad, la normalidad, la molalidad y los porcentajes en masa o en volumen.

Una disolución que contiene un electrólito es capaz de transportar la corriente eléctrica. A este fenómeno se le llama conducción electrolítica. Los iones del electrólito deben moverse libremente para que se presente la conducción electrolítica.

La naturaleza iónica de un compuesto puede determinarse experimentalmente observando qué tan eficazmente transporta la corriente eléctrica una disolución acuosa del mismo. Ahora bien, las propiedades de los compuestos iónicos y covalentes reflejan la manera en que los átomos interactúan entre sí. Una de estas propiedades es la conductividad electrolítica de los compuestos en disolución acuosa.


## 3. HERRAMIENTAS DIGITALES

- Making stock solutions from solids:  
<http://chemcollective.org/activities/vlab/67>
- Conductivity of ionic solutions:  
<http://web.mst.edu/~qbert/conductivity/cond.html>

## 4. DESARROLLO

ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo de los simuladores.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	41/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## ACTIVIDAD 2

### Preparación de disoluciones

1. Calcule la cantidad en gramos del soluto necesaria para preparar 1 [l] de disolución de cloruro de sodio (NaCl) 0.5 [M]. Ésta será la disolución madre.
2. Use el simulador **Making stock solutions from solids** para preparar la disolución. Se sugiere elegir el idioma **Español** (figura 1).

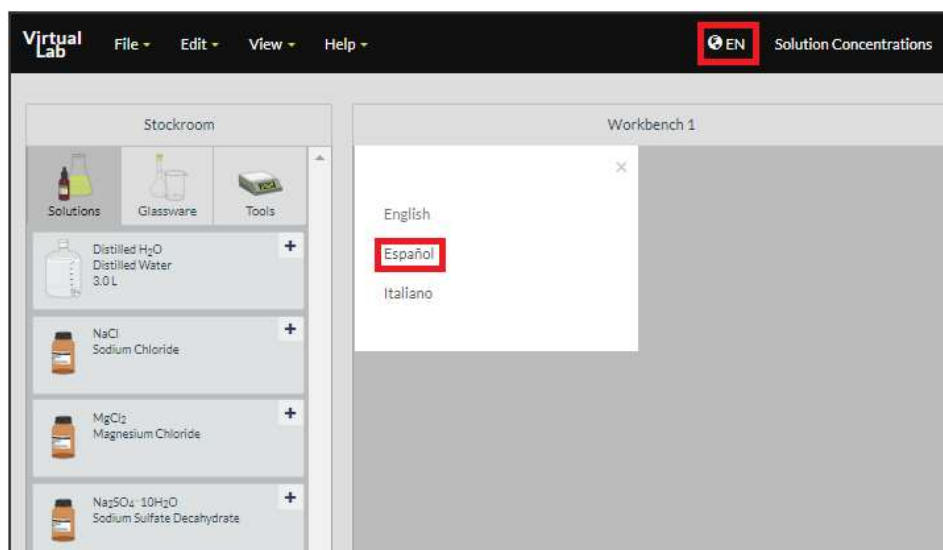



Figura 1. Simulador *Making stock solutions from solids*.

3. Tome la balanza y un vaso de precipitados de 250 [cm<sup>3</sup>] del **Almacén** del simulador. Coloque el vaso sobre la balanza y presione el botón **TARE** para tararla (figura 2).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página:	42/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

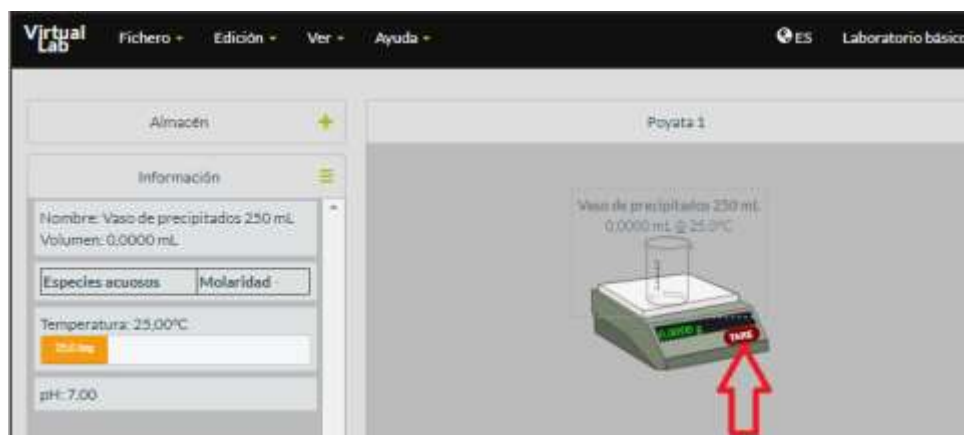


Figura 2. Simulador *Making stock solutions from solids*.

- Mida la masa del soluto que cálculo en el paso 1. Para ello, tome el frasco con NaCl del **Almacén**, colóquelo sobre el vaso de precipitados en el área de trabajo e indique la masa que se pesará (figura 3).

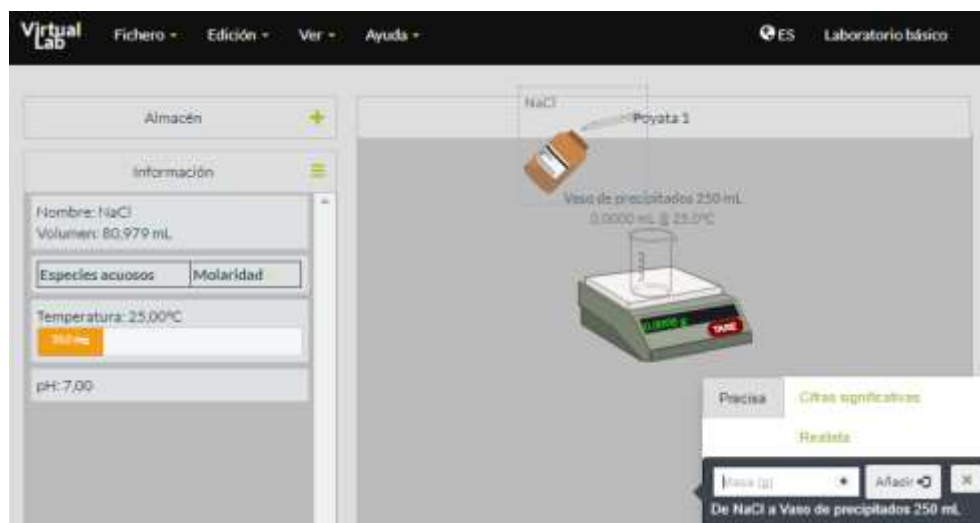



Figura 3. Simulador *Making stock solutions from solids*.

- Lleve el agua desionizada del **Almacén** a la **Poyata**, colóquela sobre el vaso de precipitados y añada 200 [cm<sup>3</sup>] (figura 4).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página:	43/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

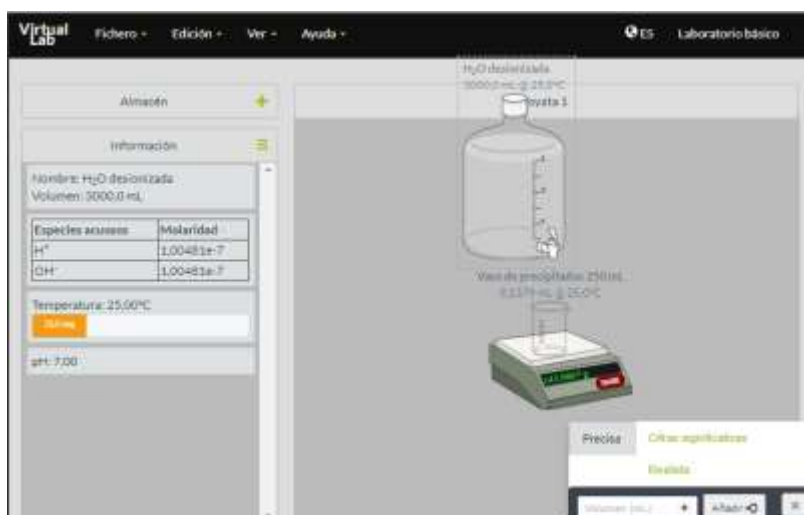


Figura 4. Simulador *Making stock solutions from solids*.

- Elija un matraz volumétrico de 1 [l] del **Almacén** y trasvase la mezcla del vaso de precipitados a dicho matraz. Para ello, coloque el vaso de precipitados sobre el matraz volumétrico y añada todo el contenido de este (figura 5).

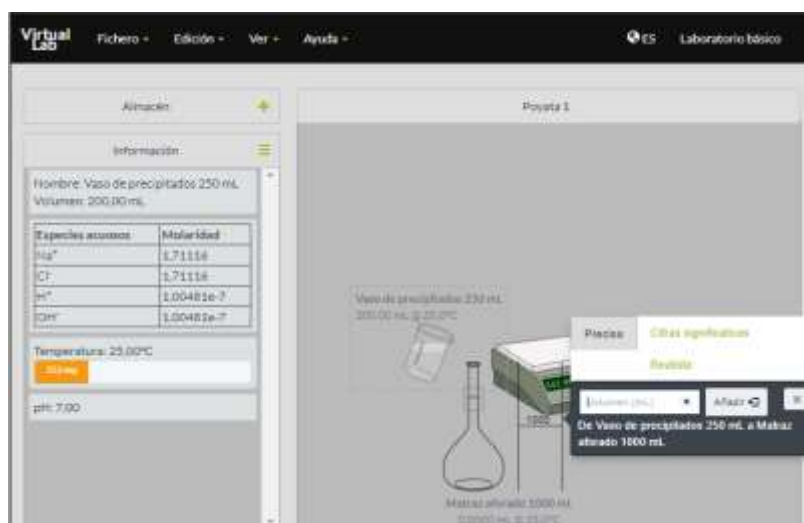



Figura 5. Simulador *Making stock solutions from solids*.

- Coloque el agua desionizada sobre el matraz volumétrico con la mezcla y añada el volumen necesario para completar hasta la marca del aforo. La disolución así preparada es la disolución madre (figura 6).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página:	44/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

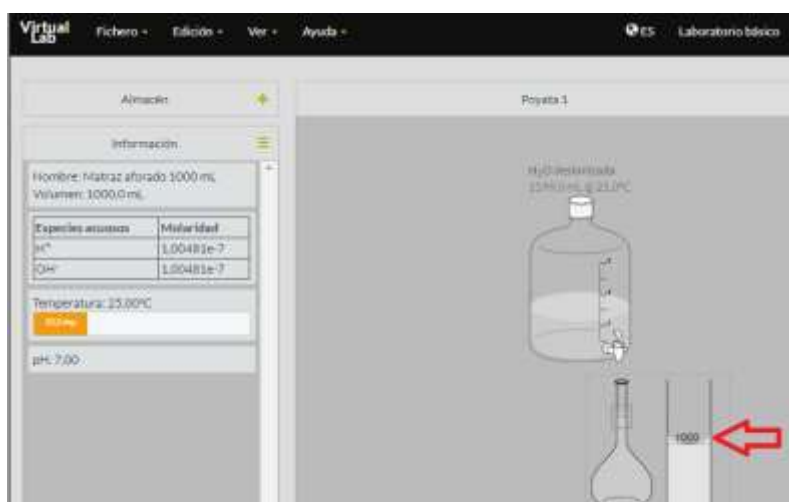


Figura 6. Simulador *Making stock solutions from solids*.

8. Tome una pipeta volumétrica de 10 [cm<sup>3</sup>] del **Almacén**, colóquela sobre el matraz volumétrico que contiene la disolución madre y tome 10 [cm<sup>3</sup>]. Para ello, indique la cantidad que tomará y presione el botón **Quitar** (figura 7).

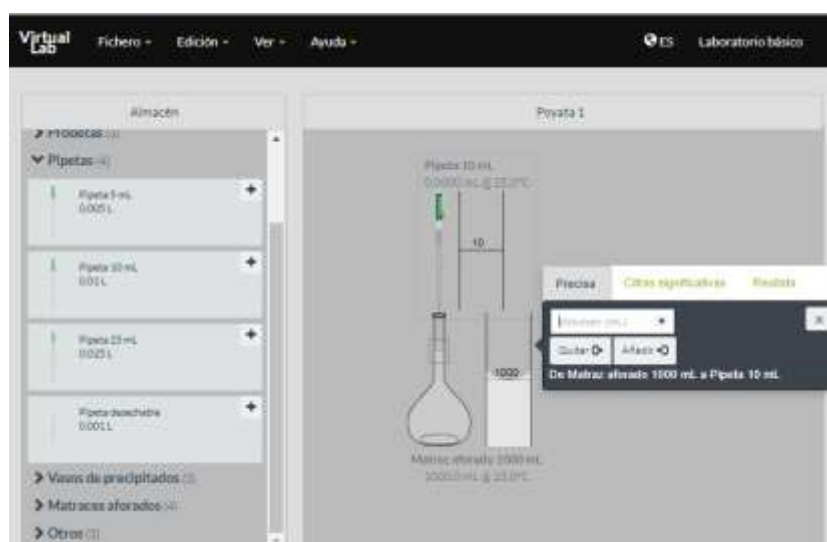



Figura 7. Simulador *Making stock solutions from solids*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	45/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

9. Elija un matraz volumétrico de 500 [cm<sup>3</sup>] del **Almacén** y vierta los 10 [cm<sup>3</sup>] de la disolución madre con ayuda de la pipeta. Para ello, coloque dicha pipeta sobre el matraz volumétrico de 500 [cm<sup>3</sup>] y añada el volumen requerido (figura 8).

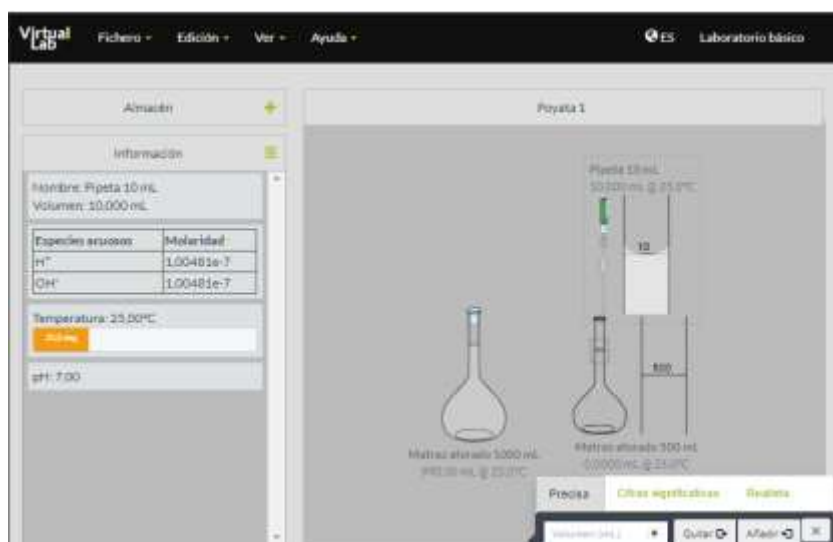



Figura 8. Simulador *Making stock solutions from solids*.

10. Coloque el agua desionizada sobre el matraz volumétrico de 500 [cm<sup>3</sup>] y añada el volumen necesario para completar hasta la marca del aforo. La disolución así preparada es la disolución 1 (figura 9).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	46/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

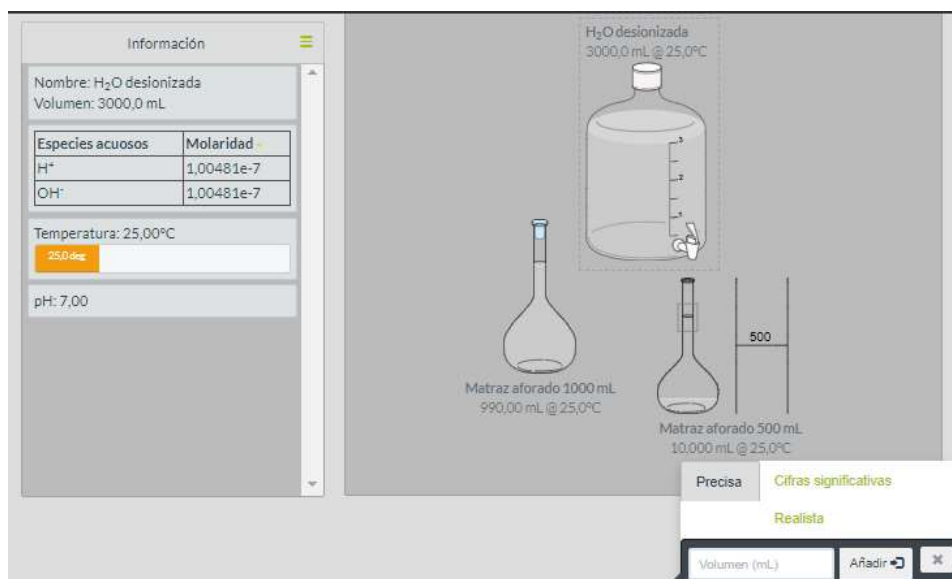


Figura 9. Simulador *Making stock solutions from solids*.

11. Repita los pasos anteriores empleando los matraces volumétricos de 250 y 100 [cm<sup>3</sup>], disponibles en el **Almacén**, para preparar las disoluciones 2 y 3, respectivamente.
12. Determine la concentración de las disoluciones 1, 2 y 3.

### ACTIVIDAD 3

#### Toma de lecturas

1. Determine la conductividad de las disoluciones que se muestran en la tabla 1 con el simulador **Conductivity of ionic solutions**. Use los valores de las concentraciones que obtuvo en la actividad 2



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	47/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 1

Concentración [M] Conductividad [μS]	Disolución n 1 500 [cm <sup>3</sup> ]	Disolución n 2 250 [cm <sup>3</sup> ]	Disolución n 3 100 [cm <sup>3</sup> ]	Disolución n Madre
CH <sub>3</sub> COO Na				
CH <sub>3</sub> COO H				
NaCl				
CaCl <sub>2</sub>				
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S O <sub>4</sub>				
KNO <sub>3</sub>				
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>				
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	*	*	*	*

\* Los valores para la sacarosa serán proporcionados por la figura docente a partir de los datos experimentales obtenidos en semestres anteriores.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página:	48/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Tome la lectura de conductividad en [ $\mu\text{S}$ ] y registre sus resultados en la tabla 1. Para ello, seleccione en el simulador el anión y el catión que correspondan y fije la temperatura en 25 [ $^{\circ}\text{C}$ ] (figura 10).
- Elija la concentración de la disolución y presione la barra morada del conductímetro para obtener una lectura (figura 11a).
- Cambie la escala de conductímetro si en el paso anterior no se registró la conductividad. Para ello, presione el botón blanco del conductímetro para que cambie a **Range 2** y tome una nueva lectura (figura 11b).
- Multiplique por 1000 el valor que indique la pantalla si realizó el paso anterior.
- Cambie la concentración para tomar una nueva lectura de la misma disolución. Repita los pasos 4 y 5 si es necesario.
- Repita los pasos anteriores para medir la conductividad de cada disolución.

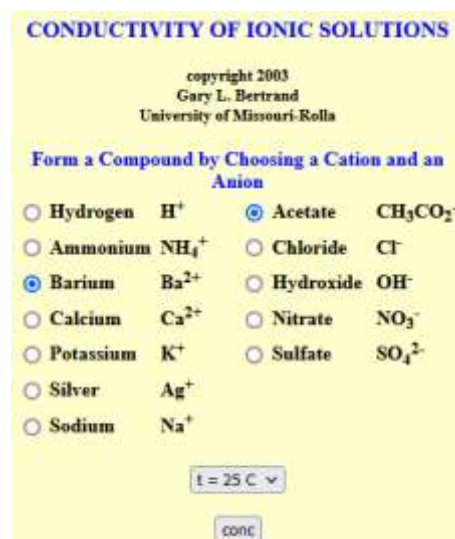


Figura 10. Simulador *Conductivity of ionic solutions*.

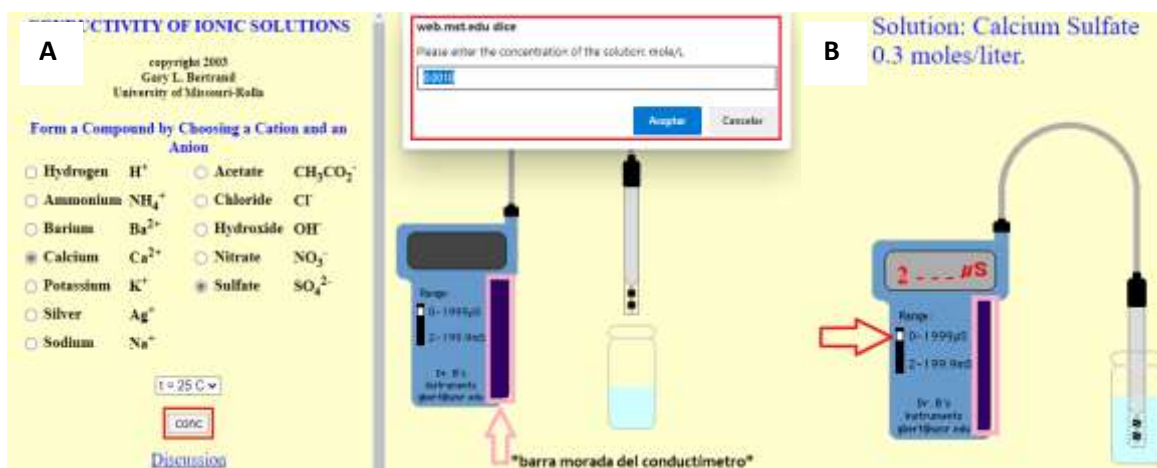



Figura 11. Simulador *Conductivity of ionic solutions*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	49/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### ACTIVIDAD 4

##### Construcción del modelo matemático


- Trace una gráfica de la conductividad [ $\mu\text{S}$ ] en función de la concentración molar [M] con los datos de la tabla 1 para cada soluto.
- ¿Cuál es el comportamiento de la conductividad respecto a la concentración? Establezca los modelos matemáticos que corresponden a cada soluto, a partir de la gráfica que trazó en el punto anterior.
- ¿Con base en lo anterior ¿Cuál disolución es la mejor conductora para una misma concentración?
- A partir del resultado del punto anterior, infiera cuál es un electrolito fuerte, débil o no electrolito.
- Infiera con base en el modelo matemático obtenido para el soluto asignado por la figura docente.
  - Si se toman 10 [ml] de la disolución madre y se lleva a un volumen de 200 [ml]
    - ¿Cuál será la conductividad de la disolución preparada?
    - ¿Cuántos gramos de soluto hay en la disolución preparada?
  - ¿Qué cantidad de soluto se debe de emplear para preparar 100 [ml] de una disolución de NaCl que presente una conductividad de 16500 [ $\mu\text{S}$ ]? Use el simulador Making stock solutions from solids para preparar dicha disolución.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Mortimer, C. E. (1983). *Química*.

#### 6. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Bertrand, G. L. (2003). *Conductivity of ionic solutions* [Simulador]. Recuperado de <https://web.mst.edu/~gbert/conductivity/cond.html>
- Chemistry Collective, The. (2003, octubre 1). *Making stock solutions from solids* [Simulador]. Recuperado de <http://chemcollective.org/activities/vlab/67>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	50/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## CUESTIONARIO PREVIO PREPARACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE DISOLUCIONES


1. Defina molaridad.
2. ¿Cómo influye el agua de hidratación presente en algunos sólidos en la preparación de las disoluciones?
3. ¿Cómo afecta la pureza del reactivo químico en la preparación de las disoluciones?
4. Defina enlace químico.
5. ¿Qué características químicas presentan los compuestos que poseen enlace iónico y enlace covalente?
6. Investigue los términos siguientes: electrólito fuerte, electrólito débil, no electrólito y conducción electrolítica.
7. Investigue de qué parámetros depende la resistencia eléctrica.
8. Investigue las unidades, en el S.I., de la resistencia eléctrica y de su inversa, la conductividad eléctrica.

### 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.


### 7. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Bertrand, G. L. (2003). *Conductivity of ionic solutions* [Simulador]. Recuperado de <https://web.mst.edu/~gbert/conductivity/cond.html>
2. Chemistry Collective, The. (2003, octubre 1). *Making stock solutions from solids* [Simulador]. Recuperado de <http://chemcollective.org/activities/vlab/67>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	51/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 6

## CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS (OPCIONAL)

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	52/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
3	Termómetro	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está el contenido.
4	Sustancias químicas	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

## 2. OBJETIVOS


### EL ALUMNADO:

1. Conocerá las relaciones estequiométricas que existen entre los reactivos y productos de una reacción química.
2. Comprenderá los conceptos de reactivo limitante y en exceso en una reacción.
3. Determinará la cantidad de reactivo que reaccionó para obtener cierta cantidad de producto.
4. Calculará el rendimiento porcentual de una reacción química.

## 3. INTRODUCCIÓN

En todos los procesos químicos industriales es importante conocer la cantidad que se obtiene de un producto de reacción, así como la cantidad de reactivo que se consumió al final del proceso. La estequiometría permite conocer la cantidad de sustancias que se consumen y se producen en las reacciones químicas.

Por lo general, cuando una reacción química se lleva a cabo, los reactivos no están presentes en las cantidades estequiométricas, es decir, en las proporciones que indica la ecuación química balanceada del proceso: el reactivo que se encuentra en menor cantidad estequiométrica se llama reactivo limitante, debido a que limita la cantidad máxima de producto que se puede obtener, ya que cuando este reactivo se consume por completo, no es posible formar más producto. Los otros reactivos, presentes en cantidades mayores que las necesarias para reaccionar con la cantidad del reactivo limitante, se llaman reactivos en exceso.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	53/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Por otro lado, el rendimiento porcentual de una reacción química describe la proporción del rendimiento real con respecto al rendimiento teórico y se define como:

$$\text{rendimiento porcentual} = \frac{\text{rendimiento real}}{\text{rendimiento teórico}} \times 100 \%$$

#### 4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) 1 botella de PET de 300 o 500 [cm<sup>3</sup>] (con tapón para niños Bonafont kids®)
- b) 1 botella de plástico o de PET de 1 [l]
- c) 1 servilleta
- d) 1 hilo
- e) 1 globo
- f) 1 [m] de manguera de plástico de ¼ de pulgada
- g) 1 cinta canela
- h) 1 cinta adhesiva (diurex®)
- i) 1 recipiente grande con agua o una pileta
- j) 1 escoba o jalador
- k) 1 jeringa
- l) 1 termómetro

#### 5. REACTIVOS

- c) 1 pastilla de Alka-Seltzer®
- d) agua potable

#### 6. DESARROLLO


##### ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo de las sustancias químicas que se emplearán.

##### ACTIVIDAD 2

##### Reconocimiento de las reacciones

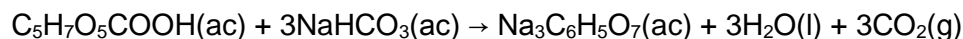
La pastilla de Alka-Seltzer® contiene bicarbonato de sodio, ácido cítrico y ácido acetilsalicílico. Al entrar en contacto con agua, las sustancias anteriores se disocian, lo que provoca que los iones hidronio liberados por los ácidos reaccionen con los iones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	54/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

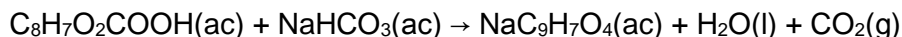
bicarbonato para producir ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) que se descompone en agua y dióxido de carbono. Este proceso se observa como efervescencia.

Durante este proceso ocurren dos reacciones químicas:

- a) El ácido cítrico reacciona con el bicarbonato de sodio para producir citrato de sodio, agua y dióxido de carbono.



- b) El ácido acetilsalicílico reacciona con el bicarbonato de sodio para producir acetil salicilato de sodio, agua y dióxido de carbono.



### ACTIVIDAD 3

#### Instalación del dispositivo de recolección y medición del gas liberado

- Coloque el recipiente sobre una mesa y añada agua al 75 % de su capacidad. Si usa una pileta, llénela a la mitad.
- Llene con agua la botella de 1 [l]. Colóquela dentro del agua del recipiente de forma invertida (con la "boca de la botella" hacia abajo). Evite que quede aire dentro de la botella, para ello llene con agua la botella hasta el ras, ayúdese con el embudo. Al final, coloque su mano encima e invierta la botella dentro del agua.
- Sujete la botella al palo de la escoba con ayuda de la cinta canela. El palo de la escoba servirá de soporte (figura 1a).
- Corte la boquilla del globo y únala con cinta adhesiva a un extremo de la manguera (figura 1b).

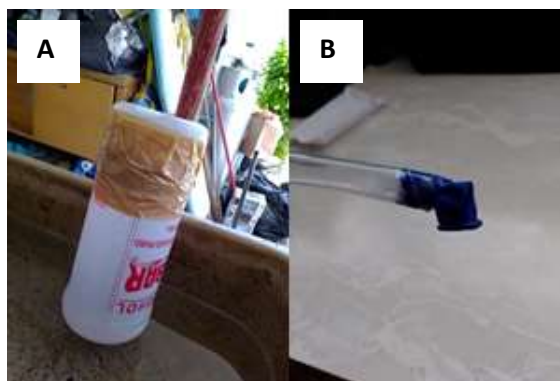


Figura 1. a) Dispositivo de recolección y medición. b) Extremo de la manguera.

### ACTIVIDAD 4

#### Instalación de la botella de reacción

- Coloque la pastilla de Alka-Seltzer® molida o hecha pedazos sobre la servilleta.
- Cierre la servilleta por su primer doblez con los sólidos en su interior y enrolle la servilleta como si armara un "cigarro". Sea cuidadoso y evite que el sólido se salga, haciendo dobleces en los extremos de su "cigarro". Luego enrolle el papel (figura 2).


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	55/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




Figura 2. Procedimiento para construir el “cigarro” con Alka-Seltzer® en su interior.

- Deje 20 [cm] de largo en uno de los extremos del hilo para sujetarlo a la botella (figura 3). De esta forma se asegura que no salga por los extremos el sólido.



Figura 3. Forma en que deben amarrarse los extremos del “cigarro”.

- Añada entre 50 y 60 [cm<sup>3</sup>] de agua dentro de la botella de PET de 300 [ml]. Al hacerlo, cuide que no se moje la parte superior de las paredes de la botella, use la jeringa (figura 4a). En caso de que se mojen las paredes, séquelas con un papel o un trapo.
- Introduzca con cuidado su “cigarro” reactivo dentro de la botella. Sea cuidadoso y no permita que toque el agua (figura 4b). Déjelo colgando en la parte superior a 2 o 3 [cm] del agua. Amarre el hilo al cuello de la botella o simplemente coloque la tapa que tiene el chupón para beber. Maneje con cuidado la botella, no la agite.
- Coloque el globo sobre el tapón para beber de la botella (figura 4c). Debe ajustarse bien; si no es así, únalo con cinta adhesiva.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	56/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

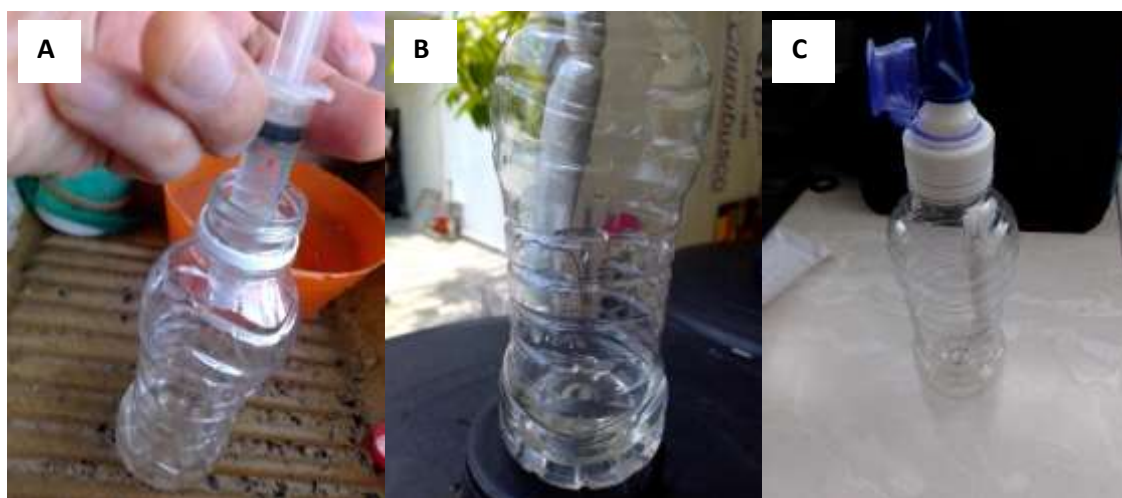


Figura 4. Los reactivos se colocan dentro de la botella para iniciar el proceso.

#### ACTIVIDAD 5


##### Obtención de los productos de reacción

1. Coloque el extremo libre de la manguera dentro del recipiente invertido que contiene el agua.
2. Ladee la botella para que el agua entre en contacto con el “cigarro” que contiene el Alka-Seltzer® molido. Puede agitar la botella, pero tenga cuidado de que no entre líquido en la manguera por la que evolucionará el gas. Si tarda en observar la formación de efervescencia, abra la botella y deje caer el “cigarro” sobre el agua y cierre rápidamente la botella. Al comenzar a formarse el gas, este pasará a través de la manguera y se recolectará en la botella invertida.

#### ACTIVIDAD 6

##### Recopile, organice y use los datos experimentales

1. Cuando la reacción deje de producir efervescencia marque el volumen de gas producido. Para ello marque hasta donde bajó el agua.
2. Asimismo, mida la altura (**h**) de la columna de agua dentro del recipiente. Lleve a cabo su determinación desde la superficie exterior del agua hasta la superficie interior. Puede marcar esto sobre la parte exterior del recipiente y posteriormente realizar sus mediciones (figura 5). Esto le permitirá evaluar la presión hidrostática dentro del recipiente

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	57/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Mida la temperatura del agua. Si no cuenta con termómetro, consulte la temperatura a la sombra de su región y use ese dato.
- Desmunte su equipo y determine el volumen de gas que recolectó. Puede hacerlo añadiendo agua hasta la marca de la botella donde lo recolectó y determinando dicho volumen de agua. O bien, si la botella es perfectamente cilíndrica, evalúe el volumen con la expresión para determinar el volumen de un cilindro.
- Determine la presión del gas por medio de un balance de presiones. A continuación, se muestra el procedimiento:

La presión al interior del recipiente recolector debe cumplir con la siguiente expresión:

$$P_{atm} = P_{gas} + P_{hidrostática}$$

En esta ecuación, la presión del gas ( $P_{gas}$ ) es la suma de las presiones de los productos de reacción:

$$P_{gas} = P_{CO_2,exp} + P_{V(H_2O)}$$

A partir de las ecuaciones anteriores, se obtiene una la relación entre la presión hidrostática y las presiones de los productos de reacción:

$$P_{atm} = P_{CO_2,exp} + P_{V(H_2O)} + P_{hidrostática}$$

De esta expresión podemos determinar con cierta facilidad:


- La presión atmosférica ( $P_{atm}$ ) que es de 77993.6 [Pa] en la Ciudad de México. Si no se encuentra en Ciudad de México investigue cuál es la presión atmosférica de su región.
- La presión hidrostática ( $P_{hidrostática}$ ) que se calcula a partir de la altura de la columna de agua,  $h$ ; la densidad del agua,  $\rho$ ; y la aceleración de la gravedad,  $g$ ; mediante la expresión:

$$P_{hidrostática} = \rho gh$$

En donde  $\rho = 1000 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$ ,  $g = 9.78 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$



Figura 5. Medición de la altura.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	58/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

c) La presión de vapor de agua ( $P_{V(H_2O)}$ ) es un dato que se conoce a partir de la temperatura de trabajo (tabla 1)

Tabla 1. Presión de vapor de agua a ciertas temperaturas			
T/ [°C]	P / [kPa]	T/ [°C]	P / [kPa]
10	1.2276	21	2.487
11	1.3123	22	2.645
12	1.4022	23	2.810
13	1.4974	24	2.985
14	1.5983	25	3.169
15	1.7051	26	3.363
16	1.8181	27	3.567
17	1.9376	28	3.782
18	2.0640	29	4.008
19	2.1975	30	4.246
20	2.339	31	4.496

De esta forma, conocemos  $P_{atm}$ ,  $P_{hidrostática}$  y  $P_{V(H_2O)}$ . Por tanto, la presión experimental de dióxido de carbono ( $P_{CO_2,exp}$ ) se obtiene a partir de


$$P_{CO_2,exp} = P_{atm} - P_{V(H_2O)} - P_{hidrostática}$$

Sustituyendo algunos de los datos:

$$P_{CO_2,exp} = 77993.6 [Pa] - P_{V(H_2O)} - \left(1000 \left[\frac{kg}{m^3}\right] \cdot 9.78 \left[\frac{m}{s^2}\right] \cdot h\right)$$

La presión experimental de CO<sub>2</sub> obtenida de la forma descrita está expresada en [Pa]. Con este dato de presión experimental de dióxido de carbono,  $P_{CO_2,exp}$ ; la temperatura de trabajo,  $T$ ; y el volumen de gas recolectado,  $V$ . Se calcula la cantidad de sustancia experimental para dióxido de carbono:  $n_{CO_2,exp}$  mediante la ecuación del gas ideal (Ecuación de Clapeyron-Mendeleiev). Use  $R$  como  $8.314 \left[\frac{J}{mol \cdot K}\right]$ . La presión al interior del recipiente recolector debe cumplir con la siguiente expresión

6. Mediante cálculos estequiométricos evalúe la cantidad de sustancia teórica que se debe obtener para CO<sub>2</sub>:  $n_{CO_2,teo}$  y calcule el rendimiento porcentual.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	59/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$Rend. porcentual = \frac{n_{CO_2,exp}}{n_{CO_2,teo}} \times 100$$

- Identifique al reactivo limitante durante la determinación de la cantidad de sustancia teórica de CO<sub>2</sub>.


## ACTIVIDAD 7

### Manejo de residuos

- Deseche al drenaje el contenido de la botella de reacción. Sea cuidadoso y no deseche el papel al drenaje, sepárelo y tírelo al bote de desechos sólidos de su domicilio.
- Coloque las botellas de plástico y PET que ha usado en su recipiente de plásticos para reciclaje. Después puede venderlos
- Guarde su manguera, puede donarla al laboratorio

### **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	60/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO RENDIMIENTO DE UNA REACCIÓN

- Balancee las ecuaciones químicas siguientes:
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Cl}_2 + \text{C} \rightarrow \text{CrCl}_3 + \text{CO}$
- Establezca las relaciones estequiométricas en gramos, en moles y en entidades fundamentales para las reacciones anteriores. Responda: ¿se cumple la ley de la conservación de la masa?
- ¿Cómo determina cuál es el reactivo limitante en una reacción química? Dé un ejemplo.

#### 8. BIBLIOGRAFÍA

- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	61/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## APÉNDICE

### En caso de no poder conseguir la manguera

El experimento se puede llevar a cabo de la siguiente manera:

1. Coloque 50 o 60 [ml] de agua en una botella de PET común y corriente (de 500 o 600 ml)
2. Arme su “cigarro reactivo” como se ha indicado y cuélguelo como se señala en el procedimiento con ayuda de la tapa. Cierre bien el sistema.
3. Con ayuda de una balanza determine la masa del sistema
4. Agite la botella o abra la botella y permita que caiga el cigarro para que inicie la reacción. Permita la evolución de gas sin cerrar la botella.
5. Al terminar la efervescencia, tape la botella y determine la masa del sistema  
La diferencia de masa del sistema nos da la masa de CO<sub>2</sub> liberado y podemos asumir que es el gas producido. Con esta masa se calcula la cantidad de sustancia experimental de CO<sub>2</sub>.


Si se sigue esta opción se recomienda solicitar el cálculo de volumen de gas obtenido experimentalmente sobre agua, si se considera:

- la temperatura de trabajo del experimento
- la presión atmosférica del lugar y
- una altura de columna de agua de 10 [cm] en el recipiente de recolección

$$V = \frac{n_{CO_2,exp} \cdot R \cdot T}{P_{CO_2,exp}}$$


La Presión parcial de CO<sub>2</sub> se evalúa con la expresión:

$$P_{CO_2,exp} = P_{atm} - P_{V(H_2O)} - P_{hidrostática}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	62/106
		<b>Sección ISO</b>	<b>8.3</b>
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 7

## EQUILIBRIO QUÍMICO

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	63/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

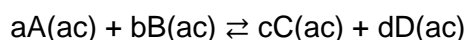
## 1. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Comprobará experimentalmente la existencia del equilibrio químico.
2. Determinará de forma experimental la constante de equilibrio del ácido acético.
3. Verificará de forma experimental el principio de Le Chatelier

## 2. INTRODUCCIÓN

Una reacción química se encuentra en equilibrio químico, cuando llega un momento en el que ya no se presenta ningún cambio en la concentración de reactivos y productos a medida que transcurre el tiempo. Esto se debe a que la rapidez de la reacción directa y de la reacción inversa son iguales. Con base en lo anterior, el equilibrio químico se ha definido como el equilibrio dinámico que asume la forma de una reacción química, tal que, para una reacción reversible se plantea lo siguiente:




En la ecuación química, a, b, c y d son los coeficientes estequiométricos para las sustancias A, B, C y D, respectivamente. La expresión matemática para la constante de equilibrio en términos de las concentraciones de las sustancias está dada por:

$$K_c = \frac{[\text{productos}]}{[\text{reactivos}]} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

El valor de  $K_c$  permanece constante sólo para una temperatura de equilibrio dada. Con esto, se predice la dirección en la que se desplazará la reacción para lograr el equilibrio químico cuando se lleva al cabo un cambio de concentración de alguno de los reactivos o productos. Lo anterior se basa en el principio de Le Châtelier, que establece la dirección en la que se debe desplazar el equilibrio para minimizar el efecto del cambio en la concentración, presión o temperatura en el equilibrio de una reacción.

## 3. HERRAMIENTAS DIGITALES

- pH-metro:  
<http://labovirtual.blogspot.com/search/label/pH-metro>
- Principio de Le Châtelier:

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	64/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

<https://labovirtual.blogspot.com/search/label/Principio%20de%20Le%20Ch%C3%A2telier>

#### 4. DESARROLLO

##### ACTIVIDAD 1

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para realizar la práctica y enfatizará en recomendaciones para el manejo de los simuladores.

##### ACTIVIDAD 2

##### Determinación de la constante de equilibrio

Realice lo que se indica a continuación para determinar la constante de equilibrio del ácido acético con ayuda del simulador **pH-metro**.

1. Seleccione la disolución de ácido acético y la concentración 0.001 [M] (figura 1).

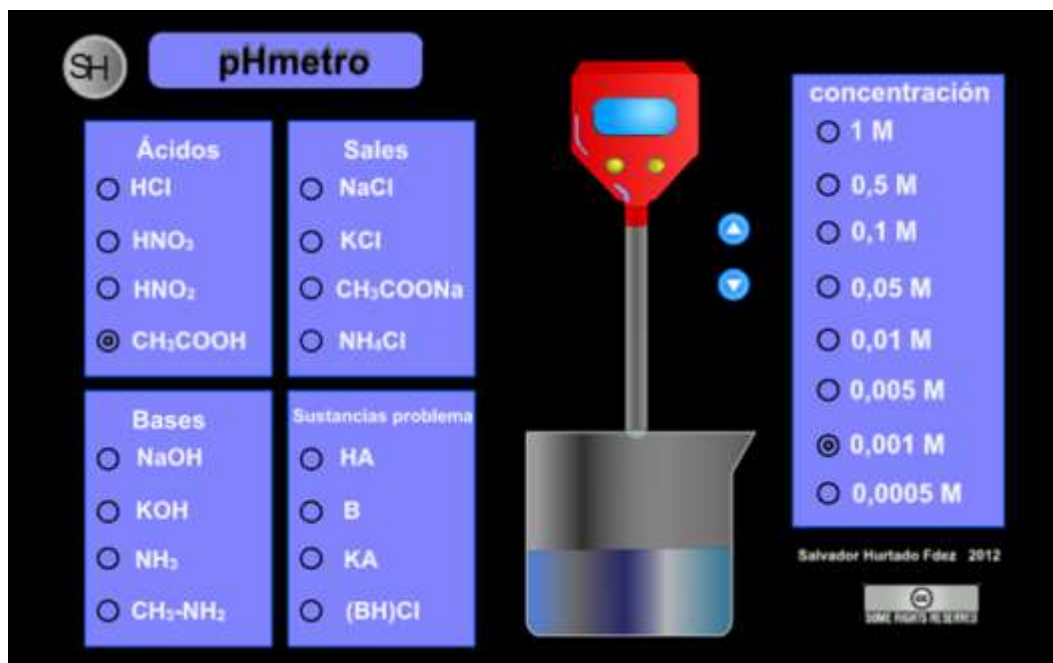



Figura 1. Simulador *pH-metro*

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	65/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Pulse el botón de la flecha hacia abajo para introducir el potenciómetro en el vaso de precipitado que contiene la disolución de ácido acético. Espere a que el potenciómetro indique el valor de pH de la disolución.
- Presione el botón con la flecha hacia arriba. El potenciómetro deja la disolución de ácido acético y enseguida cambiará el vaso de precipitado.
- Repita los pasos anteriores para las disoluciones de ácido acético 0.01 y 0.1 [M]. Con los datos que obtenga complete la tabla 1.

Tabla 1.

Disolución de ácido acético	pH	[H <sup>+</sup> ]	K <sub>a</sub>
0.001 [M]			
0.01 [M]			
0.1 [M]			

- Consulte el apéndice y siga la metodología para determinar la constante de equilibrio del ácido acético. Considere la ecuación química del proceso:

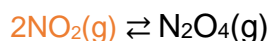


### ACTIVIDAD 3

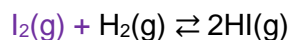
#### Principio de Le Chatelier: variación del volumen

Haga lo que se pide para determinar la constante de equilibrio del ácido acético con ayuda del simulador **Principio de Le Chatelier**.

- Mueva el émbolo del caso 1 (figura 2) de forma que el volumen disminuya y registre sus observaciones. Repita el procedimiento, ahora aumente el volumen.



- Repita el paso anterior para el caso 2 (figura 2).




- Explique lo que ocurre en cada simulación de acuerdo con el Principio de Le Chatelier.

### ACTIVIDAD 4

#### Principio de Le Chatelier: variación de la temperatura

Realice las actividades siguientes para determinar la constante de equilibrio del ácido acético con ayuda del simulador **Principio de Le Chatelier**.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	66/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Deslice el botón de la parrilla del caso 3 (figura 2) de forma que la temperatura aumente y registre sus observaciones. Repita el procedimiento, ahora disminuya la temperatura.



2. Repita el paso anterior para el caso 4 (figura 2).



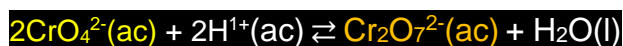
3. Explique lo que ocurre en cada simulación de acuerdo con el Principio de Le Châtelier.

#### ACTIVIDAD 5


##### Principio de Le Chatelier: variación de la concentración

Haga lo siguiente para determinar la constante de equilibrio del ácido acético con ayuda del simulador **Principio de Le Chatelier**.

1. Añada al matraz del caso 5 (figura 2) la disolución de NaOH 1 [M] que contiene la pipeta izquierda y registre sus observaciones.
2. Agregue al matraz del caso 5 (figura 2) la disolución de HCl 1 [M] de la pipeta derecha y registre sus observaciones.



3. Explique lo que ocurre en cada simulación de acuerdo con el Principio de Le Chatelier.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	67/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

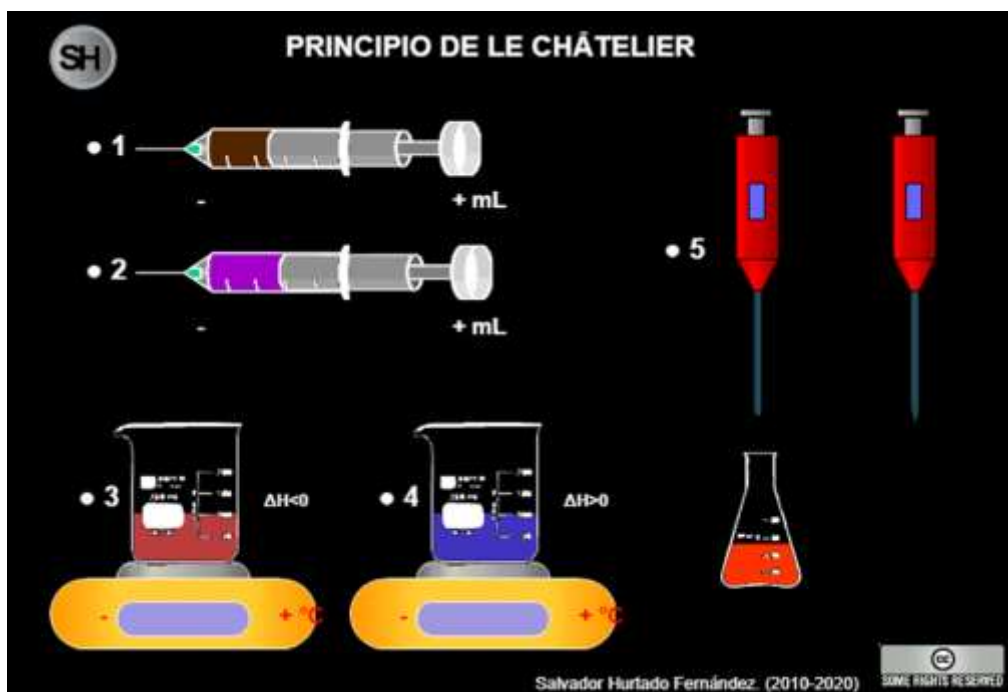



Figura 2. Simulador *Principio de Le Chatelier*.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	68/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

## 6. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS


1. Hurtado F., S. (2012, abril 10). *pH-metro* [Entrada de blog]. Recuperado de <https://labovirtual.blogspot.com/search/label/pH-metro>
2. Hurtado F., S. (2014, abril 28). *Principio de Le Chatelier* [Entrada de blog]. Recuperado de <https://labovirtual.blogspot.com/search/label/Principio%20de%20Le%20Ch%C3%A2telier>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	69/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO EQUILIBRIO QUÍMICO

- ¿Qué es una reacción reversible?
- ¿Cuáles son los factores que afectan el equilibrio químico?
- ¿Qué establece el Principio de Le Chatelier?
- Suponiendo que la reacción reversible  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(l) + D(l)$  se lleva a cabo en un sistema cerrado, indique hacia dónde se desplaza el equilibrio si:
  - hay una disminución en la presión;
  - se adiciona  $A(g)$  a la mezcla.
- ¿Cuál es la expresión matemática para determinar el pH de un ácido débil?
- Investigue cuál es el valor de la constante de acidez del ácido acético en condiciones estándar.
- Use el simulador **pH-metro** para completar la tabla siguiente. Considere una concentración de 0.05 [M] para cada caso.

Disolución	pH	La disolución es ácida, básica o neutra
NaCl		
CH <sub>3</sub> COOH		
NaOH		
CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>		
HCl		
NH <sub>3</sub>		
HNO <sub>3</sub>		
KCl		
CH <sub>3</sub> COONa		
HNO <sub>2</sub>		


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	70/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. BILIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

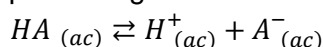
## 7. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Hurtado F., S. (2012, abril 10). *pH-metro* [Entrada de blog]. Recuperado de <https://labovirtual.blogspot.com/search/label/pH-metro>
2. Hurtado F., S. (2014, abril 28). *Principio de Le Chatelier* [Entrada de blog]. Recuperado de <https://labovirtual.blogspot.com/search/label/Principio%20de%20Le%20Ch%C3%A2telier>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	71/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## APÉNDICE

Cuando se tiene un ácido monoprótico (HA) débil disuelto en agua, éste se disociará parcialmente, estableciendo el equilibrio siguiente:



Dicho equilibrio está caracterizado por una constante, expresada por:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Por otro lado, si se considera que la concentración inicial del ácido HA es  $C_0$  [M], se pueden establecer entonces las relaciones siguientes:



Con base en lo anterior, y dado que  $[A^-] = [H^+] = x$ , la expresión de la constante de equilibrio puede expresarse de la manera siguiente:

$$K_a = \frac{x^2}{C_0 - x}$$


Como se trata del equilibrio de un ácido débil, la concentración de los iones  $H^+$  es despreciable frente a  $C_0$  y puede aproximarse de la manera siguiente:

$$K_a = \frac{x^2}{C_0}$$

Dado que  $x$  corresponde a la concentración de  $H^+$  en el equilibrio, puede determinarse la concentración de  $H^+$  si se mide el pH de la disolución en el equilibrio, ya que:


$$pH = -\log [H^+]$$

Por lo anterior, conociendo la concentración de  $H^+$  se puede determinar el valor de la constante de acidez  $K_a$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	72/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 8

## CAMBIO ENERGÉTICO EN DISOLUCIONES

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	73/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Conocerá el concepto sobre el cual se basa el funcionamiento de las compresas instantáneas “frías” o “calientes”.
2. Determinará si la entalpía de disolución ( $\Delta H_d$ ) en agua del cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), y del nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), corresponden a procesos endotérmicos o exotérmicos.
3. Cuantificará las variaciones de temperatura originadas por la disolución de diferentes cantidades de  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  en una determinada masa de agua.
4. Obtendrá el modelo matemático que relacione la variación de temperatura con respecto de los gramos totales de cada soluto


## 2. INTRODUCCIÓN

La termoquímica es la parte de la termodinámica que trata los intercambios energéticos en las reacciones químicas. Aunque también existen numerosos procesos físicos que involucran transferencias de energía en forma de calor, como pueden ser los cambios de fase y la formación de disoluciones.

Cuando un proceso químico o físico libera calor, se dice que es exotérmico; por el contrario, cuando absorbe calor, es endotérmico. La magnitud termodinámica que mide el intercambio energético se llama entalpía (calor a presión constante), representada por  $\Delta H$ . Por convenio, cuando se libera calor en un proceso (exotérmico), el signo de  $\Delta H$  es negativo; en cambio, si se absorbe calor (endotérmico),  $\Delta H$  tendrá un signo positivo.

La entalpía de disolución ( $\Delta H_d$ ) de una sustancia es la energía involucrada en el proceso de disolución. El cambio de entalpía que se observa al preparar una disolución puede considerarse como la suma de dos energías: la energía requerida para romper determinados enlaces (soluto-soluto y disolvente-disolvente) y la energía liberada para la formación de enlaces nuevos (soluto-disolvente). El valor de la entalpía de disolución depende de la concentración de la disolución final.

Por lo general, los deportistas utilizan compresas instantáneas “frías” o “calientes” para los primeros auxilios en el tratamiento de contusiones. Estas compresas funcionan empleando el concepto de calor de disolución que se estudiará en esta práctica.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	74/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. HERRAMIENTAS DIGITALES

- Calorimetry  
[https://media.pearsoncmg.com/bc/bc\\_0media\\_chem/chem\\_sim/calorimetry/Calor.php](https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/calorimetry/Calor.php)

### 4. DESARROLLO

#### ACTIVIDAD 1

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para realizar la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del simulador.

#### ACTIVIDAD 2

##### Funcionamiento del simulador

El simulador tiene la opción de manipular la masa o volumen, la temperatura inicial y el tipo de sustancia. Durante el experimento, en la mayoría de los casos, se muestra la gráfica de aumento de temperatura con el paso del tiempo (**show graph view**) y el movimiento de las moléculas del disolvente y el soluto al llevarse a cabo la disolución (**show microscopic view**).

5. Vaya a la pestaña del **experiment** y corra dé clic en **run experiment**. Debe observar la imagen que se muestra en la figura 1.

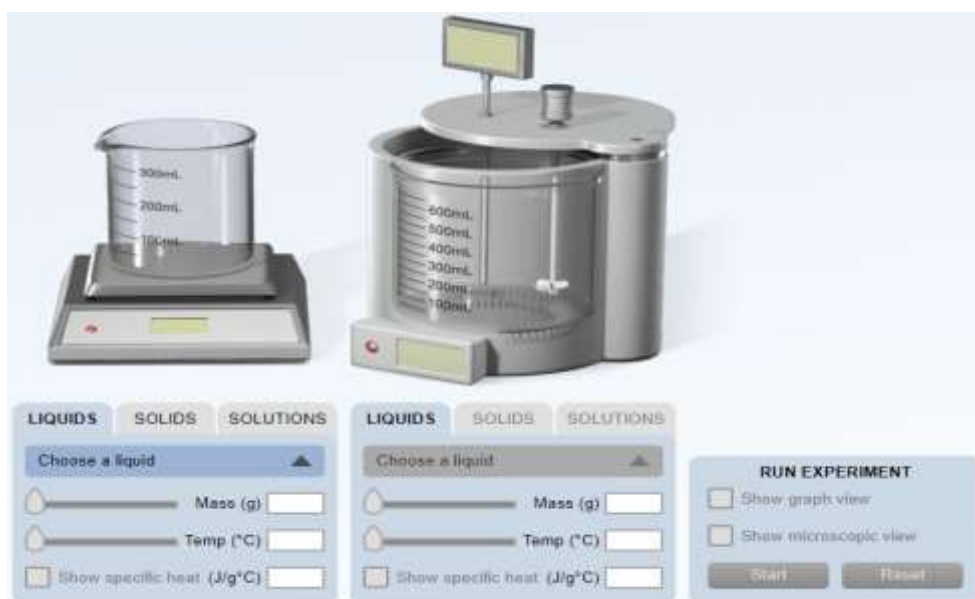



Figura 1. Simulador *Calorimetry*.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	75/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Coloque los solutos ( $\text{CaCl}_2$  o  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) en el vaso de precipitados y el disolvente ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en el calorímetro, de acuerdo con las indicaciones siguientes:
  - a) Seleccione el soluto en el lado del vaso precipitados, fije la masa y establezca la temperatura inicial.
  - b) Seleccione el disolvente en el lado del calorímetro, fije la masa y establezca la temperatura inicial.
  - c) Dé clic en **run experiment** y espere a que la temperatura que muestra el calorímetro sea constante. Registre este dato.
7. Coloque en el vaso de precipitado 25 [g] de hidróxido de potasio (KOH) sólido a 20 [°C] y en el calorímetro 100 [g] de  $\text{H}_2\text{O}$  a la misma temperatura, seleccione **show microscopic view** y corra el experimento (**run**). Observe la imagen del microscopio, la temperatura final y responda:
  - a) ¿Qué sucede entre las moléculas del disolvente y los iones del soluto? Explique.
  - b) ¿Si la temperatura bajara en vez de subir qué se debería de ver?


### ACTIVIDAD 3

#### Toma de lecturas de la temperatura con diferentes masas de $\text{CaCl}_2$

7. Seleccione como soluto sólido al  $\text{CaCl}_2$  en el vaso de precipitados.
8. Pese 4 [g] de  $\text{CaCl}_2$  a 20 [°C], la cual se considera como la temperatura ambiente ( $T_a$ ).
9. Seleccione como disolvente al  $\text{H}_2\text{O}$  en el calorímetro; coloque 100 [g] a 20 [°C].
10. Corra el experimento con el botón (**start**).
11. Registre la temperatura final ( $T_f$ ) obtenida al realizar la disolución.
12. Reinicie (**reset**) el experimento, a fin de obtener los datos que se solicitan en la tabla 1.
13. Córralo cuantas veces sea necesario, solo se debe modificar la masa del soluto, dejando siempre la misma cantidad de disolvente.

Tabla 1

Corrida	$m_{\text{total}}$ [g] $\text{CaCl}_2$ adicionados	$T_a$ [°C]	$T_f$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
1	0	20		
2	4	20		
3	8	20		
4	12	20		
5	16	20		
6	20	20		
7	24	20		

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	76/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### ACTIVIDAD 4

Toma de lecturas de la temperatura con diferentes masas de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

Repita los siete pasos de la actividad 3. empleando esta vez  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  en lugar de  $\text{CaCl}_2$  como soluto. Llene la tabla 2 con los valores obtenidos.

Tabla 2

Corrida	$m_{\text{total}}$ [g] $\text{NH}_4\text{NO}_3$ adicionados	$T_a$ [°C]	$T_f$ [°C]	$\Delta T$ [°C]
1	0	20		
2	4	20		
3	8	20		
4	12	20		
5	16	20		
6	20	20		
7	24	20		

#### ACTIVIDAD 5


- Determine el signo de  $\Delta H_d$  para cada soluto de acuerdo con sus observaciones.
- Trace una gráfica del incremento de la temperatura [°C] en función de la masa [g] para cada uno de los solutos.
- Obtenga el ajuste lineal de los datos y proponga un modelo matemático que describa el comportamiento del fenómeno que observó.
- Use el modelo matemático para predecir la cantidad de  $\text{CaCl}_2$  que debe añadir a 100 [g] de agua y obtener en la disolución final un incremento de temperatura de 80.0 [°C].
- Prediga la temperatura final de una disolución que se preparó con 100 [g] de agua, con una temperatura inicial igual a la de su experimento y 32 [g] de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

#### 5. BILIOGRAFÍA

- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

#### 6. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Pearson Eduaction. (s.f.). *Calorimetry* [Simulador]. Recuperado de [https://media.pearsoncmg.com/bc/bc\\_0media\\_chem/chem\\_sim/calorimetry/Calor.php](https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/calorimetry/Calor.php)

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	77/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## CUESTIONARIO PREVIO CAMBIO ENERGÉTICO EN DISOLUCIONES


1. Defina los términos siguientes:
  - a) Calor
  - b) Entalpía de disolución
  - c) Entalpía de reacción
  - d) Capacidad térmica específica
  - e) Reacción endotérmica
  - f) Reacción exotérmica
2. Mencione al menos dos propiedades físicas y químicas del cloruro de calcio y del nitrato de amonio.
3. ¿Cómo varía la temperatura de un sistema en un proceso exotérmico y cómo en uno endotérmico?
4. ¿Qué representa el cambio de entalpía asociado con una reacción y qué con una disolución?
5. Mencione: ¿qué material emplearía para elaborar un calorímetro casero y por qué?

### 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.


### 7. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Pearson Eduaction. (s.f.). *Calorimetry* [Simulador]. Recuperado de [https://media.pearsoncmg.com/bc/bc\\_0media\\_chem/chem\\_sim/calorimetry/Calor.php](https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/calorimetry/Calor.php)

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	78/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 9

# ELECTROQUÍMICA. ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	79/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. OBJETIVOS

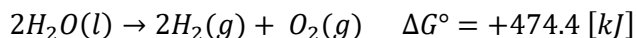
EL ALUMNADO:

1. Conocerá el aparato de Hofmann para la electrólisis del agua.
2. Cuantificará la carga eléctrica implicada en la electrólisis del agua, así como el volumen de las sustancias producidas en los electrodos.
3. Determinará, con los datos obtenidos en un simulador, el valor de las constantes de Avogadro y Faraday.

## 2. INTRODUCCIÓN


En La electrólisis es un proceso en el que se aplica energía eléctrica a un sistema para que se lleve a cabo una reacción química no-espontánea. Para que la electrólisis se realice de manera adecuada es importante que el sistema que la experimenta presente conducción electrolítica. La cual es un tipo de conducción eléctrica especial en la que participan iones como portadores de carga que se mueven de manera libre a través del sistema. La conducción electrolítica se observa en las sales fundidas y en disoluciones acuosas de electrolitos (ácidos, bases y sales disueltos en agua).

En esta práctica abordaremos la electrólisis del agua, que es un procedimiento de descomposición en el que el agua, un compuesto, produce elementos químicos. Sin embargo, este proceso es considerado termodinámicamente desfavorable ya que en condiciones normales de Temperatura y Presión (25 [°C] y 101 325 [Pa]) el agua no se descompone de forma espontánea, lo cual quiere decir que no forma oxígeno e hidrógeno y se mantiene como un compuesto estable. Esto se puede verificar al observar el valor del cambio de energía libre de Gibbs en el estado estándar ( $\Delta G^\circ$ ) asociado a la descomposición del agua:



Un valor positivo y grande para  $\Delta G^\circ$ , como el que se indica ( $\Delta G^\circ = +474.4 [kJ]$ ), nos dice que estamos frente a una reacción química no-espontánea que requiere de la aplicación de energía para que se pueda llevar a cabo. La cantidad de energía que se necesita es justamente la que nos señala el valor de  $\Delta G^\circ$  y puede ser suministrada como energía eléctrica.

Sin embargo, la simple aplicación de energía eléctrica sobre el agua no es suficiente ya que para que la energía eléctrica suministrada sea efectiva se requiere que circule corriente eléctrica a través del compuesto. Pero el agua es un mal conductor de la electricidad, pues la cantidad de iones que contiene es muy baja cuando se encuentra químicamente pura (contiene concentraciones de  $1 \times 10^{-7} [M]$  de iones  $H^+$  y  $1 \times 10^{-7} [M]$  de iones  $OH^-$ ). Por tal motivo, es necesario añadir electrolitos al agua para favorecer la conducción eléctrica.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	80/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Además, es importante que los iones disueltos no produzcan reacciones redox que alteren la obtención de los productos: hidrógeno y oxígeno. Uno de los electrolitos que cumple con estas características es el NaOH, por lo que en el experimento de electrolisis que se describe en la práctica se trabajará con esta sustancia.

Por otra parte, para recolectar adecuadamente los gases producidos se usa el aparato de Hofmann, que es un dispositivo en el que dos electrodos hechos de un material poco reactivo, como el platino, son sumergidos en agua para transferir la energía eléctrica a una disolución acuosa electrolítica. De tal modo que en la superficie de estos electrodos ocurren reacciones redox que transforman el agua a oxígeno y a hidrógeno, los cuales son recolectados en buretas que forman parte del diseño del equipo.

La electrólisis tiene una amplia gama de aplicaciones, entre las que se encuentra la electrodeposición de metales. Este procedimiento consiste en aplicar energía eléctrica a un par de electrodos para que en su superficie se presenten reacciones redox no espontáneas. Sin embargo, la reacción más importante es la que se presenta en el cátodo, ya que en su superficie ocurre la reducción de iones metálicos para formar un metal que se va “depositando” de manera progresiva a la superficie del cátodo.

De acuerdo con la primera ley de Faraday, la cantidad de productos obtenidos durante cualquier proceso de electrólisis depende la cantidad de carga (Q) que pasa a través del sistema, la cual se evalúa a su vez al multiplicar la intensidad de corriente aplicada por el tiempo que se aplica:  $Q = i \cdot t$ .

### 3. HERRAMIENTAS DIGITALES

- Práctica Electrólisis:  
[https://youtu.be/xkh8EUF\\_HwY](https://youtu.be/xkh8EUF_HwY)
- Chemistry simulations: electrolysis:  
[https://media.pearsoncmg.com/bc/bc\\_0media\\_chem/chem\\_sim/html5/Electro/Electro.php](https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/html5/Electro/Electro.php)

### 4. DESARROLLO


#### ACTIVIDAD 1

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para realizar la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del simulador.

#### ACTIVIDAD 2

##### Electrólisis y aparato de Hofmann

1. Observe el video **Práctica Electrólisis** y responda lo que se pide.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	81/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- a) ¿En qué consiste la electrólisis? ¿Qué condiciones deben cumplirse para llevar a cabo este proceso?
  - b) ¿Por qué no es posible realizar la electrólisis de NaCl en fase sólida? ¿Qué se debe hacer para descomponer a este material?
  - c) ¿Qué equipo se usa para llevar a cabo una electrólisis? Describa todos los componentes de este equipo y los pasos a seguir para hacer una electrólisis.
  - d) ¿En qué electrodo se produce el oxígeno durante la electrólisis del agua? ¿En qué electrodo se forma el hidrógeno?
  - e) ¿Qué cantidad de estos gases se obtendrá si al terminar la electrólisis del agua se registra una corriente promedio de 0.71 [A] luego de 180 [s]?
2. Realice lo que se pide a continuación, a partir de lo aprendido, observado y recabado en la actividad anterior.
  3. Escribe las semirreacciones de oxidación y de reducción de la electrólisis de las sustancias siguientes.
    - a) Agua
    - b) Cloruro de sodio
  4. Indica en qué electrodo del Aparato de Hofmann ocurre cada semirreacción.

### ACTIVIDAD 3

#### Electrólisis de disoluciones acuosas y constante de Faraday

Abra el simulador **Chemistry Simulations: Electrolysis**, donde se revisará la electrólisis de disoluciones acuosas o sales disueltas y la electrodeposición de diferentes metales sobre una lámina de plata (Ag).

1. Elija la pestaña (**Experiments**) y seleccione la opción (**Run Experiment**)
2. Elija el par de electrodos (**Choose a Metal**), como se indica en la Figura 1, utilizando la combinación asignada por La figura docente, de acuerdo con lo propuesto en la tabla 1.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	82/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 1. Selección de los electrodos.

Tabla 1.

Equipo	Ánodo	Cátodo
1	níquel	plata
2	hierro	plata
3	cobre	plata
4	zinc	plata

3. Elija la disolución de nitrato del metal en el ánodo (**Choose a Solution**, Figura 2).


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	83/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




Figura 2. Selección de la disolución.

4. Fije la intensidad de corriente (**Amps**) en 3 [A] (figura 3) para poder depositar el metal correspondiente sobre el electrodo de plata y ajuste el tiempo a 30 [min].



Figura 3. Ajuste de la intensidad de corriente.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página:	84/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Encienda la fuente y registre cada 5 [min], las masas de los electrodos (figura 4) y complete la tabla 2.

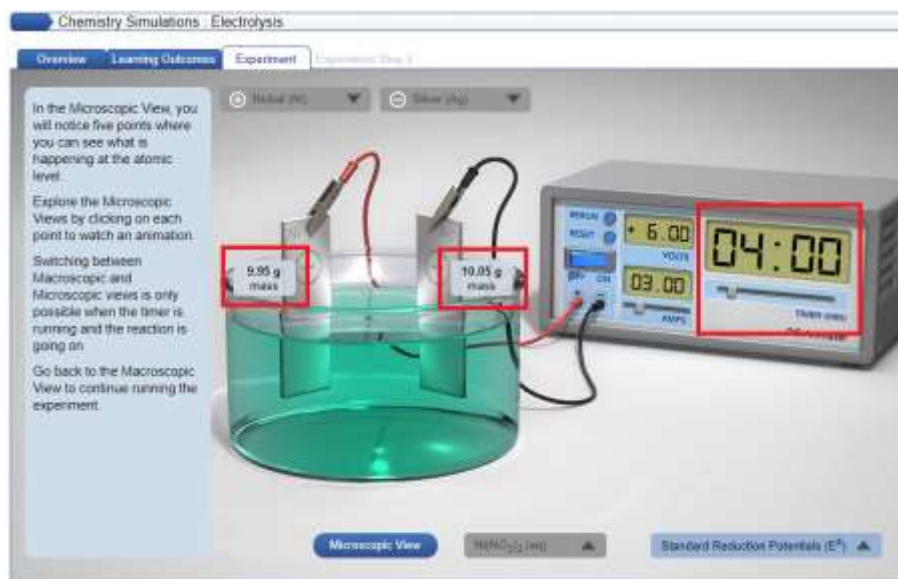



Figura 4. Registro del tiempo y la masa de los electrodos.

Tabla 2.

Corrida	Tiempo [min]	Masa final de los electrodos		Masa depositada de metal $m_{\text{metal}}$ [g]	Moles de metal $n$ [mol]	Moles de electrones $n_e$ [mol]
		ánodo $m_a$ [g]	cátodo $m_c$ [g]			
1	5					
2	10					
3	15					
4	20					
5	25					
6	30					

6. Obtenga lo que se pide a partir de los datos de la tabla 2:  
a) Las semirreacciones que se llevan a cabo en el ánodo y en el cátodo.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	85/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- b) La gráfica de  $Q = f(ne)$ .
- c) El modelo matemático correspondiente, donde  $Q = f(ne)$ .
- d) La constante de Faraday ( $F [C \text{ mol}^{-1}]$ ), a partir de la gráfica anterior, compárela con el valor reportado en la literatura y calcule el error experimental porcentual.

#### ACTIVIDAD 4

##### Constante de Avogadro


1. Calcule el número de electrones ( $N_e$ ) para cada corrida del experimento, a partir de la carga  $Q [C]$  obtenida en la actividad 2, considere que la carga del electrón ( $q$ ) es  $1.602 \times 10^{-19} [C]$ .
2. Trace la gráfica de  $Ne = f(n_e)$ . Use los de la tabla 2 para los  $n_e$ .
3. Obtenga el modelo matemático que corresponde al punto anterior.
4. Obtenga la constante de Avogadro ( $N_A [mol^{-1}]$ ) a partir de la gráfica anterior, compárela con el valor reportado en la literatura y calcule el error experimental porcentual.
5. Determine la relación entre las constantes de Faraday y Avogadro.

#### 5. BILIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

#### 6. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Universidad Nacional Autónoma de México. (2019, julio 31). *Práctica Electrólisis* [Video]. Recuperado de [https://youtu.be/xkh8EUF\\_HwY](https://youtu.be/xkh8EUF_HwY)
2. Universidad de Oregón. (s.f.). *Electrolysis computer simulation* [Simulador]. Recuperado de <https://pages.uoregon.edu/tgreenbo/electrolysis10.html>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	86/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

**CUESTIONARIO PREVIO  
ELECTROQUÍMICA. ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE  
DE AVOGADRO**


- Diga en qué consisten:
  - un proceso electrolítico, y
  - un proceso electroquímico.
- Dé dos aplicaciones cotidianas de cada uno de los procesos anteriores.
- ¿Qué es y para qué sirve el aparato de Hofmann?
- ¿Qué se entiende por una reacción de óxido – reducción?
- Escriba las semi-reacciones de oxidación y de reducción que se llevan a cabo en la electrólisis del agua ( $H_2O$ ) y de las sales fundidas siguientes:
  - $AuCl_3$ , cloruro áurico
  - $AgNO_3$ , nitrato de plata
- Enuncie las leyes de Faraday.
- ¿Cómo se definen las constantes de Faraday (F) y Avogadro ( $N_A$ )?
- Determine la intensidad de corriente involucrada en un proceso electrolítico donde circulan 34 electrones en 5 [s],
- Se hacen fluir 750 [mA] durante 9 minutos en el experimento de la electrólisis del agua. ¿Qué volumen de  $O_2$  medido a 78 [kPa] y 295.15 [K] se producirá?

**6. BILIOGRAFÍA**

- Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
- Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
- Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

**7. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS**

- Universidad Nacional Autónoma de México. (2019, julio 31). *Práctica Electrólisis* [Video]. Recuperado de [https://youtu.be/xkh8EUF\\_HwY](https://youtu.be/xkh8EUF_HwY)
- Universidad de Oregón. (s.f.). *Electrolysis computer simulation* [Simulador]. Recuperado de <https://pages.uoregon.edu/tgreenbo/electrolysis10.html>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	87/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

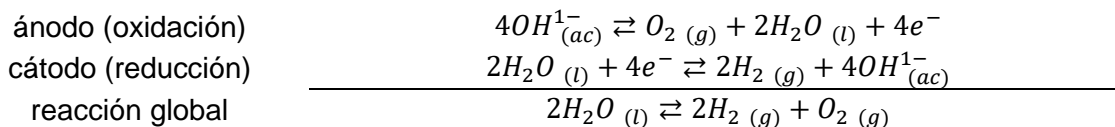
## APÉNDICE

### ELECTROQUÍMICA.

#### ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO

El tratamiento cuantitativo de la electrólisis fue desarrollado por Faraday. Él observó que la masa del producto formado (o reactivo consumido) en el electrodo era proporcional a la cantidad de electricidad empleada en la electrólisis.

En la electrólisis del agua suceden los siguientes procesos:



Considerando al hidrógeno ( $H_2$ ) como un gas ideal y dado que se conocen la presión y la temperatura a la que se encuentra; la expresión siguiente permite calcular la cantidad de sustancia de  $H_2$  producida:


$$n_{H_2} = \frac{P \cdot V_{H_2}}{R \cdot T} \quad (1)$$

donde:

- $n_{H_2}$  = moles de  $H_2$
- P= presión atmosférica
- $V_{H_2}$  = volumen de hidrógeno obtenido
- T= temperatura a la cual se realiza el experimento
- R = constante de los gases ideales

Por relación estequiométrica en las semirreacciones es posible calcular la cantidad de sustancia de electrones ( $n_e$  [mol]) si se conoce el volumen producido de cada gas, hidrógeno ( $H_2$ ) u oxígeno ( $O_2$ ). De esta manera, si en la reducción se requieren 4 [mol] de electrones para producir 2 [mol] de  $H_2$ , existe una relación 2:1.

$$n_e[\text{mol}] = n_{H_2}[\text{mol}] \left( \frac{2[\text{mol}] \text{ electrones}}{1 [\text{mol}] H_2} \right)$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	88/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Ya que 1 [F] es igual a 96484.484 [C] y equivale a la carga eléctrica de 1 [mol] de electrones, entonces es posible calcular la cantidad de carga ( $Q[C]$ ) involucrada en el proceso:

$$Q[C] = n_e[mol] \left( \frac{96484.484 [C]}{1 [mol] \text{ electrones}} \right) \quad (3)$$

En la electrólisis del agua las cantidades que se forman de hidrógeno ( $H_2$ ) y oxígeno ( $O_2$ ) gaseosos dependen del número de electrones ( $\#_e$  [electrones]) que pasan a través del sistema que, a su vez, depende de la corriente ( $I[A]$ ) y el tiempo ( $t [s]$ ). Entonces de forma general, de acuerdo con las leyes de Faraday, la carga ( $Q[C]$ ) es:

$$Q[C] = I[A] \cdot t[s] \quad (4)$$

Por lo tanto  $I[A] = \frac{Q[C]}{t[s]} \quad (5)$

### ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS

Dado que las sales de los metales forman iones electropositivos (cationes,  $M^{x+}$ ) en disolución, en la electrólisis de sales disueltas para recubrir un electrodo con un metal (M) dado, se espera que en el proceso de reducción suceda que:




Por lo tanto, se requieren (en el cátodo)  $X$  [mol] de electrones ( $n_e[mol]$ ) para depositar 1 [mol] de M ( $n_M[mol]$ ). Si se conoce la masa depositada del metal ( $m_M[g]$ ),  $n_e$  es:

$$n_e[mol] = m_M[g] \left( \frac{1}{MM \left[ \frac{g}{mol} \right]} \right) \left( \frac{X [mol] \text{ electrones}}{1 [mol] M} \right) \quad (6)$$

Donde  $MM \left[ \frac{g}{mol} \right]$  es la masa molar del metal depositado.

Dado que el proceso se está dando a una corriente  $I[A]$  fija a diferentes tiempos  $t[s]$  la carga  $Q [C]$  que circula en el proceso a cada tiempo  $t[s]$  está dada por la ecuación (4), que dice que:

$$Q[C] = I[A] \cdot t[s]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	89/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Por lo que es posible determinar el valor para la constante de Faraday  $\left(F \left[\frac{C}{mol}\right]\right)$  a partir de  $n_e[mol]$  y de  $Q[C]$ .


$$Q[C] = \left(F \left[\frac{C}{mol}\right]\right) n_e[mol] \quad (7)$$

Por otro lado, si la  $Q[C]$  se divide entre la carga fundamental del electrón  $\left(q_e \left[\frac{C}{electrones}\right]\right)$  es posible obtener el número de electrones ( $\#_e [electrones]$ ) que se emplearon en el proceso:

$$\#_e [electrones] = \frac{Q[C]}{q_e \left[\frac{C}{electrones}\right]} \quad (8)$$


A partir de los valores obtenidos en las ecuaciones (6) y (8),  $n_e[mol]$  y  $\#_e [electrones]$  respectivamente, es posible determinar la constante de Avogadro  $\left(N_A \left[\frac{electrones}{mol}\right]\right)$ .

$$\#_e [electrones] = \left(N_A \left[\frac{electrones}{mol}\right]\right) n_e[mol] \quad (9)$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	90/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 10

## CINÉTICA QUÍMICA

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	91/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Comprenderá la influencia de la concentración en la rapidez de una reacción química.
2. Determinará el orden de la reacción química con respecto a cada reactivo.
3. Determinará el orden total de una reacción química.
4. Determinará la constante de rapidez de una reacción química por el método diferencial.

## 2. INTRODUCCIÓN

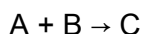
La cinética química estudia la rapidez de las reacciones químicas y de los mecanismos por los cuales ocurren. La rapidez de reacción se determina midiendo el valor de cualquier propiedad adecuada que pueda relacionarse con la composición del sistema como una función del tiempo; depende de factores como la concentración de las especies químicas, la temperatura, la presión y de la presencia de un catalizador o inhibidor.

Al medir el cambio de concentración de reactivos o de productos en función del tiempo, se obtiene una expresión matemática que relaciona la rapidez de la reacción y la concentración de los reactivos. Por ejemplo, para la reacción general  $aA + bB \rightarrow cC + dD$ , su ecuación de rapidez se representa como:

$$\text{rapidez} = k[A]^x[B]^y$$


En la ecuación,  $k$  es una constante de proporcionalidad que indica que la rapidez es directamente proporcional a las concentraciones de los reactivos, elevadas a los exponentes  $x$  y  $y$ . A la constante  $k$ , se le denomina **constante de rapidez** y es distinta para cada reacción química. Los exponentes  $x$  y  $y$  indican la relación entre la rapidez de la reacción y la concentración de los reactivos  $A$  y  $B$ ; su valor se determina de forma experimental, ya que no son los coeficientes estequiométricos de la ecuación química balanceada. Al sumar ambos exponentes, se obtiene el orden total de reacción. Ejemplos de reacciones que dependen del tiempo son: la transferencia de masa de un gas en agua, la disolución del oxígeno del aire en lagos y corrientes hasta el arrastre del dióxido de carbono de agua subterránea tratada por métodos químicos.

En esta práctica se usará un simulador para analizar la cinética de una reacción del tipo:



## 3. HERRAMIENTAS DIGITALES

- Cinética Química

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	92/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

<http://labovirtual.blogspot.com/search/label/cin%C3%A9tica%20qu%C3%ADmica>

#### 4. DESARROLLO

##### ACTIVIDAD 1

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para realizar la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del simulador.

##### ACTIVIDAD 2

Siga el procedimiento que se describe en [www.youtu.be/BMPHe1Yh580](http://www.youtu.be/BMPHe1Yh580) para llevar a cabo las actividades siguientes.


1. Fije el mecanismo de reacción en 5. Mantenga constante el mecanismo de reacción durante toda la experiencia.
2. Ajuste la temperatura a 25 [°C].
3. Fije los volúmenes de los reactivos A y B de acuerdo con las cantidades que se mencionan en la tabla 1 para el primer ensayo.

Tabla 1. Variación en la concentración del reactivo A.

Ensayo	Reactivo A, 1 [M] [cm <sup>3</sup> ]	Reactivo B, 1 [M] [cm <sup>3</sup> ]	Agua [cm <sup>3</sup> ]	Tiempo [s]
1	10	10	80	
2	15	10	75	
3	20	10	70	
4	25	10	65	
5	30	10	60	

##### ACTIVIDAD 3

1. Verifique que el cronómetro está en cero. Si no lo está, de clic sobre el botón derecho para hacerlo.
2. Pulse el botón para iniciar la simulación y espere que los reactivos se añadan al matraz.
3. Ponga en marcha el cronómetro cuando el matraz de Erlenmeyer esté sobre la cruz.
4. Detenga el cronómetro cuando la cruz se oculte por completo y registre el tiempo.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	93/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Ponga en cero el cronómetro, dé clic sobre el botón **regreso** y repita los pasos anteriores para el resto de los ensayos de la tabla 1.

#### ACTIVIDAD 4

Use los datos de la tabla 1 para completar la tabla 2. Considere que, las concentraciones iniciales del reactivo **A**, puede calcularse con:

$$[A]_0 = \frac{(1.0 [M])(x [cm^3])}{100 [cm^3]} = 0.1 [M]$$

Donde,  $x [cm^3]$  = volumen de reactivo A

Además, tome en cuenta que la rapidez inicial corresponde a la inversa del tiempo.


$$\left( v_0 = \frac{1}{\text{tiempo [s]}} \right)$$

Tabla 2

Ensayo	Concentración inicial de <b>A</b> ( $[A]_0$ ), en la mezcla [M]	Rapidez inicial ( $v_0$ ) 1/[s]	$\ln [A]_0$	$\ln v_0$
1				
2				
3				
4				
5				

#### ACTIVIDAD 5.

Trace una gráfica (figura 1), con la escala apropiada, del logaritmo natural de la rapidez ( $\ln v_0$ ) en función del logaritmo natural de la concentración del reactivo A ( $\ln [A]_0$ ).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	94/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

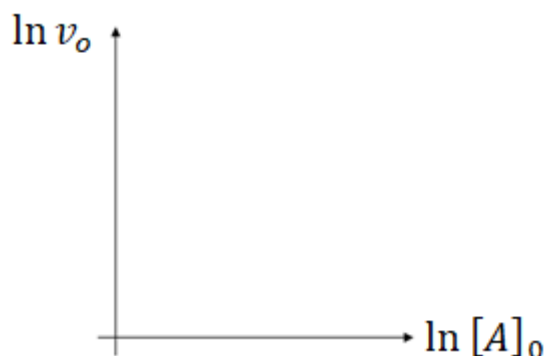


Figura 1.

#### ACTIVIDAD 6


Repita los pasos de las actividades 2 y 3, variando en este caso las cantidades del reactivo B, para completar las tablas 3 y 4, de acuerdo con la información que éstas contienen.

Tabla 3. Variación de la concentración del reactivo B.

Ensayo	Reactivo A, 1 [M] [cm <sup>3</sup> ]	Reactivo B, 1 [M] [cm <sup>3</sup> ]	Agua [cm <sup>3</sup> ]	Tiempo [s]
1	10	10	80	
2	10	15	75	
3	10	20	70	
4	10	25	65	
5	10	30	60	

Tabla 4.

Ensayo	Concentración inicial de B ([B] <sub>0</sub> ), en la mezcla [M]	Rapidez inicial (v <sub>0</sub> ) 1/[s]	ln [B] <sub>0</sub>	ln v <sub>0</sub>
1				
2				
3				

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	95/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4				
5				

#### ACTIVIDAD 7

Trace una gráfica (figura 2), con la escala apropiada, del logaritmo natural de la rapidez ( $\ln v_o$ ) en función del logaritmo natural de la concentración del reactivo B ( $\ln [B]_o$ ).

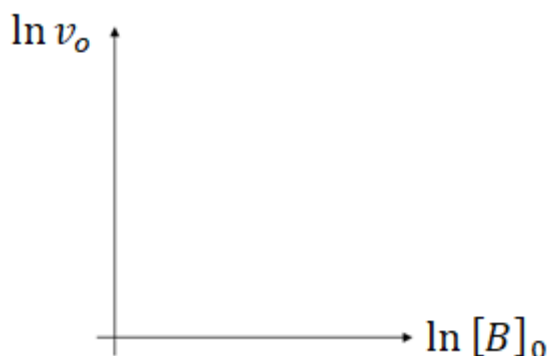


Figura 2.

#### ACTIVIDAD 8

En el apéndice se encuentra el tratamiento teórico que corresponde a este experimento.


1. Escriba el modelo matemático que corresponde a cada gráfica. Responda: ¿qué representan la pendiente y la ordenada al origen en cada caso? Explique.
2. Exprese la ley de rapidez para la reacción global a partir de los resultados que obtuvo.

#### 5. BILIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

#### 6. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Ciencias Básicas para Ingenieros (2020, julio 30). *Cinética. Uso de simulador* [Video] Recuperado de <https://youtu.be/BMPHe1Yh580>
2. Hurtado F., S. (2010, diciembre 7). *Cinética Química* [Entrada de blog]. Recuperado de <http://labovirtual.blogspot.com/search/label/cin%C3%A9tica%20qu%C3%ADmica>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	96/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO CINÉTICA QUÍMICA


1. ¿Cómo se expresa la rapidez de una reacción?
2. ¿Cuáles son los factores que afectan la rapidez de una reacción?
3. ¿Cómo se determina experimentalmente la constante de una reacción química?
4. ¿Cómo se determina el orden de reacción?
5. Enuncie la ley de la rapidez de una reacción.
6. ¿Qué es el orden de reacción global?

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

#### 7. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Ciencias Básicas para Ingenieros (2020, julio 30). *Cinética. Uso de simulador* [Video] Recuperado de <https://youtu.be/BMPHe1Yh580>
2. Hurtado F., S. (2010, diciembre 7). *Cinética Química* [Entrada de blog]. Recuperado de <http://labovirtual.blogspot.com/search/label/cin%C3%A9tica%20qu%C3%ADmica>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	97/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## APÉNDICE

Consideremos la siguiente ecuación química balanceada de una reacción hipotética en disolución acuosa:



La rapidez de una reacción es proporcional a la concentración molar de los reactivos elevada a una potencia. En el caso de la ecuación 1, su rapidez es proporcional a las concentraciones de los reactivos  $A$  y  $B$ , por lo que escribimos su **ley de rapidez** como:

$$\text{rapidez} = k[A]^\alpha[B]^\beta \quad (2)$$

Donde:


- $k$  es la constante de rapidez, la cual, es independiente de las concentraciones y dependiente de la temperatura del sistema.
- $\alpha$  y  $\beta$  son las potencias a las que se eleva la concentración molar de cada sustancia; estos exponentes indican el **orden parcial de la reacción con respecto a cada reactivo**, mientras que la suma de los órdenes parciales corresponde al **orden total de la reacción química**.

El **método diferencial** puede usarse siempre que sea posible medir con precisión suficiente la rapidez de reacción instantánea. En una serie de mediciones de tiempo de reacción, si sólo se hace la variación inicial de la concentración de uno de los reactivos y el otro se deja constante, la rapidez de la reacción sólo dependerá del reactivo que cambia y, por tanto, se pueden plantear las siguientes ecuaciones partiendo de la ecuación (2)

$$\text{si } [A] = \text{cte}, \text{ rapidez} = k_1[B]^\beta \quad (3)$$

$$\text{si } [B] = \text{cte}, \text{ rapidez} = k_2[A]^\alpha \quad (4)$$

En el **método de la rapidez inicial**, se mide la rapidez al inicio de la reacción para varias concentraciones iniciales distintas de los reactivos. Consideremos la ley de rapidez de la ecuación (3), si su rapidez inicial,  $v_0$ , está dada por los valores iniciales de la concentración molar de  $[B]_0$ , por lo que obtenemos una nueva ecuación:

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	98/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


$$\text{rapidez inicial} = v_0 = k_1[B]_0^\beta \quad (5)$$

Aplicando logaritmo a cada uno de los factores de la ecuación (5), se obtiene la ecuación (6), la cual es una ecuación de primer grado de la forma ( $y = mx + b$ ):

$$\underbrace{\ln v_0}_y = \underbrace{\beta}_m \underbrace{\ln [B]_0}_x + \underbrace{\ln k_1}_b \quad (6)$$


De esta manera, al trazar la gráfica de una serie de logaritmos de concentraciones iniciales del reactivo B,  $\ln [B]_0$ , en función del  $\ln v_0$ , se obtendrá la tendencia de los datos experimentales que describen una línea recta con **pendiente**  $\beta$ .

En el caso de dejar la concentración del reactivo **[B] constante**, la **pendiente** de la línea de tendencia será  $\beta$  y la ordenada al origen en cada gráfica será  $\ln k_1$  y  $\ln k_2$  respectivamente.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	99/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 11

## TITULACIÓN ÁCIDO-BASE

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	100/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. OBJETIVOS

### EL ALUMNADO:

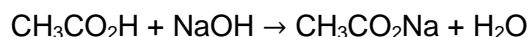
1. Conocerá y utilizará el método volumétrico para realizar una titulación ácido-base.
2. Determinará el punto de equivalencia de una reacción química empleando una disolución indicadora y un medidor de pH.
3. Titulará, con ayuda de un simulador, una muestra que contiene ácido acético y trazará la curva de valoración para determinar el punto de equivalencia.
4. Determinará el contenido de ácido acético en el vinagre.

## 2. INTRODUCCIÓN

La técnica de titulación ácido-base consiste en emplear una base de concentración conocida para valorar un ácido de concentración desconocida o viceversa. Para determinar el punto de equivalencia de la reacción química entre la base y el ácido, se emplea una disolución indicadora y un medidor de pH.

El valor de pH del punto de equivalencia va a depender de la naturaleza de la disolución titulante. si es una base o un ácido fuerte o débil, y de la naturaleza de la muestra a titular, si es una base o un ácido fuerte o débil. Por ejemplo, cuando se emplea una base fuerte como disolución titulante para valorar un ácido débil, el punto de equivalencia se encontrará arriba de pH=7. Por el contrario, cuando se emplea un ácido fuerte para valorar una base débil, el punto de equivalencia se encontrará abajo de un pH=7.

En esta práctica se neutralizará el ácido acético que hay en 5 [cm<sup>3</sup>] de vinagre, con una disolución de hidróxido de sodio 0.110 [M]; para ello, se va a hacer uso de un simulador. La ecuación química del proceso que se llevará a cabo es la siguiente:




## 3. HERRAMIENTAS DIGITALES

- Determine the concentration of acetic acid in vinegar  
<http://chemcollective.org/activities/autograded/131>

## 4. DESARROLLO

### ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del simulador.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	101/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## ACTIVIDAD 2


### Preparación de disoluciones

Siga el procedimiento que se describe en <https://youtu.be/6aEEpvaUITg> para llevar a cabo las actividades siguientes.

1. Coloque en el matraz Erlenmeyer de 250 [cm<sup>3</sup>]: 5 [cm<sup>3</sup>] de vinagre, 1 [cm<sup>3</sup>] de fenolftaleína y 44 [cm<sup>3</sup>] de agua destilada. Esta disolución será la muestra a titular (analito).
2. Llene la bureta con la disolución de NaOH 0.110 [M] hasta la marca de 0 [cm<sup>3</sup>]. Esta mezcla será la disolución titulante.
3. Mida el valor del pH de la muestra a titular y anótelos en la tabla 1.
4. Adicione 0.5 [cm<sup>3</sup>] de la disolución titulante sobre el analito, registre el pH obtenido y mencione si hubo algún cambio de color durante el proceso.
5. Repita el paso anterior hasta verter un total de 50 [cm<sup>3</sup>] de la disolución titulante.

Volumen de NaOH 0.110 [M] adicionado, [cm <sup>3</sup> ]	pH	Cambio de color (S/N)
0.0		-----
0.5		
1.0		
.		
.		
.		
.		
.		
49.0		
49.5		
50.0		

## ACTIVIDAD 3

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	102/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El punto de equivalencia se alcanza cuando el analito cambia de color. El volumen de NaOH que se ha añadido hasta ese momento se conoce como volumen de neutralización.

1. Use el volumen de neutralización que obtuvo para determinar la concentración molar del ácido acético en el vinagre.
2. Grafique las lecturas de pH en función del volumen de NaOH adicionado. Determine el punto de equivalencia y el volumen de neutralización por medio de la metodología que se describe en el apéndice.
3. Determine la concentración molar del ácido acético en el vinagre a partir del volumen de neutralización que obtuvo de la gráfica.
4. Compare los valores de las concentraciones molares que obtuvo en los puntos anteriores y elabore sus conclusiones.
5. En caso de que requiera titular otra muestra de vinagre, repita las actividades 2 y 3.

#### ACTIVIDAD 4


La figura docente indicará cómo determinar la concentración del ácido acético en el vinagre.

#### 4. BILIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

#### 5. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Chemistry Collective, The. (2003, octubre 1). *Determine the Concentration of Acetic Acid in Vinegar* [Simulador]. Recuperado de <http://chemcollective.org/autograded/131>
2. Ciencias Básicas para Ingenieros (2020, julio 30). *Titulación. Uso de simulador* [Video] Recuperado de <https://youtu.be/6aEEpvaUITg>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	103/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CUESTIONARIO PREVIO TITULACIÓN ÁCIDO-BASE


1. Defina el concepto ácido-base según las teorías de:
  - a) Arrhenius
  - b) Bronsted-Lowry
  - c) Lewis
2. Cite al menos una sustancia que ejemplifique cada teoría.
3. ¿Qué es el punto de equivalencia en una titulación?
4. ¿Qué es una sustancia indicadora y cuál es el papel que desempeña en una titulación? Cite dos ejemplos.
5. ¿En qué consiste
  - a) el método de titulación utilizando disolución indicadora?
  - b) el método de titulación utilizando un medidor de pH?
6. Si se emplearon 20 [cm<sup>3</sup>] de una disolución de hidróxido de sodio 0.25 [M] para neutralizar cierta cantidad de vinagre, ¿cuántos [cm<sup>3</sup>] de vinagre se neutralizaron si el proveedor especifica que contiene 5 % masa/volumen de ácido acético?
7. ¿Cuál es el volumen de disolución de hidróxido de potasio 0.5 [M] que se necesita para neutralizar completamente cada una de las muestras siguientes?:
  - a) 10 [cm<sup>3</sup>] de disolución de ácido clorhídrico 0.3 [M]
  - b) 10 [cm<sup>3</sup>] de disolución de ácido sulfúrico 0.2 [M]
  - c) 15 [cm<sup>3</sup>] de disolución de ácido fosfórico 0.25 [M]

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
2. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
3. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
4. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química General*.

#### 7. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS


1. Chemistry Collective, The. (2003, octubre 1). *Determine the Concentration of Acetic Acid in Vinegar* [Simulador]. Recuperado de <http://chemcollective.org/autograded/131>
2. Ciencias Básicas para Ingenieros (2020, julio 30). *Titulación. Uso de simulador* [Video]. Recuperado de <https://youtu.be/6aEEpvaUITg>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	104/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## APÉNDICE

El punto de equivalencia en una titulación ácido-base se presenta cuando el número de equivalentes del ácido es igual al número de equivalentes de la base en la mezcla de reacción. El progreso de la titulación puede seguirse con un potenciómetro, que es un instrumento que permite conocer directamente el pH de una disolución. Cuando se titula un ácido fuerte con una base fuerte, el punto de equivalencia ocurre en un pH de 7. Cuando se titula un ácido débil con una base fuerte el punto de equivalencia se encontrará arriba de pH 7, aproximadamente entre 8 y 10. Finalmente, para una titulación de un ácido fuerte con una base débil, el punto de equivalencia se presentará entre un pH de 4 a 6.

En esta práctica, se lleva al cabo la titulación de un ácido débil (ácido acético), con una base fuerte (hidróxido de sodio). El pH inicial es menor que 7 y conforme la base se adiciona, todos los  $OH^{-1}$  de la base reaccionan con los  $H^{+1}$  del ácido, provocando que se disocien más moléculas del ácido débil, por lo que el pH se incrementará lentamente, ya que hay una concentración muy baja de iones  $H^{+1}$  en la disolución. Dado que los moles adicionados de la base se van incrementando y reaccionando con los moles de ácido inicialmente presentes, se tiene que adiciones pequeñas de la base causan cambios grandes en el pH, por lo que la curva de titulación aparece casi vertical cerca del punto de equivalencia.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	105/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### CURVA DE TITULACIÓN

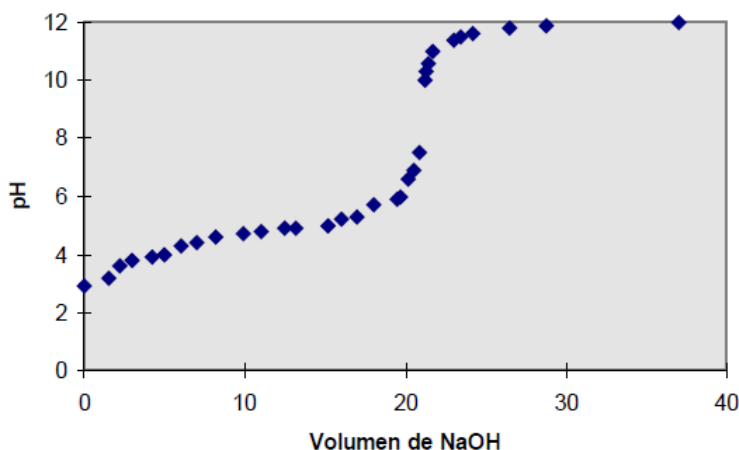



FIGURA 1

Cuando todo el ácido ha reaccionado, la adición de más base incrementa el pH hasta que no se presentan cambios notorios en el mismo, con la adición de más base.

El método para localizar el punto equivalente en forma gráfica es el siguiente:

1. Se obtiene la curva de titulación como se muestra en la figura 1.
2. Se trazan dos rectas que toquen la mayoría de los puntos de las porciones planas de la curva de titulación, rectas A y B (vea figura 2). Note que esas rectas no son necesariamente paralelas entre sí.
3. Se dibuja un segmento C, perpendicular a la recta A y un segmento D, perpendicular a la recta B, como se muestra en la figura 2. Esos dos segmentos no son necesariamente paralelos entre si.
4. Se traza en segmento E, que una los puntos medios de los segmentos C y D.
5. El punto en el cual se interceptan el segmento E y la curva de titulación es el punto de equivalencia.
6. El volumen del punto de equivalencia se encuentra trazando un segmento F, perpendicular al eje X y que pase por el punto de intersección entre la curva de titulación y el segmento E, como se muestra en la figura 2. El volumen del punto de equivalencia se lee directamente.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Química Inorgánica (Modalidad a distancia)</b>	Código:	MADO-78
		Versión:	02
		Página	106/106
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	28 de enero de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

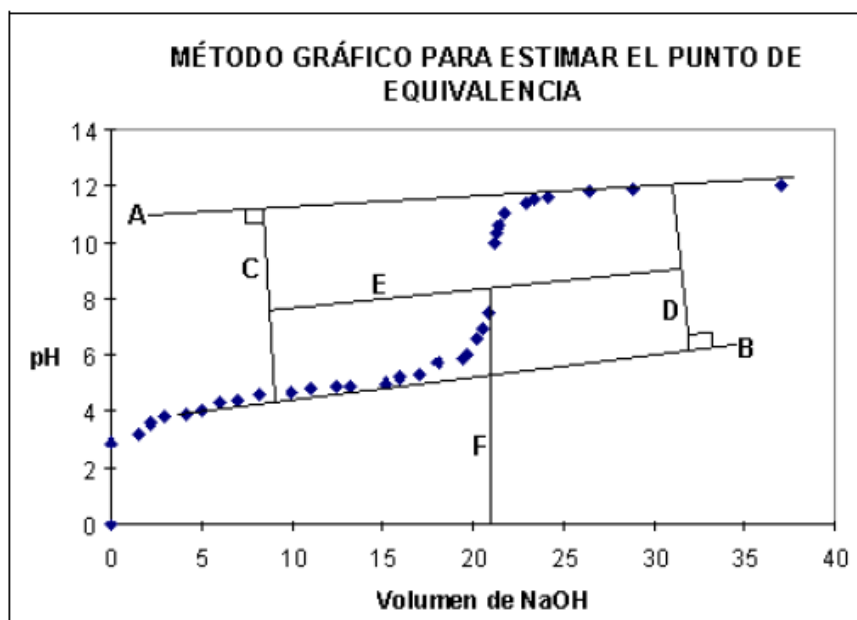


FIGURA 2