

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	1/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
Dr. Rogelio Soto Ayala M. en C. Alfredo Velásquez Márquez Ing. Félix Núñez Orozco M. en A. Violeta Luz María Bravo Hernández Dra. Ana Laura Pérez Martínez Quím. Esther Flores Cruz	Quím. Antonia del Carmen Pérez León M. en C. Alfredo Velásquez Márquez Dra. Ana Laura Pérez Martínez Ing. Félix Benjamín Núñez Orozco M. en A. Violeta Luz María Bravo Hernández Dr. Ehecatl Luis Paleo González	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	1 de febrero de 2018

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	2/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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	EXPERIMENTO DE J. J. THOMSON	11
3	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE DISOLUCIONES Y SÓLIDOS	21
4	EL CICLO DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO	33
5	LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA	39
6	PREPARACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE DISOLUCIONES	48
7	CÁLCULO DEL RENDIMIENTO PORCENTUAL DE UNA REACCIÓN QUÍMICA	56
8	TERMOQUÍMICA. ENTALPIA DE DISOLUCIÓN	64
9	EQUILIBRIO QUÍMICO	71
10	ELECTROQUÍMICA. ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO	79
11	CONSTRUCCIÓN DE UNA PILA	91

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	3/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	4/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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	Ninguno.	Ninguno.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Conocerá las reglas básicas de higiene y seguridad que se deben aplicar en un Laboratorio de Química.
2. Se enterará del uso y de las precauciones que hay que considerar al manipular el material y equipo que se empleará en el curso.
3. Conocerá para algunas de las sustancias químicas empleadas en el curso, sus usos y precauciones.

3. 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 equipo 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, muchas de las cuales 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 observarse durante su manipulación. Debido a lo anterior, es necesario saber qué tipo de información puede y debe brindar la etiqueta de cualquier sustancia química.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	5/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. REACTIVOS

Algunos reactivos que se pueden emplear son:

- 1) Bicarbonato de sodio, NaHCO_3 .
- 2) Bromuro de potasio, KBr .
- 3) Hidróxido de sodio, NaOH .
- 4) Metanol, CH_3OH .
- 5) Ácido clorhídrico, HCl .
- 6) Sulfato de cobre pentahidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

5. MATERIAL Y EQUIPO

Algunos de los materiales que se emplearán en el laboratorio se muestran en las figuras siguientes:



- | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 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 de mango de madera |
| 4. matraz 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 | |

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	6/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



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

6. DESARROLLO

ACTIVIDAD 1.

La figura docente dará lectura ante el grupo del reglamento interno de higiene y seguridad para el Laboratorio de Química y discutirá con el alumnado los puntos más importantes del mismo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	7/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 2

La figura docente mostrará al alumnado cada uno de los materiales y equipos más comunes, existentes en el laboratorio e indicará el procedimiento correcto para su uso.

ACTIVIDAD 3

La figura docente mostrará al alumnado algunos de los reactivos que se tienen en el laboratorio, indicará cuáles son sus características y los cuidados que deben tenerse durante su manipulación, así como la información que debe contener cada etiqueta.

ACTIVIDAD 4

1. Con base en lo aprendido en la clase, indique qué material y equipo podría emplearse para:
 - a) Medir volúmenes.
 - b) Determinar densidades.
 - c) Preparar disoluciones.
 - d) Medir pH.
2. Indique cuál es el uso para el material o equipo siguiente:
 - a) Conductímetro.
 - b) Fuente de poder.
 - c) Piseta.
 - d) Parrilla.
3. Investigue y cite algunas otras reglas básicas de seguridad que usted considere importantes y que no hayan sido mencionadas por la figura docente.
4. Haga una inspección del laboratorio y diga si las instalaciones son las adecuadas para trabajar con seguridad.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	8/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. FUENTES ELECTRÓNICAS

1. 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>
2. 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>
3. 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>
4. Normas de seguridad en el laboratorio [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://www.quimicaweb.net/ciencia/paginas/laboratorio/normas.html>
5. Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://ghs-sga.com/>
6. 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>
7. Señales de prevención de riesgos y accidentes en el laboratorio [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://100ciaquimica.net/labor/piclaborat1.htm>
8. 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>
9. Tipo y clasificación de los extintores [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://misextintores.com/lci/tipo-y-clasificacion-de-los-extintores>
10. 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/>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	9/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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. Cite al menos tres de los accidentes que pueden presentarse en el Laboratorio de Química y mencione cómo evitarlos.
2. Investigue las propiedades de las sustancias químicas siguientes: ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, bicarbonato de sodio, metanol y sulfato de cobre pentahidratado.
3. Cite al menos cinco sustancias químicas de uso común en la vida diaria.
4. Investigue cuántas clases de fuego existen y qué tipo de extintores se emplean en cada caso.
5. ¿Cuál es la información mínima que debe contener la etiqueta de un reactivo químico?
6. Dibuje los pictogramas alusivos a las características siguientes que puede tener un reactivo químico:
 - a) Explosivo
 - b) Oxidante o comburente
 - c) Inflamable
 - d) Tóxico
 - e) Irritante
 - f) Corrosivo
 - g) Peligroso para el medio ambiente

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	10/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

FUENTES ELECTRÓNICAS

1. 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>
2. 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>
3. 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>
4. Normas de seguridad en el laboratorio [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://www.quimicaweb.net/ciencia/paginas/laboratorio/normas.html>
5. Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://ghs-sga.com/>
6. 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>
7. Señales de prevención de riesgos y accidentes en el laboratorio [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://100ciaquimica.net/labor/piclaborat1.htm>
8. 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>
9. Tipo y clasificación de los extintores [Publicación en línea]. (s. f.). Recuperado de <http://misextintores.com/lci/tipo-y-clasificacion-de-los-extintores>
10. 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/>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	11/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2

EXPERIMENTO DE J. J. THOMSON

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	12/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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	Aparato de Thomson.	Su manipulación inadecuada daña el equipo. El tubo de rayos catódicos no debe tocarse con las manos, ya que lo daña. No debe quitarse la caja negra que cubre el tubo de rayos catódicos.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Conocerá el principio de funcionamiento del aparato para la determinación de la relación entre la carga y la masa (q/m) de los rayos catódicos, su manejo y las precauciones que deben observarse al utilizarlo.
2. Determinará experimentalmente el valor de la relación q/m de los rayos catódicos empleando dos metodologías, una con voltaje y otra con intensidad de corriente constante.
3. Determinará el error experimental de la relación q/m de los rayos catódicos.

3. INTRODUCCIÓN

En los tubos de Crookes se tiene un gas a presiones muy bajas, el cual al ser sometido a una diferencia de potencial genera rayos luminosos que viajan del cátodo al ánodo del tubo, por lo que reciben el nombre de rayos catódicos. Con la aplicación de un campo eléctrico puede establecerse que estos rayos poseen carga eléctrica negativa; a la misma conclusión puede llegarse mediante la aplicación de un campo magnético y puede demostrarse que los rayos catódicos poseen masa mediante la inclusión de obstáculos en la trayectoria del haz.

J. J. Thomson ideó un experimento para el cálculo de la relación entre la carga y la masa de los rayos catódicos. Realizó muchas variantes en el sistema para confirmar finalmente que los rayos catódicos eran los mismos independientemente del gas, del material de los electrodos, de la composición del tubo y de la fuente de energía empleada.

4. EQUIPO Y MATERIAL

1 aparato marca **DAEDALON** para la medición de la relación q/m de los rayos catódicos, con helio como gas residual.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	13/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. DESARROLLO

ACTIVIDAD 1.

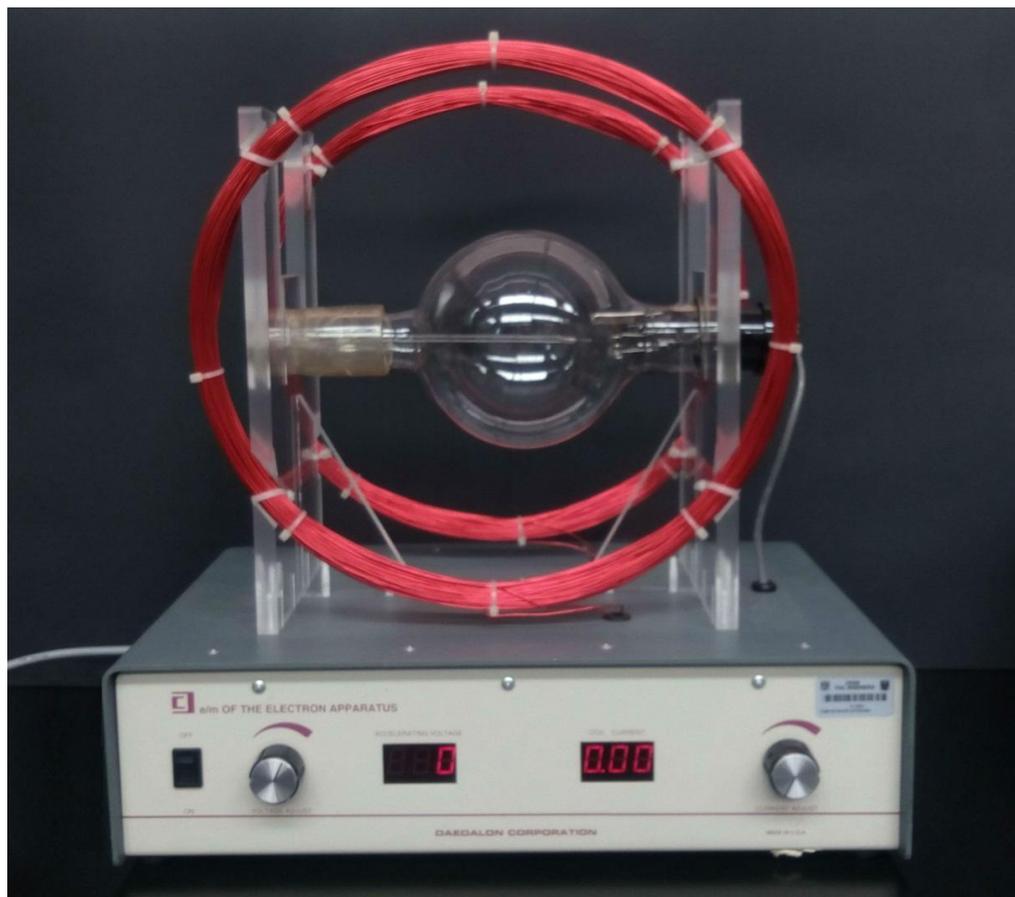
La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del equipo.

ACTIVIDAD 2.

Encendido y puesta a punto del aparato marca DAEDALON

El procedimiento para el uso de este aparato es sencillo; aun así, deben observarse ciertas precauciones en su manejo, con objeto de no dañar el aparato.

El aparato que se empleará, se muestra en la figura siguiente:



	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	14/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Compruebe que el botón de encendido esté en la posición OFF y posteriormente conecte el aparato a la toma de corriente.

Encienda el aparato. La unidad realizará un auto-diagnóstico durante 30 segundos. Cuando el auto-diagnóstico se completa, las pantallas se estabilizan a 0. De esta manera la unidad se encuentra lista para operar.

ACTIVIDAD 3.

Toma de lecturas con voltaje constante.

1. Gire la perilla **VOLTAGE ADJUST** hasta obtener una lectura de 250 [V] en la pantalla correspondiente.
2. Gire la perilla **CURRENT ADJUST** y observe la deflexión circular del haz de rayos catódicos. Cuando la corriente es lo suficientemente alta, el haz formará un círculo completo. El diámetro del haz se determinará empleando la escala que se encuentra dentro del tubo.
3. Determine el valor de la intensidad de corriente necesaria para que el diámetro del haz sea 11 [cm]. Varíe el diámetro del haz modificando la intensidad de corriente en las bobinas de tal manera que pueda completar la tabla siguiente con los valores obtenidos.

Corriente, I [A]	Diámetro, D [cm]	Radio del haz, r = D / 2 [cm]
	11.0	
	10.5	
	10.0	
	9.5	
	9.0	
	8.5	
	8.0	

4. Cuando haya terminado la toma de lecturas, proceda inmediatamente a realizar la actividad siguiente.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	15/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 4.

Toma de lecturas con corriente constante.

1. Gire la perilla **CURRENT ADJUST** hasta obtener una lectura de 1.2 [A] en la pantalla correspondiente.
2. Gire la perilla **VOLTAGE ADJUST** hasta que el haz de rayos catódicos tenga un diámetro de 11 [cm] y anote la lectura; posteriormente, varíe el diámetro del haz modificando la diferencia de potencial, de tal manera que pueda completar la tabla siguiente con los valores obtenidos.

Voltaje, V [V]	Diámetro, D [cm]	Radio del haz, $r = D / 2$ [cm]
	11.0	
	10.5	
	10.0	
	9.5	
	9.0	
	8.5	
	8.0	

3. Una vez finalizada la toma de lecturas, puede apagar el aparato sin necesidad de poner en cero las lecturas.

ACTIVIDAD 5.

La figura docente indicará el procedimiento teórico para obtener los resultados de los puntos siguientes:

1. Con los datos obtenidos a diferencia de potencial constante, obtenga:
 - a) La gráfica de $r^2 = f(I^2)$.
 - b) El modelo matemático correspondiente, donde $r^2 = f(I^2)$.
 - c) El valor de la relación q/m de los rayos catódicos.
 - d) El porcentaje de error de la relación q/m de los rayos catódicos.
2. Con los datos obtenidos a corriente eléctrica constante, obtenga:
 - a) La gráfica de $r^2 = f(V)$.
 - b) El modelo matemático correspondiente, donde $r^2 = f(V)$.
 - c) El valor de la relación q/m de los rayos catódicos.
 - d) El porcentaje de error de la relación q/m de los rayos catódicos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	16/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

NOTA: En el apéndice de esta práctica se encuentra el tratamiento teórico correspondiente a este experimento.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Ander, P., & Sonnessa, A. J. (1992). *Principios de Química*. *
2. Cruz, D., Chamizo, J. A., & Garriz, A. (1991). *Estructura Atómica: un enfoque químico*.
3. Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman R. A. (1988). *Física Universitaria*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	17/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO EXPERIMENTO DE J. J. THOMSON

1. Describa el funcionamiento del tubo de Crookes.
2. ¿En qué consiste la emisión termoiónica?
3. Escriba la expresión de la fuerza magnética que actúa en una carga eléctrica móvil (fuerza de Lorentz).
4. Escriba la expresión de la fuerza centrípeta que actúa sobre una partícula de masa, m , y velocidad, v .
5. ¿Qué potencial, V , se necesita para que una carga eléctrica, q , alcance desde el reposo una velocidad, v ?
6. Investigue qué es una bobina.
7. Indique el sentido de las líneas de campo magnético que genera una bobina a través de la cual fluye una corriente eléctrica.
8. Averigüe el valor de la permeabilidad magnética del vacío.
9. Investigue la expresión del campo magnético en las bobinas de Helmholtz.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ander, P., & Sonnessa, A. J. (1992). *Principios de Química*. *
2. Cruz, D., Chamizo, J. A., & Garritz, A. (1991). *Estructura Atómica: un enfoque químico*.
3. Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman R. A. (1988). *Física Universitaria*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	18/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

APÉNDICE

La intensidad de la fuerza magnética (F_m) que actúa sobre una partícula con carga q que se mueve a una velocidad v en un campo magnético B está definido por la ecuación:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

Debido a que el haz de cargas en este experimento es perpendicular al campo magnético, el ángulo es de 90° ; por lo tanto, la ecuación anterior puede escribirse de la forma siguiente:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \quad (1)$$

Como los rayos catódicos tienen un movimiento circular dentro del campo magnético, experimentan una fuerza centrípeta cuya expresión matemática es:

$$F_c = m \cdot a_c$$

siendo a_c la aceleración centrípeta

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

por lo tanto,

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad (2)$$

En la que m es la masa de los rayos catódicos, v es la velocidad y r es el radio de la trayectoria circular. Debido a que la única fuerza que actúa sobre las cargas se debe al campo magnético, $F_m = F_c$, de tal forma que las ecuaciones (1) y (2) se combinan para dar:

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

de donde se obtiene:

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot r} \quad (3)$$

Por lo tanto, para determinar la relación q/m , es necesario conocer la velocidad de los rayos catódicos, el campo magnético de las bobinas de Helmholtz y el radio del haz.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	19/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Por otro lado, los rayos catódicos se aceleran mediante un potencial V , adquiriendo una energía cinética que es igual a su carga por el potencial de aceleración. Por lo tanto;

$$q \cdot V = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Despejando v se obtiene

$$v = \left(\frac{2 \cdot q \cdot V}{m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

El campo magnético generado por el par de bobinas de Helmholtz se calcula mediante la fórmula que aparece a continuación y que puede hallarse en cualquier texto elemental de electricidad y magnetismo.

$$B = \frac{[N \cdot \mu_0] I}{\left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot a} \quad (5)$$

Las ecuaciones (4) y (5) se sustituyen en la ecuación (3) para llegar a la expresión matemática siguiente:

$$\frac{q}{m} = \left(\frac{2 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^3 \cdot a^2}{N^2 \cdot \mu_0^2} \right) \cdot V \cdot I^{-2} \cdot r^{-2} \quad (6)$$

donde:

a = Radio de las bobinas de Helmholtz (15 [cm]).

N = Número de espiras en cada bobina (130 vueltas).

I = Intensidad de la corriente eléctrica que circula por las bobinas.

r = Radio del haz de rayos catódicos.

μ_0 = Permeabilidad magnética del vacío = $4\pi \times 10^{-7}$ [T·m·A⁻¹].

Finalmente, los términos de la expresión (6), se pueden reacomodar para obtener las expresiones relacionadas con los experimentos realizados en la práctica.

Así, tenemos la expresión para una diferencia de potencial constante donde $r^2 = f(I^{-2})$:

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	20/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$r^2 = \left(\frac{2 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^3 \cdot a^2 \cdot V}{N^2 \cdot \mu_0^2 \cdot \left(\frac{q}{m}\right)} \right) \cdot I^{-2} \quad (7)$$

Y la expresión para intensidad de corriente eléctrica constante donde $r^2 = f(V)$:

$$r^2 = \left(\frac{2 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^3 \cdot a^2}{N^2 \cdot \mu_0^2 \cdot I^2 \cdot \left(\frac{q}{m}\right)} \right) \cdot V \quad (8)$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	21/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 3

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE DISOLUCIONES Y SÓLIDOS

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	22/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Termómetro del picnómetro.	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido. La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzocortantes e intoxicación.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Preparará una disolución utilizando el material de vidrio adecuado.
2. Determinará la densidad de la disolución preparada.
3. Identificará un metal por medio de la densidad.
4. Determinará la media, la desviación estándar y la incertidumbre de la densidad obtenida.
5. Identificará las características estáticas de algunos instrumentos utilizados.

3. INTRODUCCIÓN

El control de calidad de los productos líquidos incluye muchas pruebas para su análisis químico y físico. La determinación de la densidad puede formar parte del esquema de pruebas que hay que realizar. La densidad de una sustancia se define como el cociente de su masa en cada unidad de volumen. Por lo tanto, si conocemos la masa y el volumen de una sustancia, en cualquier fase (sólido, líquido o gaseoso) se puede determinar su densidad a través de la expresión:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

donde: ρ es la densidad, m la masa y V el volumen de la sustancia considerada.

La densidad es una propiedad intensiva de la materia; es decir, no depende de la cantidad de sustancia, sin embargo, sí depende de la temperatura, por lo que en su determinación es importante indicar la temperatura a la cual se realizó la medición.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	23/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El picnómetro es un instrumento sencillo utilizado para determinar la densidad de líquidos con mayor precisión. Es importante mencionar que los picnómetros deben de estar calibrados. La mayoría de ellos tienen un termómetro para el registro de la temperatura.

El principio de Arquímedes que dice: *“Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido (líquido o gas) recibe un empuje ascendente, igual al peso del fluido desalojado por el objeto”*

Éste es uno de los descubrimientos más valiosos que nos legaron los griegos. La historia cuenta que el rey Hierón pidió a Arquímedes que le dijera si no lo habían engañado y comprobara si en verdad la corona que mandó a elaborar era de oro puro, sólo le pedía que no destruyera la corona y así Arquímedes fue el primero que estudio el empuje vertical hacia arriba ejercido por los fluidos.

4. MATERIAL Y EQUIPO

- a) 1 vaso de precipitado de 30 [ml].
- b) 1 matraz volumétrico de 50 [ml].
- c) 1 balanza semianalítica.
- d) 1 picnómetro con termómetro.
- e) 1 agitador de vidrio.
- f) 1 espátula.
- g) 1 piseta.
- h) 1 probeta de 10 [ml].
- i) 1 pinzas
- j) 1 embudo

5. REACTIVOS

- 1) Cloruro de Sodio, NaCl.
- 2) Agua de la llave.
- 3) Muestras de diferentes elementos metálicos.

6. 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 material.

ACTIVIDAD 2

Preparación de la disolución:

1. La figura docente asignará a cada brigada la masa en gramos de NaCl que deben usar para preparar la disolución, (ver tabla 1).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	24/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Mida en un vaso de precipitados de 30 [ml], con ayuda de la balanza, la masa de NaCl asignada a la brigada y agregue 20 [ml] de agua para disolver.
- Vierta el contenido del vaso de precipitados a un matraz volumétrico de 50 [ml].
- Con ayuda de la piseta enjuague el vaso de precipitado con aproximadamente 5 [ml] de agua destilada y adicione el líquido de lavado, en el matraz volumétrico de 50 [ml].
- Lleve hasta la marca del aforo con agua y agite hasta obtener una disolución homogénea.



Tabla 1

Disolución	Brigada	Masa de NaCl [g]	Volumen de disolución [ml]	Concentración de la disolución (% m/v)
A		1.0	50	
B		2.0	50	
C		3.0	50	
D		4.0	50	
E		5.0	50	
F		6.0	50	

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	25/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 3

Determinación de la densidad de la disolución:

1. Anote el valor del volumen en [cm^3] que está registrado en la pared del picnómetro (V_p).
2. Verifique que el picnómetro se encuentre totalmente seco y limpio.
3. Mida y anote la masa del picnómetro vacío y totalmente armado (m_{pv}).
4. Retire el tapón y termómetro del picnómetro y llénelo completamente con la disolución preparada. Al terminar, coloque de nueva cuenta el termómetro, el tapón y seque perfectamente el dispositivo.



5. Registre la temperatura de la disolución.
6. Mida y registre la masa del picnómetro lleno con la disolución (m_{p+d}).
7. Quite el tapón al picnómetro y sin vaciarlo vuelva a llenarlo completamente. Coloque nuevamente el termómetro y el tapón, seque el sistema por fuera y vuelva a medir la masa.
8. Repita nuevamente el paso 6 para tener al menos tres mediciones que le permitirán obtener varios valores de densidad para la disolución preparada.
9. Anote los datos obtenidos en la tabla 2 (sistema cgs) y realice los cálculos necesarios para llenar la tabla 3 (sistema internacional de unidades).

Masa del picnómetro vacío (m_{pv}) : _____ [g]; _____ [kg].

Volumen del picnómetro (v_p): _____ [cm^3]; _____ [ml]; _____ [m^3].

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	26/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

MANEJO DE RESIDUOS

Las disoluciones de NaCl se desechan a la tarja.

Tabla 2

B R I G A D A	D i s o l u c i ó n	Conc. de la disol. (% m/v)	T [°C]	m_{p+d}	$m_d = m_{p+d} - m_{pv}$	$\rho = \frac{m_d}{V_p}$	$\rho_{promedio}$	Desviación estándar s	Incertidumbre
				[g]	m_d [g]	$\left[\frac{g}{ml}\right]$	$\left[\frac{g}{ml}\right]$	$\left[\frac{g}{ml}\right]$	$\left[\frac{g}{ml}\right]$
A									
B									
C									
D									
E									
F									

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	27/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 3

B R I G A D A	D i s o l u c i ó n	Conc. de la disol. (% m/v)	T [°C]	m_{p+d}	$m_d = m_{p+d} - m_{pv}$	$\rho = \frac{m_d}{V_p}$	$\rho_{promedio}$	Desviación estándar s	Incertidumbre
				[kg]	m_d [kg]	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
A									
B									
C									
D									
E									
F									

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página:	28/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 4

Determinación de la densidad de un sólido

1. Con ayuda de una probeta de 10 [ml] mida lo más exactamente posible 9 [ml] de agua de la llave, evitando que se tengan burbujas de aire al interior del líquido.
2. Coloque la probeta sobre la balanza y determine la masa de la probeta con los 9 [ml] de agua (m_1).
3. Sin retirar la probeta de la balanza, coloque dentro de la probeta, tantas piezas del metal problema como sean necesarias para tener un volumen desplazado de al menos de 0.5 [ml] de agua.
4. Verifique que no se tengan burbujas de aire al interior de la probeta y mida lo más exactamente posible el volumen desplazado anotando el valor obtenido.



5. Determine la masa de la probeta con los 9 [ml] de agua y las piezas metálicas (m_2).
6. Retire las piezas metálicas de la probeta.
7. Repita los pasos 1 a 5 de esta actividad para llenar la tabla 4.
8. Con los datos obtenidos experimentalmente, realice los cálculos necesarios para llenar las tablas 4 y 5.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	29/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 4

	m ₁ [g]	m ₂ [g]	m _{Metal} [g]	V _{Metal} [ml]	Densidad [g/ml]
Lectura 1					
Lectura 2					
Lectura 3					

Tabla 5

ρ_{promedio}	Desviación estándar (S)	Incertidumbre
$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

9. Con ayuda de la información de la tabla 6, identifique el metal al que le determinó la densidad y calcule el porcentaje del error experimental (%EE).

Metal encontrado: _____

%EE=_____

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	30/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 6

Elemento		ρ [kg/m ³]
Magnesio	Mg	1740
Aluminio	Al	2699
Titanio	Ti	4507
Zinc	Zn	7133
Hierro	Fe	7870
Níquel	Ni	8902
Plomo	Pb	11 360

MANEJO DE RESIDUOS

Sea cuidadoso al retirar los pedazos de metal de la probeta. Estas piezas debe secarlas y guardarlas en el frasco de las que las tomó. El agua usada se verterá en la tarja.

ACTIVIDAD 5

Registre para cada instrumento las siguientes características estáticas:

Instrumento	Rango	Resolución	Legibilidad
Balanza			
Termómetro			
Matraz volumétrico de 50 [ml]			
Vaso de precipitados de 30 [ml]			
Probeta de 10 [ml]			

ACTIVIDAD 6

- Con los datos de la tabla 2, trace una gráfica de $\rho = f\left(\% \frac{m}{v}\right)$.
- ¿Cuál es el comportamiento observado de la densidad respecto a la concentración? Exprese la relación matemática, obteniéndola a partir del ajuste matemático a los datos experimentales.
- Con los resultados obtenidos infiera:
 - La concentración %m/v de sal en el agua de mar. Considere que la densidad del agua de mar es aproximadamente 1030 [kg/m³].
 - La densidad de una salmuera para alimentos que contiene 10 [g] de NaCl en cada 50 [ml] de disolución.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	31/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
2. Brown, T., Le May, E., & Burnsten, B. (2014). *Química: la ciencia central*.
3. Garritz, A., Gasque, L., & Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. *
4. Russell, J., & Larena, A. (1988). *Química General*.
5. Summers, D. (1983). *Manual de química*. *

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	32/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UNA DISOLUCIÓN

1. Explique qué es una disolución.
2. Explique la relación entre densidad y temperatura.
3. Describa cuáles son las características estáticas y dinámicas de un instrumento de medición.
4. Mencione los tipos de errores que pueden presentarse en una medición.
5. Investigue cómo se calcula la desviación estándar, la incertidumbre y el error experimental; asimismo, explique qué representan estos valores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
2. Brown, T., Le May, E., & Burnsten, B. (2014). *Química: la ciencia central*.
3. Garritz, A., Gasque, L., & Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. *
4. Russell, J., & Larena, A. (1988). *Química General*.
5. Summers, D. (1983). *Manual de química*. *

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	33/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 4

EL CICLO DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	34/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.
3	Manejo de reactivos químicos.	Su manejo requiere lavado de las manos al tener contacto con ellos.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Determinará experimentalmente el porcentaje de agua contenido en el sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).
2. Obtendrá cristales de sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y con base en su forma identificará el tipo de celda unitaria que presentan.

3. INTRODUCCIÓN

El sulfato de cobre, 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 vitriolo azul), dicho color azul es debido a la presencia de iones 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 también que en la estructura cristalina hay cinco moléculas de agua por cada unidad de CuSO_4 ; 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 CuSO_4 y otra parte al H_2O ; así también, se puede decir que el $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, contiene cierto porcentaje de agua que se puede determinar mediante una serie de cálculos sencillos.

La estructura cristalina es una característica que poseen muchas sustancias sólidas (sólidos cristalinos) y que se relaciona con el grado de orden que presentan las partículas que las integran. Este orden queda descrito por una unidad tridimensional simple conocida como celda unitaria que está definida por una serie de parámetros que describen sus

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	35/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

dimensiones. Existen siete celdas unitarias que generan 14 sistemas cristalinos conocidos como redes de Bravais que son arreglos tridimensionales nanoscópicos.

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

4. MATERIAL

- a) 1 pipeta graduada de 5 [ml].
- b) 1 propipeta.
- c) 1 vaso de precipitados de 50[ml].
- d) 1 pinzas para cristales.
- e) 1 espátula de doble punta.
- f) 1 piseta.
- g) 1 balanza semianalítica.
- h) 1 parrilla eléctrica.
- i) 1 pinzas para tubos de ensayo.
- j) 1 lupa.

5. REACTIVOS

- 1) Sulfato de cobre pentahidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, triturado.
- 2) Agua destilada

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 del material, equipo y las sustancias químicas que se utilizarán.

ACTIVIDAD 2.

Determinación del contenido de agua en los cristales de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

1. Pese, con ayuda de la balanza semianalítica, un vaso de precipitados de 50 [ml] y anote su masa, ésta será la masa del vaso (m_v).
2. Pese en el vaso anterior, 2 [g] de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ($m_v + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).
3. Coloque sobre la parrilla el vaso con el $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, tápelo con un pedazo de papel, gire la perilla de calentamiento a la mitad y manténgalo así hasta que los cristales pierdan su color azul intenso; en ese momento se suspende el calentamiento, pero no se retira

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	36/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

de la parrilla hasta que se obtenga el CuSO_4 anhidro, que presenta un color ligeramente gris. Anote sus observaciones.



- Con ayuda de las pinzas para tubo de ensayo, se retira de la parrilla el vaso y se coloca en la superficie metálica de la tarja para que alcance la temperatura ambiente.
- Se pesa con ayuda de la balanza, el vaso anterior y por diferencia se determina la cantidad de CuSO_4 anhidro (m_{CuSO_4}) que se tiene.
- También por diferencia, se determina la cantidad de agua ($m_{\text{H}_2\text{O}}$) que había en los gramos iniciales de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Complete la tabla siguiente.

	m_{vaso} [g]	$m_{\text{vaso}+\text{CuSO}_4}$ [g]	m_{CuSO_4} [g]	$m_{\text{H}_2\text{O}}$ [g]	[%] m/m de agua
Vaso					

ACTIVIDAD 3.

Obtención de cristales de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

- Con ayuda de la pipeta, adicione 3.5 [ml] de agua destilada en el vaso. Caliente con la perilla a medio giro y agite constantemente con movimientos circulares el vaso sobre la parrilla (no utilice la espátula como agitador), hasta la total disolución del sólido (evite la evaporación del disolvente). Posteriormente, déjelo en la superficie metálica de la tarja, procurando no moverlo en adelante. Anote sus observaciones.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	37/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



2. Con ayuda de la lupa, identifique el tipo de cristales que se obtienen.



MANEJO DE RESIDUOS

La disolución sobresaturada y los cristales obtenidos se verterán en el frasco etiquetado como RESIDUOS DE $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Si los cristales de su vaso quedan adheridos a las paredes, retírelos con ayuda de una espátula y viértalos en el recipiente para residuos.

7. BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	38/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO

EL CICLO DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO

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. Defina los términos siguientes:
 - a) Solubilidad
 - b) Disolución insaturada
 - c) Disolución saturada
 - d) Disolución sobresaturada
5. ¿Qué factores afectan al proceso de cristalización? Justifique su respuesta.

BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	39/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 5

LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	40/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.
3	Termómetro.	No debe de agitarse, porque el peso del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido; la manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes, derrame de mercurio e intoxicación.
4	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	41/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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) 1 balanza semianalítica.
- b) 1 parrilla con agitación y calentamiento.
- c) 1 matraz de Erlenmeyer de 250 [ml].
- d) 1 globo del número 12.
- e) 1 probeta de vidrio de 100 [ml].
- f) 2 vasos de precipitados de 30 [ml].
- g) 1 vaso de precipitados de 250 [ml].
- h) 1 espátula con mango de madera.
- i) 2 tubos de ensayo de 10 [cm] de largo (número 45048. Kimax).
- j) 1 pinzas para tubo de ensayo.
- k) 1 varilla de vidrio.
- l) 1 agitador magnético.
- m) 1 termómetro.
- n) 1 gradilla.
- o) 1 lupa.

5. REACTIVOS

- 1) Bicarbonato de sodio, NaHCO_3 .
- 2) Ácido clorhídrico, HCl , 4.32 % m/m.
- 3) Disolución de yoduro de potasio, KI , 0.33 % m/v.
- 4) Disolución de nitrato de plomo, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 0.33 % m/v.

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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	42/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

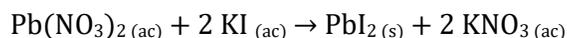
ACTIVIDAD 2.

Reacción química con formación de un precipitado.

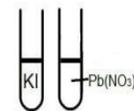
- En un vaso de precipitado de 250 [ml] coloque 200 [ml] de agua de la llave, coloque el agitador magnético al interior y sitúe el vaso en la parrilla de calentamiento, ajuste la perilla en la posición 4 para obtener un baño de agua caliente.

NOTA: Procure que el agua hierva ligeramente.

- Para llevar a cabo la reacción química siguiente:

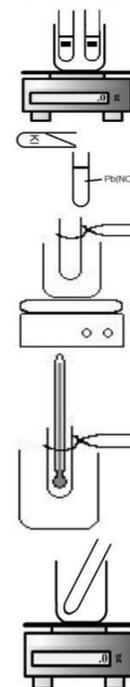


En un tubo de ensayo coloque aproximadamente 2 [ml] de disolución de nitrato de plomo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) y etiquételo con la fórmula del compuesto.



En otro tubo de ensayo coloque aproximadamente 2 [ml] de disolución de yoduro de potasio (KI) y etiquételo con la fórmula del compuesto.

- Coloque ambos tubos en un vaso de precipitados y determine la masa (m_1) del sistema completo (ambos tubos de ensayo con disoluciones y vaso de precipitados).
- Al tubo de la disolución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ agréguele la disolución de KI, anote sus observaciones, vuelva a determinar la masa del sistema completo (m_2), anótela en la tabla 1 y complétela.



ACTIVIDAD 3.

Cristalización

- Con ayuda de las pinzas, introduzca el tubo de ensayo en el baño agua caliente, agite con movimientos circulares el tubo dentro del baño y observe.
- Introduzca el termómetro sin tocar las paredes del tubo de ensayo y cuando el precipitado se haya disuelto por completo, registre la temperatura a la que disuelve (T_s) en la tabla 2. Retire el tubo de ensayo del baño y seque por fuera el tubo.
- En un vaso de precipitados, a manera de contenedor, introduzca el tubo de ensayo con la disolución anterior, colóquelo sobre la balanza y registre su masa (m_3) en la tabla 2.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	43/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Sin retirar de la balanza, observe y espere a que aparezca el precipitado de nuevo, cuando deje de percibir la formación del precipitado registre la masa (m_4) en la tabla 2 y complétela.
5. Con los datos obtenidos, complete las tablas siguientes:

Tabla 1

	m_1 [g]	m_2 [g]	¿Se verifica la LCM?	Observaciones
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 (\text{ac}) + 2 \text{KI} (\text{ac}) \rightarrow \text{PbI}_2 (\text{s}) + 2 \text{KNO}_3 (\text{ac})$				

Tabla 2

	T_s [°C]	m_3 [g]	m_4 [g]	¿Se verifica la LCM?	Observaciones
Precipitado					

MANEJO DE RESIDUOS

Vierta con cuidado el contenido del tubo de ensayo (cristales de PbI_2 y disolución de KNO_3) dentro del vaso etiquetado como **RESIDUOS DE PLOMO**. Si quedan algunos cristales, agregue agua destilada hasta un cuarto de la capacidad del tubo, introduzca con cuidado la varilla de vidrio y agite ligeramente para re-suspender los cristales, retire la varilla y vierta de golpe en el vaso de residuos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	44/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 4.

Complete la tabla siguiente, con las relaciones estequiométricas.

Tabla 3

	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 (\text{ac}) + 2 \text{KI} (\text{ac}) \rightarrow \text{PbI}_2 (\text{s}) + 2 \text{KNO}_3 (\text{ac})$			
Masa molecular [g/mol]				
Relación en mol				
Relación en masa [g]				
LCM [g]				

ACTIVIDAD 5.

Reacción química con desprendimiento de un gas.

- Coloque en el matraz de Erlenmeyer 20 [ml] de HCl al 4.32 % m/m empleando la probeta.
- En el vaso de precipitados pese 1.0 [g] de NaHCO_3 y posteriormente, con mucho cuidado, vierta el bicarbonato en el interior del globo, cuidando de que no quede en el vaso o se derrame.
- Ajuste el globo a la boca del matraz teniendo cuidado de que no caiga dentro del matraz el NaHCO_3 . Coloque el sistema así dispuesto en la balanza y péselo. El valor obtenido será m_1 . La figura siguiente muestra un esquema del dispositivo experimental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	45/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



4. Sin retirar el sistema de la balanza, permita que caiga el NaHCO_3 en el matraz. Una vez terminada la reacción (cuando ya no se observe desprendimiento de gas), pese nuevamente el sistema. El valor obtenido será m_2 .



5. Para verificar el cumplimiento de la ley de la conservación de la materia, compare los valores m_1 y m_2 .

ACTIVIDAD 6.

Considere la reacción que se lleva a cabo en el interior del sistema y complete la tabla siguiente:

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	46/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 4

Reacción:				
Matraz con:	Globo con	m ₁ [g]	m ₂ [g]	¿Se demuestra la LCM? Argumente su respuesta
20 [ml] de HCl al 4.32 [%] m/m	1.0 [g] de NaHCO ₃			

MANEJO DE RESIDUOS

Retire el globo, añada NaHCO₃ al matraz hasta que deje de producirse efervescencia. Y una vez que esto suceda vierta el contenido a la tarja.

7. BIBLIOGRAFÍA

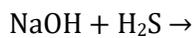
1. Mortimer, C. E. (1983). *Química*.
2. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
3. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*.
4. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	47/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 Y SOLUBILIDAD

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 siguiente reacción química siguiente y balancéela:



6. Mencione los tipos de reacciones químicas que existen.
7. ¿Qué es solubilidad?
8. ¿Cómo afecta la temperatura a la solubilidad?

BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	48/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 6

PREPARACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE DISOLUCIONES

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	49/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Preparará disoluciones de diferentes concentraciones mediante el manejo del material adecuado.
2. Medirá la conductividad de las disoluciones preparadas utilizando 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.

3. INTRODUCCIÓN

Cuando los reactivos están en la fase líquida es relativamente fácil el control de las reacciones químicas. Si las sustancias de interés existen en la fase sólida o en la gaseosa se procura incorporarlas a la fase líquida, mezclándolas con otra sustancia que se encuentre en esta fase; por tal razón, se introduce el concepto de disolución. Una disolución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. Frecuentemente, 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 disolución o de disolvente; por lo que, existen varias formas de expresar la concentración. Algunas unidades de concentración comúnmente empleadas son la molaridad, la normalidad, la molalidad y los porcentajes en masa o en volumen.

Se sabe que una disolución que contenga un electrolito, será 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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	50/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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, la cual se estimará con cada una de las disoluciones que el estudiante prepare. Además, se observará la influencia de la concentración de las disoluciones en la conductividad.

4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) 2 matraces volumétricos de 100 [ml].
- b) 1 matraz volumétrico de 50 [ml].
- c) 1 matraz volumétrico de 25 [ml].
- d) 4 vasos de precipitados de 100 [ml].
- e) 1 vaso de precipitados de 30 [ml]
- f) 1 pipeta volumétrica de 10 [ml].
- a) 1 embudo de vidrio de filtración rápida
- b) 1 piseta.
- c) 1 espátula.
- d) 1 varilla de vidrio.
- e) 1 conductímetro.
- f) 1 propipeta.
- g) 1 balanza semianalítica.

5. REACTIVOS

- 1) Agua destilada.
- 2) Acetato de sodio, CH_3COONa .
- 3) Bicarbonato de sodio, NaHCO_3 .
- 4) Nitrato de potasio, KNO_3 .
- 5) Sulfato de magnesio heptahidratado, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
- 6) Sulfato de cobre (II) pentahidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
- 7) Sacarosa, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	51/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. DESARROLLO

ACTIVIDAD 1

La figura docente verificará que los estudiantes posean los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y dará las recomendaciones necesarias para el manejo del material, equipo y sustancias químicas que se utilizarán.

ACTIVIDAD 2

Prepare cuatro disoluciones de diferentes concentraciones, utilizando el soluto asignado por la figura docente, de acuerdo con las indicaciones siguientes:

Preparación de la disolución madre

1. Calcule la cantidad necesaria, en gramos del soluto, para preparar 100 [ml] de una disolución 0.05 [M].
2. Pese con cuidado en un vaso de precipitados, los gramos del soluto calculado en el paso anterior y disuélvalo en 50 [ml] de agua destilada.
3. Trasvase la disolución a un matraz volumétrico de 100 [ml], mediante un embudo y lave al menos tres veces el vaso y el embudo auxiliándose de una piseta. Asegúrese de no dejar nada de reactivo en el vaso de precipitados.
4. Complete con agua hasta la marca del aforo; tape el matraz y mezcle perfectamente la disolución. La disolución así preparada es la disolución madre.
5. Trasvase la disolución a un vaso de precipitados previamente etiquetado.

ACTIVIDAD 3

1. De la disolución madre tome 10 [ml] con la pipeta volumétrica y viértalos en el otro matraz volumétrico de 100 [ml].
2. Complete con agua hasta la marca del aforo y mezcle perfectamente la disolución. La disolución así preparada es la disolución 1.
3. Repita los pasos 1 y 2 empleando matraces volumétricos de las capacidades siguientes: 50 y 25 [ml], las disoluciones así preparadas son las disoluciones 2 y 3 respectivamente.
4. Vierta cada una de las cuatro disoluciones preparadas en esta actividad en vasos de precipitados etiquetados. Tenga mucho cuidado de no mezclar las disoluciones, ya que se producirían resultados erróneos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página:	52/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 4

Toma de lecturas

1. **La verificación del conductímetro la realizará el personal autorizado. No retire la batería del equipo.**
2. El alumnado llevará al cabo los pasos siguientes:
 - a) Determinará la conductividad de la disolución más diluida a la más concentrada.
 - b) Sin encender el conductímetro, sumergirá el electrodo en la disolución y lo moverá para desalojar las burbujas de aire que hayan quedado atrapadas, procurando que el nivel del líquido se encuentre arriba de los orificios y posteriormente encenderá el equipo.



- c) Seleccionará la escala adecuada siguiendo las instrucciones de la figura docente, tomará la lectura de conductividad en $[\mu\text{S}/\text{cm}]$ y registrará sus resultados en la tabla

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	53/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

En el conductímetro CONDUCTRONIC (mostrado en la imagen anterior) la lectura es directa en las escalas de 200 y 2K, pero en la escala de 20K, debe multiplicar el valor que indique la pantalla por 1000.

En el conductímetro LEYBOLD DIDACTIC la lectura en la escala de 200 [μS] es directa, pero en las escalas de 2 [μS] y 20 [μS] debe multiplicar el valor que indique la pantalla por 1000.

- d) Después de cada medición apagará el equipo antes de retirar el electrodo de la disolución y al finalizar todas las mediciones enjuagará el electrodo con agua destilada.

NOTA: La figura docente deberá asignar un soluto a cada brigada, para que posteriormente se intercambien resultados para llenar la tabla siguiente:

Tabla 1. Conductividad experimental de las disoluciones.

Disoluciones	Disolución 1 100 [ml] Concentración Molar = _____	Disolución 2 50 [ml] Concentración Molar = _____	Disolución 3 25 [ml] Concentración Molar = _____	Disolución Madre Concentración Molar = 0.05 [M]
	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
CH_3COONa (ac)				
NaHCO_3 (ac)				
KNO_3 (ac)				
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ac)				
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (ac)				
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (ac)				

MANEJO DE RESIDUOS

Viertan la disolución preparada a la tarja.

Si la brigada usó $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ como soluto vierta la disolución madre en el vaso de precipitados etiquetado como RESIDUOS DE $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Las disoluciones diluidas de este soluto viértanlas a la tarja.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	54/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 5

1. Con los datos de la tabla 1, trace una gráfica de la conductividad [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] (ordenadas) en función de la concentración molar [M] (abscisas) para cada uno de los solutos.
2. ¿Cuál es el comportamiento observado de la conductividad respecto a la concentración? Establezca los modelos matemáticos correspondientes a cada soluto de la gráfica obtenida en el punto anterior.
3. Con base en el modelo matemático obtenido para el soluto asignado por la figura docente, infiera lo siguiente:
 - a) Si se toman 10 [ml] de la disolución madre y se lleva a un volumen de 250 [ml]:
 - i. ¿Cuál será la conductividad de la disolución preparada?
 - ii. ¿Cuántos gramos de soluto hay en la disolución preparada?
 - b) ¿Qué cantidad de soluto se debe de emplear para preparar una disolución de 100 [ml] que presente una conductividad de $16500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$? ¿Será posible realizarlo experimentalmente? Explique su respuesta.

7. BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	55/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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.
9. ¿Qué sucede con la conductividad del agua destilada si se le agregan unas gotas de ácido sulfúrico?
10. ¿El agua de la llave conduce la electricidad? Explique.

BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	56/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 7

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO PORCENTUAL DE UNA REACCIÓN QUÍMICA

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	57/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.
3	Termómetro.	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido. La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes e intoxicación.
4	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica, debido a que algunas sustancias químicas son corrosivas. En caso de algún derrame, avise inmediatamente a la figura docente.
5	Jeringa.	Su manipulación requiere el uso de guantes y lentes de seguridad, ya que contiene ácido clorhídrico. Debe manipularse de manera cuidadosa ya que tiene una aguja.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Conocerá las relaciones estequiométricas que existen entre reactivos y productos en una reacción química.
2. Comprenderá el concepto de reactivo limitante y reactivo en exceso en una reacción química.
3. Calculará las cantidades de reactivos que reaccionaron para producir una determinada cantidad de producto.
4. Determinará el rendimiento porcentual de una reacción química.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	58/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. INTRODUCCIÓN

En una gran cantidad de procesos químicos industriales es muy importante conocer la cantidad real de productos obtenidos, así como la cantidad teórica que se podría obtener a partir de cierta cantidad de reactivos. La estequiometría es una parte de la química que se encarga del estudio de éste y otros aspectos.

Cuando se efectúa una reacción, los reactivos comúnmente no están presentes en las cantidades estequiométricas, esto es, en las proporciones indicadas en la ecuación química balanceada. El reactivo que se encuentra en menor cantidad estequiométrica se llama reactivo limitante y es el que limita la cantidad máxima de producto que se puede obtener ya que, cuando se acaba este reactivo, no se puede formar más producto. Los otros reactivos, presentes en cantidades mayores que aquellas requeridas para reaccionar con la cantidad del reactivo limitante presente, se llaman reactivos en exceso. El rendimiento porcentual 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. MATERIAL

- a) 1 balanza semianalítica.
- b) 1 probeta de 100 [ml].
- c) 1 tubo de ensayo con septum de hule.
- d) 2 soportes universales.
- e) 1 anillo metálico.
- f) 1 pinza de tres dedos con sujetador.
- g) 1 jeringa de plástico de 3 [ml] con aguja.
- h) 1 manguera de hule con aguja adaptada.
- i) 1 recipiente de plástico.
- j) 2 vasos de precipitados de 100 [ml].
- k) 1 parrilla con agitación.
- l) 1 agitador magnético.
- m) 1 piseta.
- n) 1 espátula con mango de madera.
- o) 1 termómetro de -10 a 120 [°C]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	59/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. REACTIVOS

- 1) Cinc metálico granular, Zn.
- 2) Disolución comercial al 37.6 [%] en masa de ácido clorhídrico, HCl, y densidad de 1.19 [g/cm³].
- 3) Sulfato de cobre pentahidratado, CuSO₄·5H₂O.
- 4) Agua destilada.

6. DESARROLLO

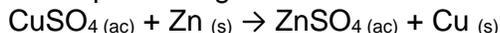
ACTIVIDAD 1.

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.

Obtención de cobre.

1. Para llevar a cabo la reacción química siguiente:



2. En un vaso de precipitados de 100 [ml], previamente pesado (peso del vaso = **m**₁) coloque 1.5 [g] de CuSO₄·5H₂O, adicione 40 [ml] de agua destilada, coloque el agitador magnético y ponga en agitación. Evite que se salpiquen las paredes del vaso.
3. Agregue, a la disolución anterior, 0.3 [g] de cinc granular y continúe con la agitación por espacio de 5 [minutos], al cabo de los cuales ya habrá reaccionado todo el cinc. Retire el agitador magnético y anote sus observaciones.
4. Espere a que sedimente todo el cobre y decante el líquido, evitando en la medida de lo posible la pérdida de cobre.

MANEJO DE RESIDUOS

Durante la decantación, el líquido que contiene sulfato de cinc disuelto (ZnSO₄) se vierte en la tarja, sea cuidadoso al decantar y evite derramar el cobre.

5. Para lavar el cobre obtenido, adicione aproximadamente 10 [ml] de agua destilada con la piseta, agite y espere a que se sedimente el cobre para decantar el líquido. Repita esta operación dos veces.
6. El cobre ya lavado que quedó en el vaso de precipitados se seca por evaporación en la parrilla.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	60/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

NOTA:

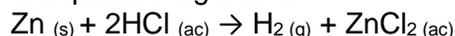
La evaporación debe ser con ligero calentamiento para evitar la ebullición del líquido y la oxidación del cobre.

7. Una vez que se tiene el cobre completamente seco, se deja enfriar y se pesa junto con el vaso (m_2). La cantidad de cobre producido se determina por diferencia de masas ($m_{Cu} = m_2 - m_1$).
8. Determine, para la reacción entre el sulfato de cobre y el cinc:
 - a) El reactivo limitante
 - b) El rendimiento teórico
 - c) El rendimiento experimental
 - d) El rendimiento porcentual

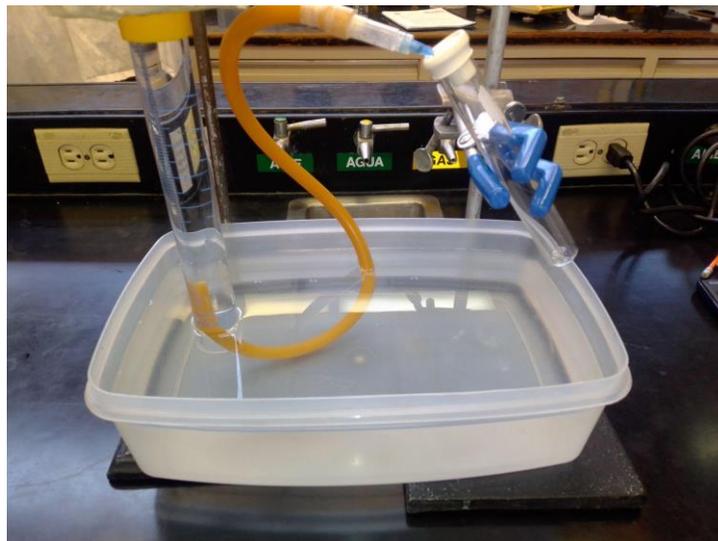
ACTIVIDAD 3.

Obtención de hidrógeno.

1. Para llevar a cabo la reacción química siguiente:



Coloque en el tubo de ensayo 0.10 [g] de cinc metálico, tape el tubo con el septum e inserte la aguja unida a la manguera de hule. Introduzca el otro extremo de la manguera de hule en una probeta llena con agua e invertida en un recipiente que también contiene agua (observe la imagen siguiente). Evite que el interior de la probeta quede con aire.



	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	61/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Adicione 0.5 [ml] de la disolución comercial de ácido clorhídrico al tubo de ensayo, utilice la jeringa, con la cual perforará el septum de hule para adicionar el ácido. Realice esta operación con cuidado, si tiene dudas solicite el apoyo del personal docente.



- Mida y anote el volumen de hidrógeno gaseoso recolectado en la probeta.
- Calcule el volumen del hidrógeno gaseoso con base en la ley de los gases ideales y determine:
 - El reactivo limitante.
 - El rendimiento teórico.
 - El rendimiento experimental o real.
 - El rendimiento porcentual.

MANEJO DE RESIDUOS

El líquido que queda en el tubo de ensayo al término de la reacción se vierte en el frasco etiquetado como RESIDUOS DE OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO.

Limpieza de la jeringa

Enjuague la jeringa un par de veces en el líquido del frasco etiquetado como RESIDUOS DE OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO, para ello extraiga y libere el líquido del frasco. Posteriormente, enjuague con agua un par de veces más, seque con cuidado la aguja con ayuda de un trozo de papel y tápela. Así dejará la jeringa limpia para el próximo grupo que la ocupará.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	62/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

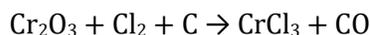
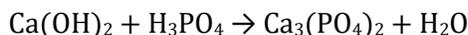
7. BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	63/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO CÁLCULO DEL RENDIMIENTO PORCENTUAL DE UNA REACCIÓN QUÍMICA

1. Balancee las ecuaciones químicas siguientes:



2. Establezca las relaciones estequiométricas en gramos, en moles y en entidades fundamentales para las reacciones anteriores, y demuestre que se cumple la ley de la conservación de la masa.
3. ¿Cómo determina cuál es el reactivo limitante en una reacción química? Dé un ejemplo.

BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	64/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 8

TERMOQUÍMICA. ENTALPIA DE DISOLUCIÓN

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	65/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.
3	Termómetro.	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido. La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes e intoxicación.
4	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

2. 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 entalpia de disolución (ΔH_d) en agua del cloruro de calcio (CaCl_2), y del nitrato de amonio (NH_4NO_3) corresponden a procesos endotérmicos o exotérmicos.
3. Cuantificará las variaciones de temperatura originadas por la disolución de diferentes cantidades de CaCl_2 y NH_4NO_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.

3. INTRODUCCIÓN

La termodinámica química (termoquímica) se encarga del estudio de los cambios energéticos que acompañan a cualquier reacción química. Tales cambios energéticos son unos de los factores preponderantes para determinar qué tan rápido y qué tan eficientemente se lleva a cabo dicha reacción química.

Cuando una reacción se lleva a cabo a presión constante, como sucede cuando se realiza en un recipiente abierto, el calor absorbido o liberado en la reacción es igual al cambio de

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	66/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

entalpía (ΔH_r) de dicha reacción. En otras palabras, la entalpía de reacción es la energía involucrada en la formación de determinado producto a partir de ciertos reactivos en una reacción química que se lleva a cabo a presión constante. Por convenio, si se libera calor en una reacción (reacción exotérmica), el signo de la ΔH_r es negativo; en cambio, si se absorbe calor (reacción endotérmica), el ΔH_r tendrá un signo positivo.

La entalpía de disolución (ΔH_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.

Comúnmente, 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.

4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) 1 agitador magnético.
- b) 1 parrilla con agitación.
- c) 1 balanza granataria.
- d) 1 termómetro de -10 a 110 [°C].
- e) 1 probeta de vidrio de 100 [ml].
- f) 1 vaso de precipitados de 150 [ml].
- g) 1 espátula con mango de madera.
- h) 1 calorímetro con tapón de hule.

5. REACTIVOS

- 1) Agua de la llave.
- 2) Cloruro de calcio, CaCl_2 , granulado, grado industrial.
- 3) Nitrato de amonio, NH_4NO_3 , granulado, grado industrial.

6. DESARROLLO

ACTIVIDAD 1.

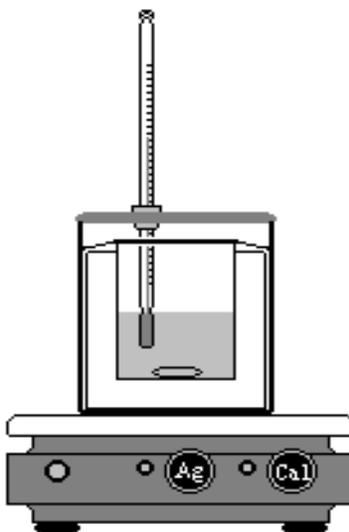
La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará los cuidados que deben tenerse en el manejo del material, equipo y las sustancias químicas que se utilizarán.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	67/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 2.

Armado del calorímetro

Arme el calorímetro siguiendo las instrucciones de la figura docente; posteriormente vierta 75 [g] de agua de la llave en el calorímetro y coloque en su interior el agitador magnético. El dispositivo quedará como se muestra en la imagen siguiente:



ACTIVIDAD 3.

1. Lea en el termómetro la temperatura inicial del sistema. Anote el valor obtenido en la tabla
2. Pese 1 [g] de CaCl_2 y viértalo en el interior del calorímetro, tape rápidamente y agite con ayuda de la parrilla, cuidando que el agitador magnético no golpee el termómetro. Anote el valor de la temperatura cuando se ha disuelto todo el reactivo.

Nota: Mantenga apagada la función de calentamiento en la parrilla.

3. Sin desechar el contenido del calorímetro, repita el paso 2 empleando diferentes cantidades de CaCl_2 de tal manera que se complete la tabla 1 con los valores obtenidos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	68/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 1

Paso	m [g] CaCl ₂ adicionados	m [g] CaCl ₂ Totales	T _{inicial} * [°C]	T _{final} [°C]	ΔT [°C]
1	0	0			
2	1	1			
3	2	3			
4	3	6			
5	4	10			
6	5	15			

* **NOTA:** en todos los casos la temperatura inicial es la del agua sin soluto.

MANEJO DE RESIDUOS

Vierta la disolución de CaCl₂ a la tarja.

ACTIVIDAD 4.

Repita todos los pasos de la ACTIVIDAD 3, empleando en esta ocasión NH₄NO₃ en lugar de CaCl₂. Llene la tabla siguiente con los valores obtenidos:

Tabla 2

Paso	m [g] NH ₄ NO ₃ adicionados	m [g] NH ₄ NO ₃ totales	T _{inicial} * [°C]	T _{final} [°C]	ΔT [°C]
1	0	0			
2	1	1			
3	2	3			
4	3	6			
5	4	10			
6	5	15			

* **NOTA:** en todos los casos la temperatura inicial es la del agua sin soluto.

MANEJO DE RESIDUOS

Vierta la disolución de NH₄NO₃ a la tarja.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	69/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 5.

1. Con base en sus observaciones, determine el signo de ΔH_d para cada uno de los solutos.
2. Para cada uno de los solutos, realice una gráfica de ΔT [°C] vs m_{total} [g], colocando en el eje de las abscisas la variable independiente y en el eje de las ordenadas la variable dependiente.
3. Para cada soluto, obtenga por el método de mínimos cuadrados el modelo matemático que describa el comportamiento del fenómeno observado.
4. Con base en los resultados obtenidos, prediga la cantidad de CaCl_2 que debe agregarse a los 75 [g] de agua destilada para obtener en la mezcla final un incremento de temperatura de 56.7 [°C].
5. Prediga la temperatura final de una mezcla que se preparó con 75 [g] de agua destilada, con una temperatura inicial igual a la de su experimento y 25 [g] de NH_4NO_3 .

7. BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	70/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO ENTALPIA DE DISOLUCIÓN

1. Defina los términos siguientes
 - a) Calor
 - b) Entalpia de disolución
 - c) Entalpia de reacción
 - d) Capacidad térmica específica
 - e) Reacción endotérmica
 - f) Reacción exotérmica

1. Mencione al menos dos propiedades físicas y químicas del cloruro de calcio y del nitrato de amonio.

2. ¿Cómo varía la temperatura de un sistema en un proceso exotérmico y cómo en uno endotérmico?

3. ¿Qué representa el cambio de entalpia asociado con una reacción y qué con una disolución?

4. Al escribir las reacciones termoquímicas, ¿por qué es importante indicar la fase en la que se encuentra cada sustancia?

5. Mencione ¿qué material emplearía para elaborar un calorímetro casero y por qué?

BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	71/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 9

EQUILIBRIO QUÍMICO

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	72/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras en la piel.
3	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

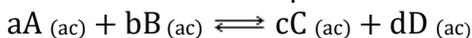
2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

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

3. INTRODUCCIÓN

Se conoce que una reacción química se encuentra en equilibrio químico cuando llega a un momento a partir del cual ya no se presenta ningún cambio en la concentración de reactivos ni de productos a medida que transcurre el tiempo, debido a que las rapidezces 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 puede hacer el siguiente planteamiento:



donde 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:

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

Esta expresión se basa en la ley de acción de masas, la cual relaciona las concentraciones de reactivos y productos en el equilibrio, a una temperatura dada. La constante de equilibrio para una reacción dada se puede calcular partiendo de concentraciones conocidas de reactivos y productos en el equilibrio.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	73/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El valor de K_c permanece constante sólo para una temperatura de equilibrio dada, permitiendo predecir la dirección en la que se desplazará la reacción para lograr el equilibrio 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 Chatelier, el cual 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.

4. MATERIAL Y EQUIPO

- a) 1 tubo de ensayo.
- b) 3 vasos de precipitados de 30[ml].
- c) 1 medidor de pH.
- d) 1 espátula de doble punta.
- e) 1 recipiente de plástico con hielo.
- f) 1 varilla de vidrio.
- g) 1 pipeta graduada de 2 [ml].
- h) 1 pipeta graduada de 1 [ml].
- i) 1 propipeta.
- j) 1 pinza para tubo de ensayo.
- k) 1 parrilla eléctrica.

5. REACTIVOS

- 1) Disolución saturada de bromuro de potasio, KBr.
- 2) Disolución 0.2 [M] de sulfato de cobre, CuSO_4 .
- 3) Disoluciones 0.1 [M], 0.01 [M] y 0.001 [M] de ácido acético, CH_3COOH .
- 4) Acetato de sodio, CH_3COONa .
- 5) Agua destilada.

6. DESARROLLO

ACTIVIDAD 1.

La figura docente verificará que el alumnado posea los conocimientos teóricos necesarios para la realización de la práctica y explicará el manejo de los reactivos que se emplearán

ACTIVIDAD 2

Determinación de la constante de equilibrio.

1. Etiquete tres vasos de precipitados de 30 [ml] con las diferentes disoluciones de ácido acético y transfiera aproximadamente 20 [ml] en cada uno de los vasos.

2. Retire la cubierta protectora de la celda del medidor de pH e introdúzcala en la disolución de 0.001 [M], procurando que la punta del electrodo quede completamente sumergida dentro del líquido (como se muestra en la figura 1). Agite ligeramente el electrodo para

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	74/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

desalojar las burbujas de aire que hayan quedado retenidas en la punta. Seleccione con ayuda de la perilla el pH y enciéndalo.

NOTA: Evite golpear el electrodo con las paredes del vaso de precipitados.

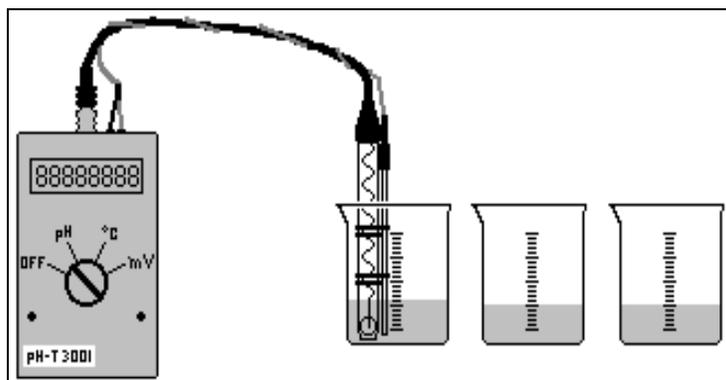


Figura 1

3. Una vez hecha la medición del pH, apague el medidor, saque el electrodo y enjuáguelo con agua destilada.

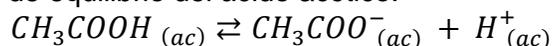
NOTA: En caso de no enjuagar después de cada lectura, la punta del electrodo se obtendrán resultados erróneos.

4. Repita el paso 2 y 3 para determinar el pH de las otras dos disoluciones de ácido acético.

5. Con los datos de pH, llene la tabla siguiente:

Disolución de ácido acético	pH	[H ⁺]	K _a
0.001 [M]			
0.01 [M]			
0.1 [M]			

6. En el apéndice de la práctica encontrará los cálculos que se deberán realizar para determinar la constante de equilibrio del ácido acético.



	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	75/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

MANEJO DE RESIDUOS

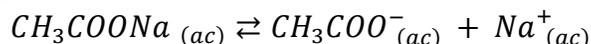
La disolución 0.1 [M] a la que se añadió acetato de sodio debe verterla en la tarja.

Las disoluciones de 0.01 [M] y 0.001 [M] de ácido acético se regresarán a sus respectivos recipientes.

ACTIVIDAD 3

Principio de Le Chatelier (efecto del ion común).

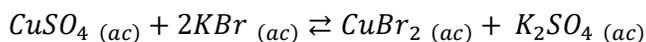
1. Al vaso de precipitados, empleado en la actividad 2, que contiene la disolución 0.1 [M] de ácido acético, se le agrega con la punta de la espátula una pequeña cantidad de acetato de sodio sólido; se agita hasta la total disolución. Determine el pH y calcule la concentración molar del ion H⁺.
2. Compárelo con el obtenido en el punto 4 de la actividad 2 e indique hacia dónde se desplaza el equilibrio.



ACTIVIDAD 4.

Principio de Le Chatelier (efecto del cambio de temperatura).

1. Con ayuda de la pipeta y propipeta, adicione 2 [ml] de la disolución de CuSO₄ en un tubo de ensayo y con otra pipeta, adicione 0.5 [ml] de la disolución de KBr al mismo tubo.



(azul)

(verde)

2. Coloque la disolución anterior en un baño de hielo y agua (aproximadamente 5 minutos) y agítela. Anote sus observaciones e indique hacia dónde se desplaza el equilibrio en la reacción.
3. En uno de los vasos de precipitados, agregue aproximadamente 20 [ml] de agua de la llave y colóquelo sobre la parrilla para obtener un baño de agua caliente (no permita que el agua alcance su temperatura de ebullición).
4. Con ayuda de las pinzas, ponga el tubo de ensayo en el baño de agua caliente y anote sus observaciones. Indique hacia dónde se desplaza el equilibrio en la reacción.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	76/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Infiera si la formación de $\text{CuBr}_{2(\text{ac})}$ y $\text{K}_2\text{SO}_{4(\text{ac})}$ es un proceso endotérmico o exotérmico, respectivamente.

MANEJO DE RESIDUOS

El contenido del tubo de ensayo se vierte en el vaso etiquetado como RESIDUOS DE CuBr_2 .

7. BIBLIOGRAFÍA.

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	77/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO EQUILIBRIO QUÍMICO

1. ¿Qué es una reacción reversible?
2. ¿Cuáles son los factores que afectan al equilibrio químico?
3. ¿Qué establece el principio de Le Chatelier?
4. Suponiendo que la reacción reversible siguiente se lleva a cabo en un sistema cerrado:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(l)} + D_{(l)}$$
5. Indique hacia dónde se desplaza el equilibrio si:
 - a) Hay una disminución de presión.
 - b) Se adiciona $A_{(g)}$ a la mezcla de reacción.
6. ¿Cuál es la expresión matemática para calcular el pH de un ácido débil?
7. ¿Qué es un ácido monoprótico?
8. Investigue cuál es el valor de la constante de acidez del ácido acético en condiciones estándar.

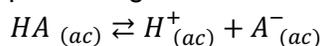
BIBLIOGRAFÍA.

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	78/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 [M], se pueden establecer entonces las relaciones siguientes:

	$HA_{(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)} + A^-_{(ac)}$		
Tiempo inicial (t_0)	C	0.0	0.0
Tiempo de equilibrio (t_{eq})	C-x	x	x

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

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

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

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

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 .

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	79/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 10

ELECTROQUÍMICA.

ELECTRÓLISIS DE DISOLUCIONES ACUOSAS Y CONSTANTE DE AVOGADRO

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	80/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Termómetro.	La densidad del mercurio puede romper la ampolla donde está contenido. La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzocortantes e intoxicación.
3	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

2. OBJETIVOS

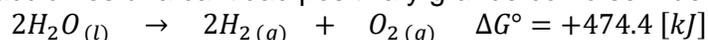
EL ALUMNADO:

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 el rendimiento de la reacción.
4. Determinará experimentalmente el valor del número de Avogadro.

3. INTRODUCCIÓN

En la conducción electrolítica, la carga eléctrica es transportada por iones, y no ocurrirá a menos que los iones del electrolito puedan moverse libremente. La conducción electrolítica se da principalmente en las sales fundidas y en las disoluciones acuosas de electrolitos, al contrario de una reacción redox espontánea, que da lugar a la conversión de energía química en energía eléctrica. La electrólisis es un proceso en el cual la energía eléctrica se utiliza para provocar una reacción química que no es espontánea.

El agua en condiciones normales (101.325 [kPa] y 25 [°C]) no se disocia espontáneamente para formar hidrógeno y oxígeno gaseosos, porque el cambio de energía libre estándar para la reacción es una cantidad positiva y grande como se muestra en la reacción siguiente:



Sin embargo, esta reacción puede inducirse al electrolizar el agua en un aparato para electrólisis de Hofmann. Este aparato consiste en dos electrodos hechos de un material

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	81/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

poco reactivo, como el platino, sumergidos en agua. Cuando los electrodos se conectan a una fuente de energía eléctrica, aparentemente no sucede nada, porque en el agua pura no existen los suficientes iones para transportar una cantidad apreciable de corriente eléctrica (el agua pura contiene concentraciones de 1×10^{-7} [M] de iones H^+ y 1×10^{-7} [M] de iones OH^-).

En el laboratorio de química puede llevarse al cabo la electrólisis de disoluciones de ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, sulfato de potasio, cloruro de sodio, etc. En ésta práctica se utilizará una disolución de hidróxido de sodio para aumentar la concentración de los iones OH^- .

Por otra parte, la cantidad de corriente involucrada en la electrólisis del agua permite determinar el valor de la constante de Avogadro a través de la relación que se establece entre el número de electrones involucrados en la electrólisis y el número de moles de electrones que oxidan a los iones OH^- para producir oxígeno gaseoso.

4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) Aparato de Hofmann constituido por los elementos siguientes:
 - i. Un soporte con varilla.
 - ii. Una placa de sujeción con anillo metálico.
 - iii. Un contenedor de vidrio de 250 [ml] con manguera de conexión.
 - iv. Dos electrodos de platino.
 - v. Dos buretas de vidrio de 50 [ml] con llave de teflón, unidas mediante un tubo de vidrio.
- b) Una fuente de diferencia de potencial baja (PASCO SF-9584, 0-21 [V] DC).
- c) Un multímetro digital WAVETEK.
- d) Tres cables de conexión banana-banana.
- e) Un cronómetro.
- f) Termómetro de -10 [°C] a 120 [°C]

5. REACTIVOS

- 1) 250 [ml] de disolución al 10 % m/m de hidróxido de sodio, NaOH.

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 del equipo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	82/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

ACTIVIDAD 2.

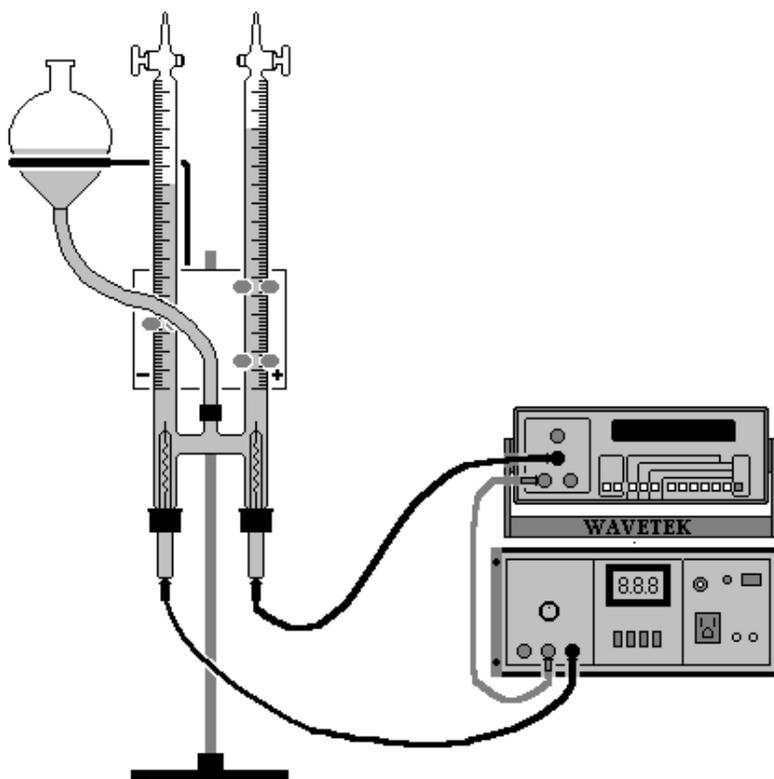
PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA ELECTRÓLISIS DEL AGUA

El procedimiento para llevar a cabo la electrólisis del agua comprende los puntos siguientes:

Armado del aparato de Hofmann

1. Atornille firmemente la varilla al soporte y sujete la placa de sujeción a la varilla.
2. Coloque el anillo metálico en la parte posterior de la placa de sujeción (atornille firmemente). Posteriormente, embone primero la bureta izquierda en el sujetador izquierdo, verificando que la graduación quede al frente.
3. Embone la bureta derecha en los sujetadores restantes, empezando por el sujetador superior y suba las buretas lo necesario para poder colocar los electrodos, verificando que éstos queden bien sujetos y lo más verticalmente posible.
4. Conecte la manguera al contenedor y coloque éste en el anillo metálico.
5. Conecte el otro extremo de la manguera a la entrada que se encuentra entre las dos buretas, de tal manera que la manguera pase por el frente de ellas. El sistema experimental constituido por el aparato de Hofmann, la fuente de diferencia de potencial baja, el multímetro y los cables de conexión, quedará dispuesto como se muestra en la figura siguiente.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	83/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



6. Una vez armado el dispositivo experimental, adicione la disolución de hidróxido de sodio en el contenedor; al adicionar, cuide que las llaves de ambas buretas estén abiertas.
7. Para llenar adecuadamente las buretas, suba el contenedor hasta que el nivel del líquido llegue al nivel de la llave. En ese momento cierre las llaves de las buretas.

Puesta a punto del dispositivo experimental

1. Compruebe que la fuente de poder se encuentre apagada, con la perilla en la lectura mínima y oprimido el botón 0-24 V DC; posteriormente conecte la fuente.
2. Conecte los tres cables banana-banana como se muestra en la figura anterior.
3. Asegúrese de que el multímetro se encuentre apagado y con todos los botones hacia afuera. A continuación, encienda el multímetro y la fuente.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	84/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Para tomar las lecturas de corriente en el multímetro debe oprimir los botones siguientes: el cuarto de izquierda a derecha (selector de amperes), el tercero de derecha a izquierda (escala de lectura de 2 [A]) y el primero de izquierda a derecha (valor cuadrático promedio).

Toma de lecturas

- Con el cronómetro en mano empiece a medir el tiempo y ajuste lo más rápidamente posible la fuente a 20.0 [V].
- El sistema debe permanecer en funcionamiento continuo durante 3 minutos (180 [s]), anotando en la tabla 1 la primera y la última lectura de la corriente (I) que se observe en el multímetro. Para realizar los cálculos que permitan determinar las cantidades teóricas del producto obtenido, utilice el promedio de las lecturas anteriores.
- Una vez transcurrido el tiempo deseado, apague la fuente.
- Espere hasta que en el interior del aparato no se tengan burbujas; entonces, desmonte el contenedor de la disolución y muévelo hasta que el nivel de la disolución en el contenedor se encuentre a una altura intermedia entre el nivel del hidrógeno y el nivel del oxígeno; posteriormente, anote el valor de los mililitros de hidrógeno (V_{H_2}) y de oxígeno obtenidos (V_{O_2}).

Tabla 1

Tiempo [s]	V [V]	I [A]	V_{H_2} [ml]	V_{O_2} [ml]
0	20		0	0
180	20			

Apagado del equipo

- Ponga todos los botones del multímetro hacia afuera y desconéctelo. Por otro lado, apague la fuente, desconéctela y desconecte los cables banana-banana.
- Para mezclar la disolución, abra las llaves de las buretas y sujetando con una mano el anillo metálico, destorníllelo. Posteriormente, mezcle la disolución con movimientos de ascenso y descenso del contenedor.

NOTA: En el apéndice de esta práctica se encuentra el tratamiento teórico para determinar la masa de sustancia producida en cada uno de los electrodos y el valor experimental del número de Avogadro.

MANEJO DE RESIDUOS

Al final del día se debe retirar la disolución de NaOH del interior del equipo y almacenarla para su reutilización en la siguiente sesión.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	85/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. BIBLIOGRAFÍA

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	86/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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**

1. Diga en qué consiste:
 - a) Un proceso electrolítico
 - b) Un proceso electroquímico.
2. Dé dos aplicaciones cotidianas de cada uno de los procesos anteriores.
3. Enuncie las leyes de Faraday.
4. ¿Qué es y para qué sirve el aparato de Hofmann?
5. ¿Qué se entiende por una reacción de óxido – reducción?
6. Escriba las reacciones de oxidación y de reducción que se llevan a cabo en la electrólisis de las sales fundidas siguientes:
 - a) Cloruro de sodio, NaCl.
 - b) Bromuro de potasio, KBr.
 - c) Cloruro áurico, AuCl₃.

BIBLIOGRAFÍA

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

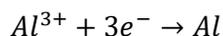
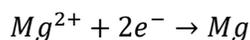
	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	87/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

APÉNDICE

ASPECTOS CUANTITATIVOS DE LA ELECTRÓLISIS

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.

Por ejemplo: para las reacciones siguientes, se requieren 2 [mol] de electrones para producir 1 [mol] de Mg metálico y 3 [mol] de electrones para producir 1 [mol] de Al metálico.



Por lo tanto, se requieren (en el cátodo):

2 [F] para depositar 1 [mol] de Mg y,

3 [F] para depositar 1 [mol] de Al

Donde [F] es el Faraday, cuyo valor corresponde aproximadamente a 96 485.332 [C] y representa la carga eléctrica de 1 [mol] de electrones.

En un experimento de electrólisis generalmente se mide la corriente, en [A], que fluye por el sistema en un intervalo de tiempo dado. La relación entre la carga eléctrica, la corriente y el tiempo es:

$$1 [C] = (1 [A]) (1 [s])$$

Un coulomb es la cantidad de carga eléctrica que pasa en cualquier punto del circuito en un segundo cuando la corriente es un amperio.

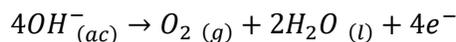
DETERMINACIÓN DE LAS CANTIDADES DE MASA QUE SE PRODUCEN

En el ejemplo siguiente se muestra cómo pueden realizarse los cálculos de las cantidades de sustancias producidas en la electrólisis del agua.

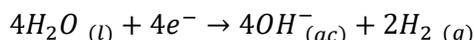
	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	88/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Cuando se hace pasar una corriente de 0.4 [A] durante 0.5 [h] a través de una disolución de hidróxido de sodio al 10 % m/m, se obtienen 120 [cm³] de H₂ gaseoso y 59 [cm³] de O₂ gaseoso medidos a 580 [mm] Hg y 25 [°C]. Escriba las reacciones que se llevan a cabo en cada uno de los electrodos y calcule la cantidad de productos (en gramos) que se debió de formar en los electrodos.

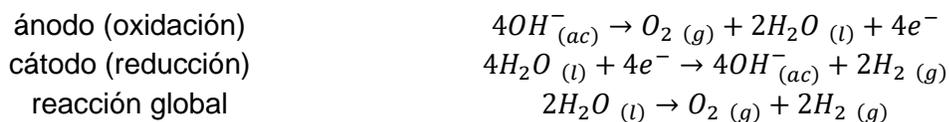
Resolución: El proceso en el ánodo es



mientras que en el cátodo se tiene



La reacción global está dada por:



Las cantidades que se forman de H₂ y de O₂ gaseosos dependen del número de electrones que pasan a través del sistema que, a su vez, depende de la corriente y el tiempo.

$$Carga [C] = (0.4 [A])(0.5 [h]) \left(\frac{3600 [s]}{1 [h]} \right) \left(\frac{1 [C]}{1 [A \cdot s]} \right) = 720 [C]$$

Ya que 1 [F] = 96 485.332 [C], y que se requieren 4 [F] para producir 2 [mol] de H₂, la masa del H₂ que se debió formar en el cátodo se calcula de la forma siguiente:

$$m [g] H_2 = 720 [C] \left(\frac{1 [F]}{96\,485.332 [C]} \right) \left(\frac{2 [mol] H_2}{4 [F]} \right) \left(\frac{2 [g] H_2}{1 [mol] H_2} \right) = 7.4622 \times 10^{-3} [g] H_2$$

La reacción en el ánodo indica que se produce 1 [mol] de O₂ por cada 4 [F]. Por lo tanto, la masa que se debió formar de O₂ es:

$$m [g] O_2 = 720 [C] \left(\frac{1 [F]}{96\,485.332 [C]} \right) \left(\frac{1 [mol] O_2}{4 [F]} \right) \left(\frac{32 [g] O_2}{1 [mol] O_2} \right) = 59.6981 \times 10^{-3} [g] O_2$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	89/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE AVOGADRO

La expresión que se emplea para calcular el valor de la constante de Avogadro (N_A) es la siguiente:

$$N_A = \frac{\# e}{n_e}$$

donde:

$\# e$ = cantidad de electrones empleados en el proceso

n_e = moles de electrones empleados en el proceso

Para calcular la cantidad de electrones empleados en el proceso, se emplea la expresión siguiente:

$$\# e = \frac{X [C]}{e}$$

donde, $X [C]$ es la cantidad de carga eléctrica involucrada en el proceso y e es la carga eléctrica fundamental. Así, para este problema, se tiene:

$$\# e = \frac{720 [C]}{1.6022 \times 10^{-19} [C]} = 4.4938 \times 10^{21} \text{ electrones}$$

Por otro lado, los moles de electrones empleados se calculan considerando al hidrógeno como un gas ideal y suponiendo que la presión a la que se encuentra es la presión ambiente; tal que se emplea la expresión siguiente:

$$n_{H_2} = \frac{P_{CDMX} \cdot V_{exp}}{R \cdot T_{amb}}$$

donde:

n_{H_2} = Moles de H_2

P_{CDMX} = Presión atmosférica en la Ciudad de México, en [atm].

V_{exp} = Volumen de hidrógeno obtenido experimentalmente, en [L].

T_{amb} = Temperatura a la cual se realiza el experimento, en [K].

R = Constante de los gases ideales, en $\left[\frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}\right]$.

Para el problema, se tendría:

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	90/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$n_{H_2} = \frac{(0.7631 \text{ [atm]})(0.120 \text{ [L]})}{\left(0.08205 \frac{\text{[L} \cdot \text{atm]}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)(298.15 \text{ [K]})} = 3.7432 \times 10^{-3} \text{ [mol] } H_2$$

Por cada 1 [mol] de H₂ que se obtiene, se emplean 2 [mol] de electrones; por lo tanto, la cantidad de moles de electrones empleada en el experimento es de 7.4865x10⁻³ [mol] de electrones.

Finalmente, para calcular el valor de la constante de Avogadro se tendría:

$$N_A = \frac{4.4938 \times 10^{21} \text{ [electrones]}}{7.4865 \times 10^{-3} \text{ [mol] de electrones}} = 6.0025 \times 10^{23} \text{ [electrones/mol]}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	91/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 11

CONSTRUCCIÓN DE UNA PILA

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	92/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
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 inadecuadamente puede romperse en fragmentos filosos.
2	Sustancias químicas.	Su manipulación requiere lavarse las manos al finalizar la práctica.

2. OBJETIVOS

EL ALUMNADO:

1. Construirá una pila.
2. Identificará las reacciones que se llevan a cabo en el cátodo y en el ánodo, respectivamente.
3. Medirá la fuerza electromotriz de la pila construida.
4. Determinará el porcentaje de error de la fuerza electromotriz de la pila.
5. Medirá la fuerza electromotriz de las pilas construidas conectadas en serie.
6. Medirá la fuerza electromotriz de las pilas construidas conectadas en paralelo.

3. INTRODUCCIÓN

La electroquímica es la parte de la química que estudia la interrelación entre la energía eléctrica y la energía química. Los procesos que se basan en reacciones de oxidación y reducción implican la transferencia de electrones de una sustancia a otra. Se dice que una sustancia se oxida cuando pierde electrones, y se reduce cuando gana electrones. Una oxidante toma electrones de otra sustancia y se reduce. Un reductor cede electrones a otra especie y en este proceso se oxida. Los electrones que participan en una reacción de oxidación-reducción pueden hacerse fluir por un circuito eléctrico.

Una pila galvánica o voltaica (llamada así en honor a Luigi Galvani y Alessandro Volta, quienes desarrollaron las primeras pilas de este tipo) es un dispositivo experimental para producir energía eléctrica mediante una reacción óxido-reducción espontánea.

4. EQUIPO Y MATERIAL

- a) 2 vasos de precipitados de 30 [ml].
- b) 2 cables caimán - caimán.
- c) 2 cables de conexión banana-banana.
- d) 1 lija de agua, delgada.
- e) 1 multímetro digital WAVETEK.
- f) 1 tira de papel filtro de 15 [cm] x 1 [cm], aproximadamente.
- g) 1 pinza para cristales.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	93/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. REACTIVOS

- 1) 1 placa de cobre.
- 2) 1 placa de cinc.
- 3) Disolución 1 [M] de sulfato de cobre, CuSO_4 .
- 4) Disolución 1 [M] de sulfato de cinc, ZnSO_4 .
- 5) Disolución 1 [M] de cloruro de potasio, KCl .

6. 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 material y de los reactivos químicos.

ACTIVIDAD 2

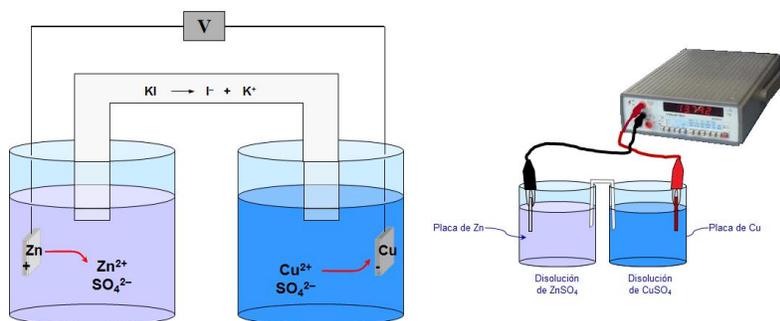
Si las placas se encuentran oxidadas, se recomienda eliminar dicho óxido lijándolas con la lija de agua, lo cual se aprecia cuando las placas quedan con brillo.

ACTIVIDAD 3

1. Adicione aproximadamente 20 [ml] de la disolución 1 [M] de sulfato de cobre, CuSO_4 , en uno de los vasos de precipitados y en el otro vaso de precipitados, adicione aproximadamente 20 [ml] de la disolución 1 [M] de sulfato de cinc, ZnSO_4 .
2. Por otra parte, asegúrese de que el multímetro se encuentre apagado y con todos los botones hacia fuera.
3. Tome los cables banana-banana y conecte el cable rojo al borne rojo y el cable negro al borne negro que se encuentran en el lado izquierdo superior del multímetro.
4. Tome los cables caimán-caimán y utilícelos para conectar los cables del multímetro a los electrodos. El cable rojo a la lámina de cobre y el cable negro a la lámina de cinc.
5. Con mucho cuidado, sin dejar caer los electrodos o salpicar las disoluciones, introduzca cada placa de metal en la disolución de su catión correspondiente; cuide que las placas de metal no toquen la pared o el fondo del vaso de precipitados. Evite que los caimanes se mojen.
6. Humedezca la tira de papel filtro en la disolución de cloruro de potasio, KCl 1 [M] ayudándose de las pinzas para cristales y coloque cada extremo de éste dentro de cada disolución de cationes, para tener el puente salino. Asegúrese de que el papel filtro no toque las láminas de metal.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	94/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

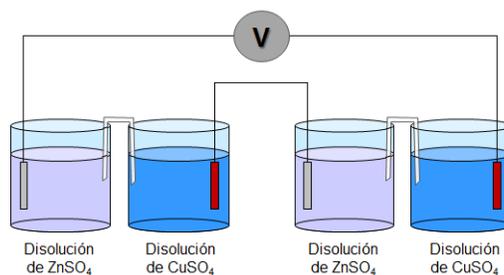
7. Conecte y encienda el multímetro. Enseguida oprima el botón de voltaje o potencial (tercer botón de izquierda a derecha) y el botón que indica 2 (sexto botón de derecha a izquierda). Anote la lectura que indica el equipo, según se muestra en la figura siguiente.



8. Sin apagar el multímetro, quite el puente salino y anote sus observaciones.

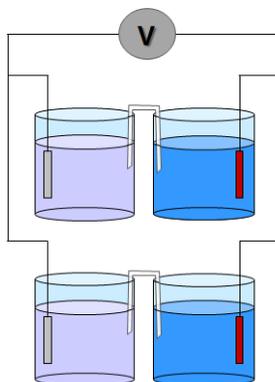
ACTIVIDAD 4

1. Con las pilas construidas por las brigadas, realice su conexión en serie y mida la fuerza electromotriz del arreglo, según se muestra en la figura siguiente. Anote la lectura.



2. Desconecte las pilas y ahora realice la conexión en paralelo y mida la fuerza electromotriz del arreglo, que aparece en la figura siguiente. Anote la lectura.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	95/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Química		
La impresión de este documento es una copia no controlada			



ACTIVIDAD 5

1. Identifique cuál de los metales utilizados actúa como el cátodo y cuál como el ánodo. Justifique su respuesta.
2. Escriba la reacción que sucede en el ánodo y en el cátodo de la pila.
3. Escriba la reacción global de la pila.
4. Escriba el diagrama de la pila con los metales empleados.
5. Calcule la fuerza electromotriz de la pila construida, consultando los valores de potenciales estándar de reducción de las sustancias utilizadas.
6. Calcule el porcentaje de error de la fuerza electromotriz obtenida.
7. Identifique y explique cuáles pueden ser las causas de los resultados obtenidos.
8. Compare los valores obtenidos de la fuerza electromotriz de la conexión en serie y en paralelo de las pilas y justifique la razón de dichos resultados.

MANEJO DE RESIDUOS

Las disoluciones de CuSO_4 y ZnSO_4 se devuelven a sus respectivos recipientes.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	96/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

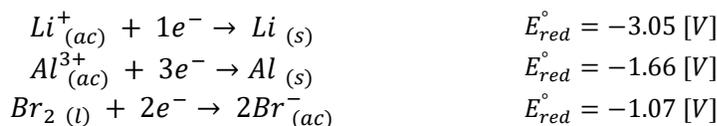
7. BIBLIOGRAFÍA

1. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). Química.
2. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
3. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
4. Garritz, A., Gasque, L., & Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. *

	Manual de prácticas del Laboratorio de Química	Código:	MADO-12
		Versión:	03
		Página	97/97
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Química	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CUESTIONARIO PREVIO CONSTRUCCIÓN DE UNA PILA

1. Investigue ¿Cuál es la contribución de Luigi Galvani y Alessandro Volta en la electroquímica?
2. ¿Qué es una pila y cuáles son los elementos básicos que la constituyen?
3. Investigue ¿Cómo funciona una pila?
4. Defina los conceptos siguientes:
 - a) Oxidación
 - b) Reducción
 - c) Agente oxidante
 - d) Agente reductor
 - e) Fuerza electromotriz o diferencia de potencial
 - f) Potencial estándar de reducción
5. ¿Qué es una pila recargable?
6. Si tuviera que construir una pila que generara la mayor cantidad de energía eléctrica
7. ¿Cuáles de los siguientes pares de óxido-reducción seleccionaría? Justifique su respuesta.



BIBLIOGRAFÍA

5. Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). Química.
6. Brown, T. L., Le May, H. E., & Burnsten, B. E. (2014). *Química: la ciencia central*.
7. Russell, J. B., & Larena, A. (1988). *Química*.
8. Garritz, A., Gasque, L., & Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. *