



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC
DIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

Manual de Prácticas de Laboratorio Integral 3 Octavo semestre

INGENIERÍA QUÍMICA

Octubre, 2021



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



**Tecnológico de Estudios Superiores de
Ecatepec**

División de Ingeniería Química y bioquímica

Manual de prácticas de laboratorio
Laboratorio Integral III
Ingeniería Química

Clave de la asignatura IQN-1012

Docente Responsable: Dr. Gastón Martínez de Jesús

Jefa de División: M. en I.Q. Judith Cervantes Ruiz



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Septiembre, 2021

Índice

	Página
Práctica 1. Intercambiadores de calor	3
Práctica 2. Evaporadores	9
Práctica 3. Cristalización	15
Práctica 4. Humidificación	21
Práctica 5. Destilación	28
Práctica 6. Extracción líquido-líquido	34



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Práctica 1. Intercambiadores de calor

CARRERA (S):	Ingeniería Química		
NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Laboratorio Integral III		
NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA	0-6-6		
NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE	Transferencia de calor.		
TEMA(S)	Coeficientes globales de transferencia de calor en intercambiadores de calor.		
COMPETENCIA POR DESARROLLAR	<p>Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para comunicar de manera escrita los resultados de su experimentación. • Capacidad de análisis crítico y toma de decisiones con base en los elementos teóricos adquiridos, que permitan operar en forma segura los equipos utilizados. • Capacidad de organización y planificación de los trabajos experimentales. • Capacidad para trabajar en forma colaborativa <p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la capacidad de obtención de datos experimentales y su interpretación de acuerdo con los equipos de transferencia de calor en un ambiente controlado de laboratorio. • Evaluar y realizar experimentos en intercambiadores de calor para obtener información referente a su diseño, operación y análisis. 		
NO. DE PRACTICA	1.	DURACION (HORAS)	16

ANTECEDENTES

Un intercambiador de calor es un equipo utilizado para facilitar la transferencia de calor de un fluido caliente a uno frío; ambos fluidos viajan separados por una pared, lo que impide se mezclen.

El movimiento de los fluidos favorece a que el mecanismo de transferencia de calor dominante, en el seno cada fluido, sea la convección, sin embargo, la conducción también se presenta debido a que el calor se transfiere a través de la pared que separa a los fluidos. Se define el coeficiente de transferencia de calor total (U) para tomar en cuenta los



mecanismos de transferencia de calor involucrados.

La magnitud de la transferencia de calor depende de la diferencia de temperatura local, la cual varía a lo largo de la longitud del intercambiador. Por ello, es conveniente definir la diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD).

Otros aspectos importantes en el análisis, diseño y operación de intercambiadores de calor son la configuración geométrica y la presencia de incrustaciones.

De acuerdo con el arreglo de flujo, los intercambiadores de calor pueden clasificarse como:

- Flujo paralelo
- Contra flujo
- Flujo cruzado

De acuerdo con su construcción pueden clasificarse como:

- Concéntricos
- Tubo y coraza
- De placas

Las aplicaciones de los intercambiadores de calor son muy variadas y reciben diferentes nombres:

OBJETIVOS

- Conocer las características y parámetros de operación y diseño de un intercambiador de calor operando en flujo en paralelo y contra flujo.
- Analizar el flujo de calor de intercambiadores de calor operando flujo en paralelo y en contra flujo.
- Evaluar el coeficiente global de transferencia de calor teórico y experimental.

PREGUNTA GENERADORA

¿Qué parámetros se requieren para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor en equipos de intercambio?

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

1. Instalar el intercambiador de calor (placas, tubo y coraza y tubos concéntricos) de acuerdo al manual de operación. Si existe duda consulte con su profesor.
2. Colocar las conexiones de entradas y salidas de agua correctamente a la unidad de transferencia de calor
3. Poner a calentar agua
4. Llenarlo de la entrada de agua caliente y fría
5. Tomar lecturas de flujo y temperaturas



- Intercambiador de Calor (placas, tubo y coraza y tubos concéntricos, bomba, vaso de precipitados, cronometro, mangueras, calentador de agua, Agua.

EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA

Mediante el cálculo necesario determina el coeficiente global de transferencia de calor.

DIAGRAMA:



FÓRMULAS A UTILIZAR PARA LOS 3 INTERCAMBIADORES DE CALOR:

$$\Delta T_{mlog} = \frac{\Delta T_{sal} - \Delta T_{ent}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{sal}}{\Delta T_{ent}}\right)}$$

donde:

ΔT_{sal} = diferencia de temperaturas de salida
 ΔT_{ent} = diferencia de temperaturas de entrada

$$q = uA\Delta T_{mlog}$$

donde:

u = coeficiente global de transferencia de calor
 A = área del intercambiador de calor
 ΔT = diferencia de temperaturas

$$q = \dot{m}C_p\Delta T$$

donde:

\dot{m} = flujo másico
 C_p = capacidad calorífica
 ΔT = diferencia de temperaturas
 $\dot{m} = \rho\dot{V}$

donde:

\dot{m} = flujo másico
 ρ = densidad



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



\dot{V} = flujo volumétrico

Reporte de la práctica

Mencionar y ejemplificar procesos de carácter industrial que demanden el uso de intercambiadores de calor.

INSTRUMENTO DE EVALUACION (LISTA DE COTEJO y RUBRICA)

Rúbrica para evaluación de desempeño individual (30% de la evaluación)

Criterio de evaluación		Cumplimiento	
		Cumple	No cumple
Liderazgo	El alumno fue propositivo trabajan de forma colaborativa y es proactivos al realizar las actividades. Proponen soluciones fundamentadas a problemas críticos que se presentan en el desarrollo de la práctica correspondiente.		
Desempeño	Mantiene su área de trabajo en orden y limpia durante el desarrollo y al finalizar la sesión. Respeta a sus compañeros, las instalaciones y al profesor		
Disertación oral y creatividad	Utiliza el lenguaje adecuado para colaborar, propone y responde cuestionamientos que se presentan en el desarrollo de la practica		

Rúbrica de evaluación para reporte de práctica (70% de la evaluación).

CATEGORIA	Puntaje de acuerdo con desempeño alcanzado				Puntaje asignado
	4	3	2	1	
Resumen	El resumen describe las destrezas aprendidas, la información aprendida y algunas aplicaciones futuras a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida y una posible aplicación a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida.	No hay resumen escrito.	
Conceptos Científicos	El reporte representa un preciso y minucioso entendimiento de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un preciso entendimiento de la mayoría de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte ilustra un entendimiento limitado de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un entendimiento incorrecto de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



Metodología	Los procedimientos están enlistados con pasos claros. Cada paso está enumerado y es una oración completa.	Los procedimientos están enlistados en un orden lógico, pero los pasos no están enumerados y/o no son oraciones completas.	Los procedimientos están enlistados, pero no están en un orden lógico o son difíciles de seguir.	Los procedimientos no enlistan en forma precisa todos los pasos del experimento.	
Cálculos	Se muestra todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados están etiquetados apropiadamente.	No se muestra ningún cálculo.	
Análisis y discusiones	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente. Las predicciones son hechas sobre lo que podrá pasar si parte del laboratorio fuese cambiado o cómo podría ser cambiado el diseño experimental.	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente.	La relación entre las variables es discutida, pero ni los patrones, tendencias o predicciones son hechos basados en los datos.	La relación entre las variables no es discutida.	
Conclusión	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis, posibles fuentes de error y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye lo que fue aprendido del experimento.	No hay conclusión incluida en el informe.	
Fuentes de Antecedentes	Varias fuentes de antecedentes de renombre son usados y citados correctamente. El material es traducido en las propias palabras de los estudiantes.	Unas pocas fuentes de antecedentes de renombre son usadas y citadas correctamente. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	Unas pocas fuentes de antecedentes son usadas y citadas correctamente, pero algunas fuentes no son de renombre. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	El material es directamente copiado en lugar de ponerlo en palabras propias y/o las fuentes de antecedentes están citadas incorrectamente.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Ortografía, Puntuación y Gramática	Uno o pocos errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Dos ó tres errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Cuatro errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Más de 4 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	
Dibujos / Diagramas	Se incluye diagramas claros y precisos que facilitan la comprensión del experimento. Los diagramas están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas que están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas y éstos están etiquetados.	Faltan diagramas importantes o faltan etiquetas importantes.	
Diseño Experimental	El diseño experimental es una prueba bien-construida de la hipótesis presentada.	El diseño experimental es adecuado para la prueba de la hipótesis, pero deja algunas preguntas sin responder.	El diseño experimental está relacionado a la hipótesis, pero no es una prueba completa.	El diseño experimental no está relacionado a la hipótesis.	

BIBLIOGRAFÍA

Geankoplis C. (2003). Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations). Prentice Hall; 4 edition. USA

Holman J. (2009). Heat Transfer. McGraw-Hill Science/Engineering/Math. USA

Kern. D. (1980). Procesos de transferencia de calor. CECOSA. Mexico.

Theodore L. (2011). Heat Transfer Applications for the Practicing Engineer. Wiley; 1 edition. USA

Welty J. Wicks C. (2007). Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer. Wiley; 5 edition. USA.



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



CARRERA (S):	Ingeniería Química		
NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Laboratorio Integral III		
NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA	0-6-6		
NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE	Evaporación		
TEMA(S)	Operación de evaporadores		
COMPETENCIA A DESARROLLAR	<p>Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para comunicar de manera escrita los resultados de su experimentación. • Capacidad de análisis crítico y toma de decisiones con base en los elementos teóricos adquiridos, permitan operar en forma segura los equipos utilizados. • Capacidad de organización y planificación de los trabajos experimentales. • Capacidad para trabajar en forma colaborativa • Habilidad para búsqueda de información. <p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la capacidad de obtención de datos experimentales y su interpretación de acuerdo con los equipos evaporación en un ambiente controlado de laboratorio. • Evaluar y realizar experimentos en equipos de evaporación para obtener información para su diseño, operación y análisis. 		
NO. DE PRACTICA	2	DURACION (HORAS)	14 Horas

Práctica 2. Evaporadores

ANTECEDENTES

La evaporación consiste en la adición de calor a una solución para evaporar el disolvente que, por lo general, es agua. El vapor formado se evacua o desecha para obtener una solución más concentrada. Usualmente, el calor es suministrado por condensación de un vapor (como vapor de agua) en contacto con una superficie metálica, la cual a su vez está en contacto con el líquido desde su otra cara.

Entre los ejemplos típicos de procesos de evaporación están la concentración de soluciones acuosas de azúcar, cloruro de sodio, hidróxido de sodio, glicerina, gomas, leche y jugo de naranja. En estos casos, la solución concentrada es el producto deseado. En



otros, el agua que contiene pequeñas cantidades de minerales se evapora para obtener agua libre de sólidos que se emplea en la alimentación de calderas, para procesos químicos especiales, o para otros propósitos. Ocasionalmente, el principal objetivo de la evaporación consiste en concentrar una solución de manera que al enfriarse se formen cristales que puedan separarse.

La velocidad de transferencia de calor (q) a través de la superficie de calentamiento de un evaporador, es el producto de tres factores: el área (A) de la superficie de transferencia de calor; el coeficiente global de transferencia de calor (U), y la caída global de temperatura ΔT ; dichos factores se agrupan en la siguiente expresión.

$$q = UA\Delta T$$

El tipo de equipo usado depende tanto de la configuración de la superficie para la transferencia de calor como de los medios utilizados para lograr la agitación o circulación del líquido.

El coeficiente total de transferencia de calor U en un evaporador está constituido por el coeficiente del lado del vapor que se condensa, por la pared metálica, que tiene una conductividad térmica alta y casi siempre una resistencia despreciable; por la resistencia de las incrustaciones en el lado del líquido, y por el coeficiente de la película líquida, que por lo general se forma en el interior de los tubos.

OBJETIVOS

- Conocer las características y parámetros de operación y diseño de un evaporador.
- Evaluar el coeficiente global de transferencia de calor teórico y experimental de un evaporador.

PREGUNTA GENERADORA. ¿Que fenómenos de transferencia están involucrados en la operación unitaria evaporación?

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

La planeación del trabajo de laboratorio se describe a continuación considerando el tiempo asignado para esta práctica.

- 1.- Consideraciones teóricas del proceso.
Conocimiento y manejo del equipo.
Diagrama del proceso. (3.5 horas)
- 2.- Operación del equipo (según manual de operación)
obtención de datos experimentales. (7 horas)
- 3.- Análisis y discusión de resultados
Observaciones y conclusiones. (3.5 horas)



EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA

- 1.- Tabla de datos experimentales
2. - Cálculos de balance de materia y energía del proceso
- 3.- Informe escrito.
- 4.- Descripción de la importancia de la evaporación, citando algunos ejemplos de importancia industrial.

INSTRUMENTO DE EVALUACION (LISTA DE COTEJO y RUBRICA)

Rúbrica para evaluación de desempeño individual (30% de la evaluación)

Criterio de evaluación		Cumplimiento	
		Cumple	No cumple
Liderazgo	El alumno fue propositivo trabajan de forma colaborativa y es proactivos al realizar las actividades. Proponen soluciones fundamentadas a problemas críticos que se presentan en el desarrollo de la práctica correspondiente.		
Desempeño	Mantiene su área de trabajo en orden y limpia durante el desarrollo y al finalizar la sesión. Respeta a sus compañeros, las instalaciones y al profesor		
Disertación oral y creatividad	Utiliza el lenguaje adecuado para colaborar, propone y responde cuestionamientos que se presentan en el desarrollo de la practica		

Rúbrica de evaluación para reporte de práctica (70% de la evaluación).

CATEGORIA	Puntaje de acuerdo con desempeño alcanzado				Puntaje asignado
	4	3	2	1	
Resumen	El resumen describe las destrezas aprendidas, la información aprendida y algunas aplicaciones futuras a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida y una posible aplicación a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida.	No hay resumen escrito.	
Conceptos Científicos	El reporte representa un preciso y minucioso entendimiento de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un preciso entendimiento de la mayoría de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte ilustra un entendimiento limitado de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un entendimiento incorrecto de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	



MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Metodología	Los procedimientos están enlistados con pasos claros. Cada paso está enumerado y es una oración completa.	Los procedimientos están enlistados en un orden lógico, pero los pasos no están enumerados y/o no son oraciones completas.	Los procedimientos están enlistados, pero no están en un orden lógico o son difíciles de seguir.	Los procedimientos no enlistan en forma precisa todos los pasos del experimento.	
Cálculos	Se muestra todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados están etiquetados apropiadamente.	No se muestra ningún cálculo.	
Análisis y discusiones	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente. Las predicciones son hechas sobre lo que podrá pasar si parte del laboratorio fuese cambiado o cómo podría ser cambiado el diseño experimental.	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente.	La relación entre las variables es discutida, pero ni los patrones, tendencias o predicciones son hechos basados en los datos.	La relación entre las variables no es discutida.	
Conclusión	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis, posibles fuentes de error y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye lo que fue aprendido del experimento.	No hay conclusión incluida en el informe.	
Fuentes de Antecedentes	Varias fuentes de antecedentes de renombre son usados y citados correctamente. El material es traducido en las propias palabras de los estudiantes.	Unas pocas fuentes de antecedentes de renombre son usadas y citadas correctamente. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	Unas pocas fuentes de antecedentes son usadas y citadas correctamente, pero algunas fuentes no son de renombre. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	El material es directamente copiado en lugar de ponerlo en palabras propias y/o las fuentes de antecedentes están citadas incorrectamente.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Ortografía, Puntuación y Gramática	Uno o pocos errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Dos ó tres errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Cuatro errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Más de 4 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	
Dibujos / Diagramas	Se incluye diagramas claros y precisos que facilitan la comprensión del experimento. Los diagramas están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas que están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas y éstos están etiquetados.	Faltan diagramas importantes o faltan etiquetas importantes.	
Diseño Experimental	El diseño experimental es una prueba bien-construida de la hipótesis presentada.	El diseño experimental es adecuado para la prueba de la hipótesis, pero deja algunas preguntas sin responder.	El diseño experimental está relacionado a la hipótesis, pero no es una prueba completa.	El diseño experimental no está relacionado a la hipótesis.	

BIBLIOGRAFIA

Kern Donald, Q. Procesos de Transferencia de Calor.31^a. Ed. CECSA. México. 1999.

Geankoplis, Christie J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias.3^a. Ed. CECSA. México, D.F. 2005.

Perry, R.H. y Green D.W.,. Perry's Chemical Engineers' Handbook,7th ed., McGrawHill, New York. 1997.

Cuestionario

1.- Defina que es evaporación



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



- 2.- Mencione las leyes de transferencia de calor involucradas y describa su expresión matemática.

- 3.- Que otros factores afectan el coeficiente global de transferencia de calor

- 4.- Menciones lo diferentes tipos de evaporadores

- 5.- Describa las aplicaciones industriales del proceso de evaporación.



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Práctica 3 Cristalización

CARRERA (S):	Ingeniería Química		
NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Laboratorio Integral III		
NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA	0-6-6		
NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE	Cristalización		
TEMA(S)	Operación de un sistema de cristalización		
COMPETENCIA A DESARROLLAR	<p>Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis crítico y toma de decisiones con base en los elementos teóricos adquiridos, permitan operar en forma segura los equipos utilizados. • Capacidad de organización y planificación de los trabajos experimentales. • Capacidad para trabajar en forma colaborativa • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para comunicar de manera escrita los resultados de su experimentación. <p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la capacidad de obtención de datos experimentales y su interpretación en procesos de cristalización en un ambiente controlado de laboratorio. • Evaluar y realizar experimentos en el proceso de cristalización para obtener información para su diseño, operación y análisis. 		
NO. DE PRACTICA	3	DURACION (HORAS)	16 horas

ANTECEDENTES

La cristalización es importante como proceso industrial por los diferentes materiales que son y pueden ser comercializados en forma de cristales. Su empleo tan difundido se debe probablemente a la gran pureza y la forma atractiva del producto químico sólido, que se puede obtener a partir de soluciones relativamente impuras en un solo paso de procesamiento.

En términos de los requerimientos de energía, la cristalización requiere mucho menos para la separación que lo que requiere la destilación y otros métodos de purificación utilizados



comúnmente. Además, se puede realizar a temperaturas relativamente bajas y a una escala que varía desde unos cuantos gramos hasta miles de toneladas diarias. La cristalización se puede realizar a partir de un vapor, una fusión o una solución. La mayor parte de las aplicaciones industriales de la operación incluyen la cristalización a partir de soluciones.

En la cristalización ocurre la formación de cristales a partir de una mezcla homogénea. La separación se da debido de la diferencia de solubilidad que tienen las sustancias en función de la temperatura. Un incremento en la temperatura generalmente incrementa la solubilidad y la condición contraria es el principio básico de esta separación, es decir, al disminuir la temperatura de una mezcla la solubilidad disminuye formándose consecuentemente una fase sólida que precipita y que está constituida por cristales, mismos que se separan de la fase líquida obteniendo cristales prácticamente puros.

OBJETIVOS

- Separar una mezcla homogénea por el método de cristalización y evaporación.
- Formar cristales a partir de una disolución de NaCl en agua.
- Construir una curva de solubilidad para el NaCl.
- Determinar experimentalmente la solubilidad del cloruro de sodio en agua, a temperatura y presión ambiente, recuperando el cloruro de sodio disuelto.
- Determinar la cantidad de cristales formados por medio de un balance de materia

PREGUNTA GENERADORA. ¿Cómo influye la velocidad de enfriamiento en la calidad de los cristales obtenidos?

MATERIALES

- 1 Parrilla
- 5 Vasos de precipitados
- 1 Agitador magnético
- 1 Varilla de vidrio
- 1 Probeta de 100 ml
- 1 Espátula
- 1 Matraz Kitazato de 200 ml
- 1 Bomba de vacío

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Investigar los datos de solubilidad del NaCl y construir la curva de solubilidad

Cristalización

- 1.-Por cuadruplicado, medir 100 ml de agua y mezclarlos con 50 g de NaCl.
- 2.-Calentar la mezcla entre 60 y 80 °C para favorecer la solubilidad de NaCl.
- 3.- Recuperar los cristales de NaCl obtenidos por
-Enfriamiento con agua a temperatura ambiente



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



- Enfriamiento con temperatura ambiente
- Enfriamiento con hielo
- Evaporación
- 4.- Filtración de los cristales a vacío.
- 5.- Pesar los cristales de NaCl recuperados

EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA

- 1.- Tabla de datos experimentales
2. - Cálculos de balance de materia
- 3.- Informe escrito
- 4.- Mencionar la importancia de la cristalización citando ejemplos presentes en la industria.

INSTRUMENTO DE EVALUACION (LISTA DE COTEJO y RUBRICA)

Rúbrica para evaluación de desempeño individual (30% de la evaluación)

Criterio de evaluación		Cumplimiento	
		Cumple	No cumple
Liderazgo	El alumno fue propositivo trabajan de forma colaborativa y es proactivos al realizar las actividades. Proponen soluciones fundamentadas a problemas críticos que se presentan en el desarrollo de la práctica correspondiente.		
Desempeño	Mantiene su área de trabajo en orden y limpia durante el desarrollo y al finalizar la sesión. Respeta a sus compañeros, las instalaciones y al profesor		
Disertación oral y creatividad	Utiliza el lenguaje adecuado para colaborar, propone y responde cuestionamientos que se presentan en el desarrollo de la practica		

Rúbrica de evaluación para reporte de práctica (70% de la evaluación).

CATEGORIA	Puntaje de acuerdo con desempeño alcanzado				Puntaje asignado
	4	3	2	1	
Resumen	El resumen describe las destrezas aprendidas, la información aprendida y algunas aplicaciones futuras a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida y una posible aplicación a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida.	No hay resumen escrito.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



Conceptos Científicos	El reporte representa un preciso y minucioso entendimiento de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un preciso entendimiento de la mayoría de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte ilustra un entendimiento limitado de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un entendimiento incorrecto de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	
Metodología	Los procedimientos están enlistados con pasos claros. Cada paso está enumerado y es una oración completa.	Los procedimientos están enlistados en un orden lógico, pero los pasos no están enumerados y/o no son oraciones completas.	Los procedimientos están enlistados, pero no están en un orden lógico o son difíciles de seguir.	Los procedimientos no enlistan en forma precisa todos los pasos del experimento.	
Cálculos	Se muestra todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados están etiquetados apropiadamente.	No se muestra ningún cálculo.	
Análisis y discusiones	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente. Las predicciones son hechas sobre lo que podrá pasar si parte del laboratorio fuese cambiado o cómo podría ser cambiado el diseño experimental.	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente.	La relación entre las variables es discutida, pero ni los patrones, tendencias o predicciones son hechos basados en los datos.	La relación entre las variables no es discutida.	
Conclusión	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis, posibles fuentes de error y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye lo que fue aprendido del experimento.	No hay conclusión incluida en el informe.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Fuentes de Antecedentes	Varias fuentes de antecedentes de renombre son usados y citados correctamente. El material es traducido en las propias palabras de los estudiantes.	Unas pocas fuentes de antecedentes de renombre son usadas y citadas correctamente. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	Unas pocas fuentes de antecedentes son usadas y citadas correctamente, pero algunas fuentes no son de renombre. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	El material es directamente copiado en lugar de ponerlo en palabras propias y/o las fuentes de antecedentes están citadas incorrectamente.	
Ortografía, Puntuación y Gramática	Uno o pocos errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Dos ó tres errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Cuatro errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Más de 4 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	
Dibujos / Diagramas	Se incluye diagramas claros y precisos que facilitan la comprensión del experimento. Los diagramas están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas que están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas y éstos están etiquetados.	Faltan diagramas importantes o faltan etiquetas importantes.	
Diseño Experimental	El diseño experimental es una prueba bien-construida de la hipótesis presentada.	El diseño experimental es adecuado para la prueba de la hipótesis, pero deja algunas preguntas sin responder.	El diseño experimental está relacionado a la hipótesis, pero no es una prueba completa.	El diseño experimental no está relacionado a la hipótesis.	

BIBLIOGRAFIA

Geankoplis, C. J. (2005). Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias.3ª. Ed. CECSA. México.

Perry, R.H. y Green D.W. (1997). Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th ed., Mc Graw Hill, New York.

Cuestionario



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



- 1.- Defina que es cristalización

- 2.- Clasifique las clases de cristales obedeciendo a la distribución de los ejes a los que se refieren los ángulos.

- 3.- Describa un proceso alterno de cristalización

- 4.- Que características termodinámicas tiene el efluente líquido producto de la cristalización por enfriamiento.

- 5.- Describa las aplicaciones industriales del proceso de Cristalización



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Práctica 4. Humidificación

CARRERA (S):	Ingeniería Química		
NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Laboratorio Integral III		
NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA	0-6-6		
NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE	Humidificación		
TEMA(S)	Psicrometría		
COMPETENCIA A DESARROLLAR	<p>Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para comunicar de manera escrita los resultados de su experimentación. • Capacidad de análisis crítico y toma de decisiones con base en los elementos teóricos adquiridos, permitan operar en forma segura los equipos utilizados. • Capacidad de organización y planificación de los trabajos experimentales. • Capacidad para trabajar en forma colaborativa • Habilidad para búsqueda de información. <p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la capacidad de obtención de datos experimentales y su interpretación de acuerdo con el montaje del equipo de humidificación en un ambiente controlado de laboratorio. • Evaluar y realizar experimentos en equipos de humidificación para obtener información para su diseño, operación y análisis. • Creación y análisis de diagramas psicrométricos. 		
NO. DE PRACTICA	4	DURACION (HORAS)	16

ANTECEDENTES.

La humidificación se refiere al transporte de agua en su fase líquida a la fase vapor, por este motivo existe una entalpía de evaporación y una transferencia de masa asociadas; es un ejemplo típico de transporte de masa y energía. Una corriente de aire a una temperatura dada, presenta un contenido de agua conocida como humedad absoluta y expresada con unidades de: [masa de agua /masa de aire seco]. En función de la temperatura, a esta corriente de aire se le asocia una humedad relativa, expresada en porcentaje, si esta



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO Modelo por Competencias Profesionales Laboratorio Integral III



corriente se enfría a tal grado que el agua se condense entonces se dice que esta muestra ha alcanzado su punto de rocío y entonces se encuentra saturada.

El retiro de humedad desde la fase líquida se justifica por ejemplo en el secado de sólidos húmedos, estos materiales al contar con grandes cantidades de agua las trasladan a la fase gaseosa mediante corrientes de aire caliente, asimismo la presión de operación afecta la humedad. Las relaciones entre temperatura, presiones entalpías y humedades se representan mediante una gráfica denominada carta psicométrica.

De manera que esta herramienta permite realizar balances que relacionan las cantidades de masa trasladadas a la fase gas. Dispositivos como los higrómetros y psicómetros permiten corroborar los balances de agua.

OBJETIVOS

General:

Construir una carta psicométrica del sistema agua – aire a 585 mmHg y comprobar la humedad absoluta obtenida experimentalmente con un psicómetro.

Específicos:

- Determinar las temperaturas de bulbo seco y húmedo.
- Obtener las humedades relativas mediante un psicómetro.
- Construir la carta psicométrica.

PREGUNTA GENERADORA

¿Qué diferencia existe entre la temperatura de rocío, temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, asimismo, cómo se relacionan?

MATERIALES

- 1 Parrilla de calentamiento,
2. Baño María,
3. Matraz Kitazato conteniendo agua destilada,
4. Psicómetro con contacto de los termómetros en la corriente de salida.
- 5 Bomba de pecera,
6. Soporte universal,
7. Pinzas,
8. Fuente de energía eléctrica



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO Modelo por Competencias Profesionales Laboratorio Integral III

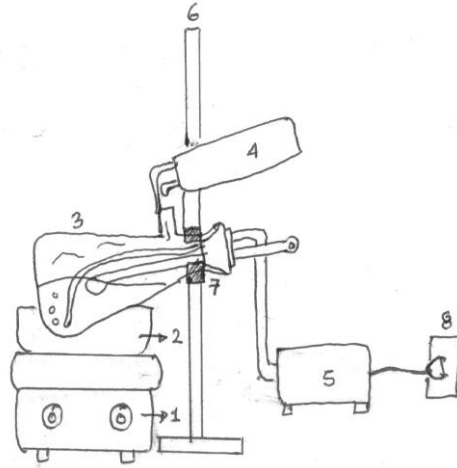


Figura 1. Dispositivo experimental: 1 parrilla de calentamiento, 2. Baño María, 3. matraz Kitazato conteniendo agua destilada, 4. Psicómetro con contacto de los termómetros en la corriente de salida. 5 Bomba de pecera con una manguera que burbujea aire el agua contenida en el matraz, 6.soporte universal, 7. Pinzas, 8. Fuente de energía eléctrica.

ACTIVIDADES A DESARROLLAR:

1. Colocar las conexiones de entradas y salidas de agua correctamente de acuerdo al dispositivo experimental mostrado en la figura 1.
2. Revisar y analizar el manual del psicómetro para generar los datos porcentaje de humedad reactiva, temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo.
3. Realizar los balances de masa y energía que comprueban la validez de los balances de materia y energía.
4. Basados en las experiencias realizadas conteste el cuestionario propuesto.

EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA

1. Balances de masa y energía.
2. Registros de humedad relativa temperatura de bulbo húmedo y temperatura de bulbo seco con respecto al tiempo
3. Comprobación de los resultados obtenidos empleando la carta psicométrica
4. Reporte de la práctica.
5. Mencionar ejemplos de la importancia de la humidificación en la industria Química.

INSTRUMENTO DE EVALUACION (RUBRICA, LISTA DE COTEJO, ETC.)

LISTA DE COTEJO

Esta lista de cotejo se divide en dos partes.

Primera Parte VALOR DEL INDICADOR 60 %

INSTRUMENTO DE EVALUACION (LISTA DE COTEJO y RUBRICA)



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



Rúbrica para evaluación de desempeño individual (30% de la evaluación)

Criterio de evaluación		Cumplimiento	
		Cumple	No cumple
Liderazgo	El alumno fue propositivo trabajan de forma colaborativa y es proactivos al realizar las actividades. Proponen soluciones fundamentadas a problemas críticos que se presentan en el desarrollo de la práctica correspondiente.		
Desempeño	Mantiene su área de trabajo en orden y limpia durante el desarrollo y al finalizar la sesión. Respeta a sus compañeros, las instalaciones y al profesor		
Disertación oral y creatividad	Utiliza el lenguaje adecuado para colaborar, propone y responde cuestionamientos que se presentan en el desarrollo de la practica		

Rúbrica de evaluación para reporte de práctica (70% de la evaluación).

CATEGORIA	Puntaje de acuerdo con desempeño alcanzado				Puntaje asignado
	4	3	2	1	
Resumen	El resumen describe las destrezas aprendidas, la información aprendida y algunas aplicaciones futuras a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida y una posible aplicación a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida.	No hay resumen escrito.	
Conceptos Científicos	El reporte representa un preciso y minucioso entendimiento de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un preciso entendimiento de la mayoría de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte ilustra un entendimiento limitado de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un entendimiento incorrecto de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	
Metodología	Los procedimientos están enlistados con pasos claros. Cada paso está enumerado y es una oración completa.	Los procedimientos están enlistados en un orden lógico, pero los pasos no están enumerados y/o no son oraciones completas.	Los procedimientos están enlistados, pero no están en un orden lógico o son difíciles de seguir.	Los procedimientos no enlistan en forma precisa todos los pasos del experimento.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



Cálculos	Se muestra todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados están etiquetados apropiadamente.	No se muestra ningún cálculo.	
Análisis y discusiones	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente. Las predicciones son hechas sobre lo que podrá pasar si parte del laboratorio fuese cambiado o cómo podría ser cambiado el diseño experimental.	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente.	La relación entre las variables es discutida, pero ni los patrones, tendencias o predicciones son hechos basados en los datos.	La relación entre las variables no es discutida.	
Conclusión	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis, posibles fuentes de error y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye lo que fue aprendido del experimento.	No hay conclusión incluida en el informe.	
Fuentes de Antecedentes	Varias fuentes de antecedentes de renombre son usados y citados correctamente. El material es traducido en las propias palabras de los estudiantes.	Unas pocas fuentes de antecedentes de renombre son usadas y citadas correctamente. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	Unas pocas fuentes de antecedentes son usadas y citadas correctamente, pero algunas fuentes no son de renombre. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	El material es directamente copiado en lugar de ponerlo en palabras propias y/o las fuentes de antecedentes están citadas incorrectamente.	
Ortografía, Puntuación y Gramática	Uno o pocos errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Dos ó tres errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Cuatro errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Más de 4 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Dibujos / Diagramas	Se incluye diagramas claros y precisos que facilitan la comprensión del experimento. Los diagramas están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas que están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas y éstos están etiquetados.	Faltan diagramas importantes o faltan etiquetas importantes.	
Diseño Experimental	El diseño experimental es una prueba bien-construida de la hipótesis presentada.	El diseño experimental es adecuado para la prueba de la hipótesis, pero deja algunas preguntas sin responder.	El diseño experimental está relacionado a la hipótesis, pero no es una prueba completa.	El diseño experimental no está relacionado a la hipótesis.	

BIBLIOGRAFIA

Geankoplis C. (2003). Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations). Prentice Hall; 4 edition. USA

Holman J. (2009). Heat Transfer. McGraw-Hill Science/Engineering/Math. USA

Kern. D. (1980). Procesos de transferencia de calor. CECOSA. México.

Theodore L. (2011). Heat Transfer Applications for the Practicing Engineer. Wiley; 1 edition. USA

Welty J. Wicks C. (2007). Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer. Wiley; 5 edition. USA.

Cuestionario.

1. ¿El sudor permite enfriar el cuerpo? ¿ Puede explicarse mediante la carta psicométrica?
- 2.Cuál es el objetivo de humidificar el oxígeno que se suministra a pacientes en un hospital.



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



3. Explique el fundamento de la operación de una columna de enfriamiento basado en la carta psicométrica.
4. Explique el fundamento del secado basado en la operación de la humidificación



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Práctica 5 Destilación

CARRERA (S):	Ingeniería Química		
NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Laboratorio integral III		
NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA	0-6-6		
NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE	Destilación		
TEMA(S)	Destilación diferencial		
COMPETENCIA A DESARROLLAR	<p>Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis crítico y toma de decisiones con base en los elementos teóricos adquiridos, permitan operar en forma segura los equipos utilizados. • Capacidad de organización y planificación de los trabajos experimentales. • Capacidad para trabajar en forma colaborativa • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para comunicar de manera escrita los resultados de su experimentación. <p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la capacidad de obtención de datos experimentales y su interpretación en procesos de destilación en un ambiente controlado de laboratorio. • Evaluar y realizar experimentos en equipos de destilación para obtener información para su diseño, operación y análisis. 		
NO. DE PRACTICA	5	DURACION (HORAS)	16

ANTECEDENTES.

La destilación, es una operación unitaria importante en la industria química, su objetivo es separar mezclas líquidas de dos o más componentes, aprovechando sus diferentes volatilidades relativas. La separación ocurre cuando los componentes se distribuyen entre una fase vapor y una fase líquida. La fase vapor se origina de la fase líquida por vaporización en el punto de ebullición. La composición del vapor es diferente de la del líquido con el que se encuentra en ebullición y en equilibrio con el vapor.



En la destilación flash o rápida la producción de vapor puede llevarse a cabo mediante la ebullición de la mezcla líquida que se desea separar, seguida de la condensación de los vapores sin permitir que el líquido retorne a la columna del equipo de destilación, es decir, sin reflujo. Ambos procesos vaporización y separación ocurren en dispositivos independientes, el calentador y la cámara flash. En la destilación con rectificación existe el retorno de una parte del condensado a la columna, de tal manera que el líquido que regresa entra en contacto íntimo con los vapores que ascienden hacia el condensador. Es posible realizar cualquiera de los dos métodos como un proceso continuo o discontinuo (por etapas).

En la destilación en una sola etapa o en un solo destilador y que no incluyen rectificación, se reconocen tres tipos: destilación en equilibrio o instantánea, destilación simple por lotes o diferencial y destilación simple con arrastre de vapor.

OBJETIVOS

- Realizar un proceso de destilación de una mezcla Etanol – Agua operando una columna de destilación diferencial y continua, obteniendo la composición de destilado por periodos de tiempo.
- Generar una curva patrón a diferentes composiciones de etanol-agua. Identificar las variables importantes en la operación de una columna de destilación.
- Determinar la composición de destilado de una columna de destilación continua.
- Determinar el número de etapas con el método de McCabe – Thiele y el método de entalpia – composición.

PREGUNTA GENERADORA. ¿Cuál es la importancia de la destilación en los procesos de separación?

MATERIALES

- 1 Refractómetro
- 1 Columna de destilación empacada
- 2 Soporte universal
- 2 Pinzas para bureta
- 3 Vasos de precipitado de 200 ml
- 2 Gradilla
- 16 tubos de ensayo con tapa
- 2 Buretas de 50 ml
- 1 Embudo

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Curva patrón etanol-agua

- 1.- Se colocan dos buretas, dos soportes universales y dos pinzas para bureta.
- 2.- Etiquetar los tubos de ensayo indicando los ml de cada sustancia en la mezcla.
- 3.- Se tomaron 10 ml de cada sustancia para adicionar a cada una de las buretas.



- 4.- Se toman mezclas en tubos de ensayo de etanol – agua cambiando la concentración para cada una de las sustancias, manteniendo el volumen de 10 ml.
- 5.- Prender el refractómetro y posteriormente calibrarlo.
- 6.- Medir el índice de refracción para cada una de las mezclas
- 7.- Se hacen los cálculos pertinentes de cada componente de la fracción mol

Funcionamiento de la columna de destilación

- 1.- Identificar las partes de la columna de destilación como la sección de rectificación, la alimentación y el agotamiento.
- 2.- Verificar que todas las válvulas de la columna se encuentren cerradas.
- 3.- Introducir 2 litros de agua y 2. litros de alcohol etílico operando por lotes
- 4.- Encender la columna de destilación.
- 5.- Encender la bomba para hacer circular el agua por los serpentines de la torre.
- 6.- Asegurar que las conexiones y mangueras estén bien fijadas para evitar fugas.
- 7.- Encender los controles de las resistencias, para proceder al calentamiento de la mezcla en el re hervidor.
- 8.- Estabilizar la columna en condiciones de reflujo con intervalos de 1:3 segundos para el abierto y cerrado del mismo.
- 9.- Regular el caudal de alimentación de agua, ajustando un aproximado de 120 l/h.
- 10.- Esperar un cierto tiempo para que la columna alcance las condiciones de estado estable.
- 11.- obtener en el tiempo cero la primera muestra del destilado y leer el índice de refracción con ayuda del refractómetro, a su vez las temperaturas de la columna de destilación.
- 12.- obtener a ciertos tiempos los destilados y leer su índice de refracción, a su vez las temperaturas.
- 13.- Para apagar el equipo una vez completado el proceso de separación, muestreo y análisis, se recomienda cerrar la alimentación, disminuir el valor de los diales de la resistencia poco a poco y mantener la recirculación del agua (refrigerante) para ayudar a disipar el calor.
- 14.- Una vez enfriado y apagado el equipo, hay que vaciar completamente el sistema

EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA

- 1.- Tabla de datos experimentales
- 2.- Cálculos de balance de materia
- 3.- Informe escrito
- 4.- Descripción de la importancia de la destilación, citando algunos ejemplos de importancia industrial.



INSTRUMENTO DE EVALUACION (LISTA DE COTEJO y RUBRICA)

Rúbrica para evaluación de desempeño individual (30% de la evaluación)

Criterio de evaluación		Cumplimiento	
		Cumple	No cumple
Liderazgo	El alumno fue propositivo trabajan de forma colaborativa y es proactivos al realizar las actividades. Proponen soluciones fundamentadas a problemas críticos que se presentan en el desarrollo de la práctica correspondiente.		
Desempeño	Mantiene su área de trabajo en orden y limpia durante el desarrollo y al finalizar la sesión. Respeta a sus compañeros, las instalaciones y al profesor		
Disertación oral y creatividad	Utiliza el lenguaje adecuado para colaborar, propone y responde cuestionamientos que se presentan en el desarrollo de la practica		

Rúbrica de evaluación para reporte de práctica (70% de la evaluación)

CATEGORIA	Puntaje de acuerdo con desempeño alcanzado				Puntaje asignado
	4	3	2	1	
Resumen	El resumen describe las destrezas aprendidas, la información aprendida y algunas aplicaciones futuras a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida y una posible aplicación a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida.	No hay resumen escrito.	
Conceptos Científicos	El reporte representa un preciso y minucioso entendimiento de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un preciso entendimiento de la mayoría de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte ilustra un entendimiento limitado de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un entendimiento incorrecto de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	
Metodología	Los procedimientos están enlistados con pasos claros. Cada paso está enumerado y es una oración completa.	Los procedimientos están enlistados en un orden lógico, pero los pasos no están enumerados y/o no son oraciones completas.	Los procedimientos están enlistados, pero no están en un orden lógico o son difíciles de seguir.	Los procedimientos no enlistan en forma precisa todos los pasos del experimento.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



Cálculos	Se muestra todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados están etiquetados apropiadamente.	No se muestra ningún cálculo.	
Análisis y discusiones	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente. Las predicciones son hechas sobre lo que podrá pasar si parte del laboratorio fuese cambiado o cómo podría ser cambiado el diseño experimental.	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente.	La relación entre las variables es discutida, pero ni los patrones, tendencias o predicciones son hechos basados en los datos.	La relación entre las variables no es discutida.	
Conclusión	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis, posibles fuentes de error y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye lo que fue aprendido del experimento.	No hay conclusión incluida en el informe.	
Fuentes de Antecedentes	Varias fuentes de antecedentes de renombre son usados y citados correctamente. El material es traducido en las propias palabras de los estudiantes.	Unas pocas fuentes de antecedentes de renombre son usadas y citadas correctamente. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	Unas pocas fuentes de antecedentes son usadas y citadas correctamente, pero algunas fuentes no son de renombre. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	El material es directamente copiado en lugar de ponerlo en palabras propias y/o las fuentes de antecedentes están citadas incorrectamente.	
Ortografía, Puntuación y Gramática	Uno o pocos errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Dos ó tres errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Cuatro errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Más de 4 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	



Dibujos / Diagramas	Se incluye diagramas claros y precisos que facilitan la comprensión del experimento. Los diagramas están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas que están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas y éstos están etiquetados.	Faltan diagramas importantes o faltan etiquetas importantes.	
Diseño Experimental	El diseño experimental es una prueba bien-construida de la hipótesis presentada.	El diseño experimental es adecuado para la prueba de la hipótesis, pero deja algunas preguntas sin responder.	El diseño experimental está relacionado a la hipótesis, pero no es una prueba completa.	El diseño experimental no está relacionado a la hipótesis.	

BIBLIOGRAFÍA

Geankoplis, Christie J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. 3^a. Ed. CECSA. México, D.F. 2005.

MaCabe Smith Harriott, Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, 6^a Ed. Mc Graw Hill. México, 2004.

Cuestionario

- 1.- Defina que es destilación
- 2.- Clasifique los tipos de destilación
- 3.- Describa un proceso alterno de la destilación y en qué condiciones procedería?
- 4.- Que características termodinámicas tienen las corrientes producto de la destilación.
- 5.- Clasifique los procesos de separación según la naturaleza de los mecanismos de transferencia que se justificas cuando estos ocurren.



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO
Modelo por Competencias Profesionales
Laboratorio Integral III



Práctica 6. Extracción líquido-líquido

CARRERA (S):	Ingeniería Química		
NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Laboratorio Integral 3		
NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA	0-6-6		
NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE	Extracción		
TEMA(S)	Extracción líquido-líquido		
COMPETENCIA A DESARROLLAR	<p>Generales Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Toma de decisiones</p> <p>Específicas Planear y realizar experimentos en equipos de extracción sólido-líquido y líquido-líquido para obtener información requerida en el diseño, operación y análisis de éstos equipos</p>		
NO. DE PRACTICA	6.	DURACION (HORAS)	14

ANTECEDENTES

SISTEMAS DE TRES COMPONENTES

Para un sistema cuyo equilibrio está influido solo por temperatura, presión y concentración, la Regla de Fases de Gibbs relaciona la variación v (número de grados de libertad) de un sistema de equilibrio con el número de componentes c , el número de fases p de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$v = c - p + 2$$

V indica el número mínimo de variables independientes requeridas para fijar totalmente el estado del sistema.

Al realizar el experimento a T y P constantes la ecuación (1) se convierte en:



$$v = c - p$$

Para un sistema ternario $c = 3$ y teniendo solamente una fase líquida $p = 1$ entonces:

$$v = 3 - 1 = 2$$

Lo cual representa que solo debe especificarse la concentración de 2 de las sustancias para describir totalmente el sistema. Si el sistema presenta 2 fases líquidas inmiscibles

$$b = 3 - 2 = 1$$

Por lo tanto solo se necesita especificar la concentración de un componente en equilibrio y las concentraciones de los otros están fijos. Es preferible representar el sistema sobre un diagrama triangular como el la figura 1 (triángulo equilátero).

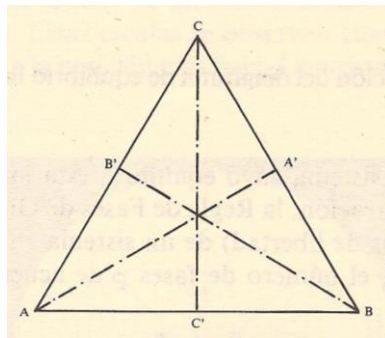


Figura 1. Diagrama triangular

Los vértices A, B y C representan el componente puro (100%). La altura que pasa por el vértice considerado se divide en 100 partes iguales, con lo cual las composiciones intermedias resultan ser líneas paralelas a lado opuesto al vértice considerado (ver figura 2).

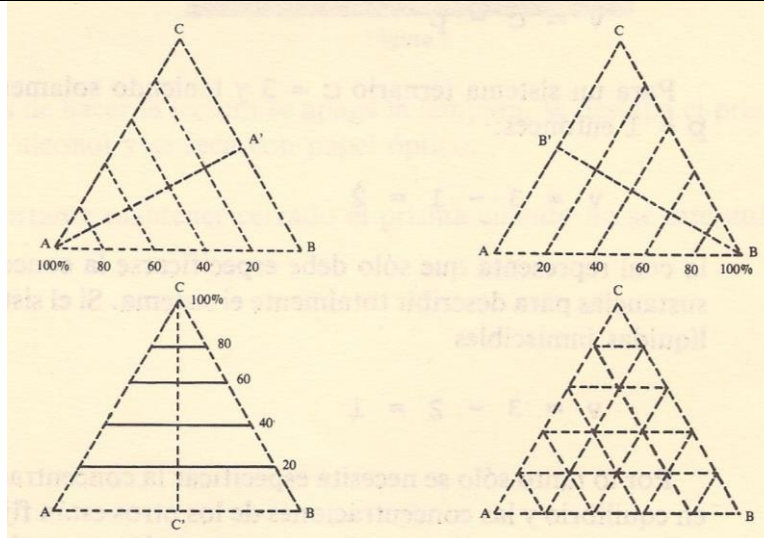


Figura 2. Construcción de escalas para cada componente.

Un punto sobre uno de los lados indica una mezcla de dos componentes únicamente. La composición de un punto dentro del triángulo se tiene al ubicar las paralelas correspondientes a cada lado opuesto a un vértice específico, como se muestra en la figura 3.

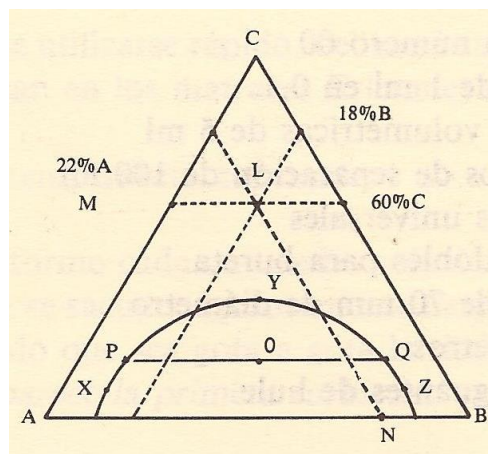


Figura 3. Representación de mezclas ternarias.

Sistemas miscibles: A – C y B – C

Sistemas inmiscibles: A - B, excepto a altas concentraciones de alguno de ellos.

Toda la mezcla dentro de la curva X Y Z se preparara en dos fases liquidas mutuamente inmiscibles, mientras que las mezclas fuera de la curva darán una fase liquida homogénea.

La mezcla representada por O (dentro de la curva XYZ), se prepara en dos fases liquidas P y Q, la línea que conecta estas dos soluciones ternarias inmiscibles, en



equilibrio entre sí, se denomina línea de unión.

La cantidad relativa de la fase P está representada por la relación OQ/PQ , mientras que la cantidad relativa de Q está dada por OP/PQ .

El punto más alto (P o Q) de la línea de unión indica la mayor solubilidad de C en esa fase. A mayor cantidad de C, las composiciones de las soluciones conjugadas en equilibrio tienden a ser iguales como ocurre en Y, el punto de pliegue.

PREGUNTA GENERADORA

¿Cómo se determina experimentalmente la curva de equilibrio en sistemas ternarios líquido-líquido?

Material requerido:

- 4 buretas de 50 ml
- 14 matraces Erlenmeyer de 125 ml
- 16 vasos de precipitados de 150 ml
- 10 tapones número 5
- 2 tapones número 00
- 1 pipeta de 1 ml en 0.1
- 8 pipetas volumétricas de 5 ml
- 4 embudos de separación de 100 ml
- 4 soportes universales
- 2 pinzas dobles para bureta
- 4 arillos de 70 mm de diámetro
- 2 picnómetros
- 1 par de guantes de hule

Reactivos requeridos:

- 300 ml de cloroformo
- 150 ml de ácido acético glacial
- 100 ml de acetona
- Solución de NaOH 0.5 N
- Agua destilada
- Fenofaleína

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Montar las cuatro buretas y llenarlas con sosa, agua destilada, ácido acético glacial y cloroformo. Estas dos últimas taparlas y solo destapar (o perforar con una aguja al



momento de titular).

Determinación de los límites de dos fases (curva XYZ). Se preparan soluciones de composición conocida de acuerdo a la tabla 1 y titularlas con cloroformo.

TABLA 1

Preparar las siguientes 5 soluciones:

	Volumen en ml				
Ácido acético	1.5	3.5	5.5	12	2
Agua	15	15	8	8	4

El ácido acético debe utilizarse rápido, debido a su olor irritante. Estas cinco soluciones se colocan en matraz Erlenmeyer.

Se debe trabajar a temperatura constante.

Se titula con cloroformo cada una de las soluciones preparadas. Durante la titulación, el matraz se sacude vigorosamente después de cada agregado de cloroformo (procurando que sea gota a gota la titulación), y se toma como punto final cuando aparece la primera turbiedad permanente.

Esta turbiedad es producida por la formación de una segunda fase líquida con un índice de refracción diferente. Entonces, se preparara mezclas de ácido acético en cloroformo, en las cantidades que se indican en la tabla 2 y se titulan con agua hasta permanecer una ligera turbiedad a temperatura ambiente.

Se calcula en peso el porcentaje de cada componente presente en la primera aparición de la segunda fase y se grafican las composiciones sobre un diagrama ternario.

TABLA 2

Preparar las siguientes 5 soluciones:

	Volumen en ml				
Ácido acético	10	10	10	7.5	7.5
cloroformo	0.75	1.75	4.50	7.5	21

Determinación de las líneas de unión. En el experimento se estudian las relaciones de solubilidad del sistema de tres componentes cloroformo – ácido acético – agua. Las líneas de unión de sus dos extremos (fases en equilibrio) sobre la curva XYZ de la figura 3. Los extremos se denominan titulado el ácido acético en las dos fases líquidas separadas, las cuales se preparan después que han llegado al equilibrio.



Para determinar la línea de unión se mezclan las cantidades especificadas en la tabla 3. Estas mezclas de dos fases se preparan en los matraces Erlenmeyer y luego las fases se preparan mediante un embudo de separación. Colocar cada fase, orgánica y acuosa, en un matraz limpio. Es muy importante asegurar que el sistema ha arribado al equilibrio antes de llevarse a cabo la separación. El equilibrio se logra a guitando en embudo durante varios minutos para luego dejarlo en reposo veinte minutos.

Se determina la densidad de cada fase con los picnómetros para determinar el peso total de las alícuotas que se tomaran posteriormente para la cuantificación de ácido acético por titulación.

TABLA 3

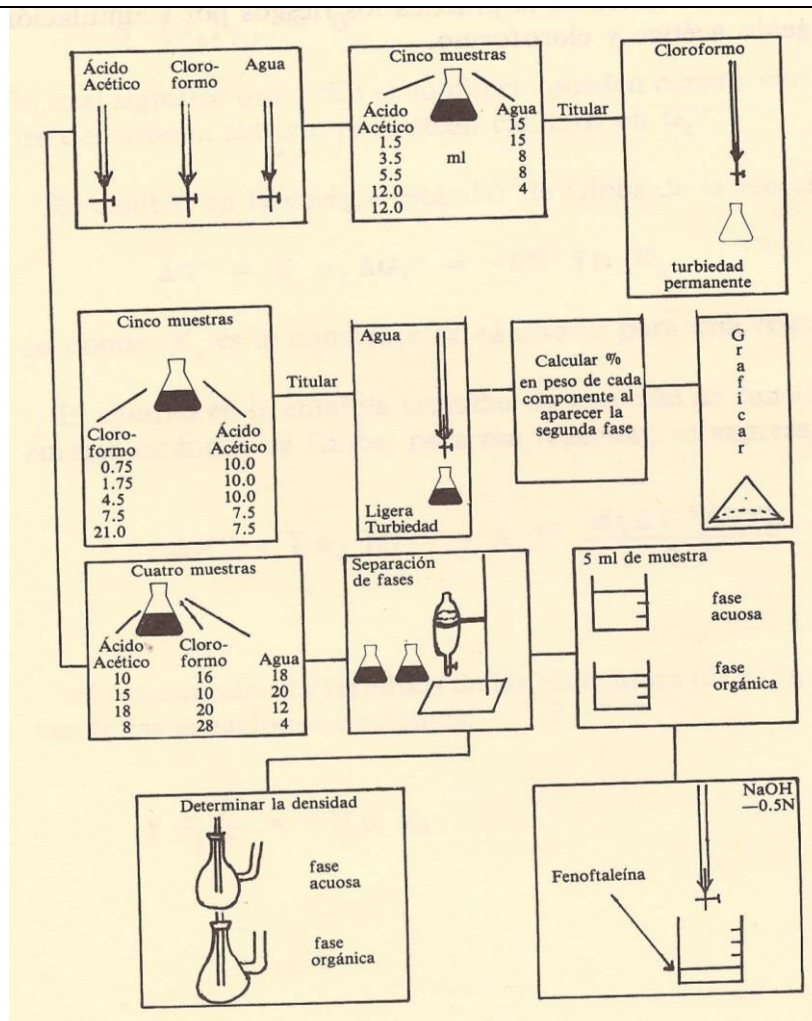
Preparar las siguientes cuatro soluciones:

	volumen en ml			
Acido acético	10	15	18	8
Cloroformo	16	10	20	28
Agua	18	20	12	4

Alícuotas de de 5 ml se titula con Na OH 0.5 N, usando fenolftaleína como indicador.

Se deberá proceder de la siguiente manera: tomar 5 ml de la fase acuosa, agregar 3 gotas de fenolftaleína y gotear poco a poco Na OH 0.5 N hasta que se presenta el vire. Repetir esto con la fase orgánica.

DIAGRAMA DE BLOQUES:



OBSERVACIONES AL INSTRUCTOR:

1. Es recomendable que el instructor prepare tres litros de NaOH al 0.5 N, y de ahí distribuir a los alumnos (promedio de seis equipos).
2. Colocar un recipiente en la campana extractora para que ahí depositen los residuos de las muestras tituladas.
3. Mantener bien ventilado el lugar (puertas y ventanas abiertas).
4. Indicar al inicio de la practica los riesgos por acumulación de vapores de acido acético y cloroformo.

EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA

1. Construir el diagrama de equilibrio
2. El porcentaje en peso de cloroformo, ácido acético y agua para cada una de las



mezcla que mostró el primer indicio de turbiedad se coloca en un diagrama triangular. Hacer el diagrama.

3. La evaluación de las concentraciones de ácido acético en las mezclas de dos fases, separadas con un embudo de separación, permite localizar la composición de las fases conjugadas sobre la curva XYZ construida en el apartado anterior. Puede suponerse que la fase más densa es la rica en cloroformo. Las composiciones totales de las mezclas de dos fases también se ponen sobre el papel milimétrico triangular y las líneas de unión deberán pasar por estos puntos.

4. Se anotan las fases presentes en cada área y línea y se describe el efecto de adicionar más de los componentes en puntos significativos.

5. proporcione por lo menos tres aplicaciones prácticas.

Evaluar y de ser necesario utilizar esta información para trabajar con el extractor líquido-líquido a nivel planta piloto

INSTRUMENTO DE EVALUACION (LISTA DE COTEJO y RUBRICA)

Rúbrica para evaluación de desempeño individual (30% de la evaluación)

Criterio de evaluación		Cumplimiento	
		Cumple	No cumple
Liderazgo	El alumno fue propositivo trabajan de forma colaborativa y es proactivos al realizar las actividades. Proponen soluciones fundamentadas a problemas críticos que se presentan en el desarrollo de la práctica correspondiente.		
Desempeño	Mantiene su área de trabajo en orden y limpia durante el desarrollo y al finalizar la sesión. Respeta a sus compañeros, las instalaciones y al profesor		
Disertación oral y creatividad	Utiliza el lenguaje adecuado para colaborar, propone y responde cuestionamientos que se presentan en el desarrollo de la practica		

Rúbrica de evaluación para reporte de práctica (70% de la evaluación).

CATEGORIA	Puntaje de acuerdo con desempeño alcanzado				Puntaje asignado
	4	3	2	1	
Resumen	El resumen describe las destrezas aprendidas, la información aprendida y algunas aplicaciones futuras a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida y una posible aplicación a situaciones de la práctica real.	El resumen describe la información aprendida.	No hay resumen escrito.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



Conceptos Científicos	El reporte representa un preciso y minucioso entendimiento de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un preciso entendimiento de la mayoría de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte ilustra un entendimiento limitado de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	El reporte representa un entendimiento incorrecto de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio.	
Metodología	Los procedimientos están enlistados con pasos claros. Cada paso está enumerado y es una oración completa.	Los procedimientos están enlistados en un orden lógico, pero los pasos no están enumerados y/o no son oraciones completas.	Los procedimientos están enlistados, pero no están en un orden lógico o son difíciles de seguir.	Los procedimientos no enlistan en forma precisa todos los pasos del experimento.	
Cálculos	Se muestra todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados están etiquetados apropiadamente.	No se muestra ningún cálculo.	
Análisis y discusiones	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente. Las predicciones son hechas sobre lo que podrá pasar si parte del laboratorio fuese cambiado o cómo podría ser cambiado el diseño experimental.	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente.	La relación entre las variables es discutida, pero ni los patrones, tendencias o predicciones son hechos basados en los datos.	La relación entre las variables no es discutida.	
Conclusión	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis, posibles fuentes de error y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye lo que fue aprendido del experimento.	No hay conclusión incluida en el informe.	



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Modelo por Competencias Profesionales

Laboratorio Integral III



Fuentes de Antecedentes	Varias fuentes de antecedentes de renombre son usados y citados correctamente. El material es traducido en las propias palabras de los estudiantes.	Unas pocas fuentes de antecedentes de renombre son usadas y citadas correctamente. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	Unas pocas fuentes de antecedentes son usadas y citadas correctamente, pero algunas fuentes no son de renombre. El material es traducido por los estudiantes en sus propias palabras.	El material es directamente copiado en lugar de ponerlo en palabras propias y/o las fuentes de antecedentes están citadas incorrectamente.	
Ortografía, Puntuación y Gramática	Uno o pocos errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Dos ó tres errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Cuatro errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Más de 4 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	
Dibujos / Diagramas	Se incluye diagramas claros y precisos que facilitan la comprensión del experimento. Los diagramas están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas que están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas y éstos están etiquetados.	Faltan diagramas importantes o faltan etiquetas importantes.	
Diseño Experimental	El diseño experimental es una prueba bien-construida de la hipótesis presentada.	El diseño experimental es adecuado para la prueba de la hipótesis, pero deja algunas preguntas sin responder.	El diseño experimental está relacionado a la hipótesis, pero no es una prueba completa.	El diseño experimental no está relacionado a la hipótesis.	

BIBLIOGRAFÍA

Teutli Leon María M., Lapidus Lavine Gretchen, Manual de laboratorio de termodinámica II, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.