



Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Ciencias Químicas
Programa de Licenciatura en Ingeniería Química
Academia de Ingeniería Química



MANUAL DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA QUÍMICA

Editado y preparado por la
ACADEMIA DE INGENIERÍA QUÍMICA
2006

Participaron:

M.C. Juan Antonio Baeza Ruiz
Ing. José Román Monares Fierro
M.C. Luis Fernando Moreno Pérez
Dr. Hugo Mújica Paz
Dr. Ramón Olivas Vargas
Dr. Enrique Ortega Rivas
M.C. Roberto Robles Ruiz
M.C. Ricardo Talamás Abbud

PRESENTACIÓN:

En el presente manual se incluye un conjunto de prácticas de utilidad en las asignaturas de Balances de Materia y Energía, Máquinas térmicas, Mecánica de fluidos y transferencia de calor, Operaciones Unitarias I, Operaciones Unitarias II, Operaciones Unitarias III, Reactores Químicos y Refrigeración; todas pertenecientes a la Academia de Ingeniería Química y que constituyen la columna vertebral de las carreras de ingeniería química que ofrece la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Este manual de prácticas de Laboratorio, fue aprobado por la Academia de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

CONTENIDO

Créditos	ii
Presentación	iii
Información característica de los reportes de prácticas de laboratorio	1
Balances de Materia y Energía	5
Balances de materia y energía en un proceso de secado	5
Balances de materia y energía en un proceso de humidificación de aire	7
Balance de energía en un proceso de mezclado exotérmico	9
Maquinaria y Equipo Industrial	11
Selección de motores eléctricos	11
Selección de ventiladores y extractores de aire	13
Equipo instrumental	15
Máquinas Térmicas	17
Tratamiento de agua para uso en una caldera	17
Arranque y operación de una caldera	19
Evaluación de la eficiencia térmica de un calentador de agua	21
Mecánica de Fluidos y Transferencia de Calor	23
Altura Efectiva de una Bomba Centrífuga	23
Manifestación de la altura útil	25
Curvas características de las bombas hidráulicas	27
Operaciones Unitarias I	29
Determinación de granulometrías de polvos alimenticios por tamizado	29
Clarificación centrífuga por medio de un hidrociclón	31
Operación de un filtro prensa para derivar gráficas de filtración	33
Operaciones Unitarias II	37
Evaporación	37
Destilación	39
Operaciones Unitarias III	41
Secado por aspersión de puré de tomate	41
Determinación de isothermas de desorción de humedad	43
Cálculo de coeficientes de transferencia de masa y calor en una torre de enfriamiento	47

Determinación de coeficientes de difusión en un material sólido	49
Simulación de secado de productos agroalimentarios	55
Reactores Químicos	57
Ley cinética de velocidad de reacción en un reactor "Batch" agitado	57
Ley cinética de velocidad en un reactor continuo tanque agitado (CSTR)	59
Comprobación de la ecuación de diseño del reactor CSTR	61
Refrigeración	63
Cálculo del coeficiente de transferencia de calor (h) para el agua en ebullición.	63
Cálculo del tiempo de calentamiento de un embutido.	65
Identificación de los componentes de un sistema de refrigeración y evaluación de la relación presión- temperatura	67

Información característica de los **REPORTES DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

A efecto de poner en contacto al alumno con los reportes de trabajo experimental, todos los reportes deberán contener los siguientes incisos o capítulos:

PORTADA

En la parte superior, centrado y con mayúsculas en dos renglones consecutivos:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Al término del primer tercio de la hoja, centrada la leyenda: REPORTE DE LABORATORIO

En el tercio medio de la hoja, centrado y con mayúsculas, la leyenda “PRÁCTICA No.”, seguido del número de práctica. Separado de dos o tres espacios, en mayúsculas también y centrado el título de la práctica.

En el último tercio de la hoja, centrado el nombre de la Asignatura. En el siguiente renglón, el nombre del maestro.

Al final de la portada, justificados al lado derecho el nombre completo y número de control de los alumnos que realizaron la práctica y/o elaboraron el reporte. También se incluye la fecha.

INDICE (Opcional)

Enlistar todos los capítulos y subcapítulos del reporte, con número de página

RESUMEN

En un máximo de media cuartilla, presente un resumen del trabajo que incluya los resultados y las conclusiones más relevantes del mismo. Redáctelo utilizando el tiempo pretérito. Evite el uso de gerundios. Es posible incluir ecuaciones, si éstas fueron un resultado importante, pero no pueden ponerse figuras ni tablas. Evite el uso de extranjerismos. Escriba siempre en tercera persona del singular, y en forma impersonal. Use de preferencia oraciones cortas y claras. (No mencionar citas bibliográficas)

INTRODUCCIÓN

Se debe escribir en forma breve, proporcionando únicamente la información que permita al lector entender la naturaleza y justificación del problema planteado, así como los objetivos de la práctica.

Se incluye la revisión bibliográfica, que es presentada en forma de ensayo.

Debe contener los temas relacionados con la práctica, y los trabajos previos publicados empezando por generalidades y conduciendo gradualmente al planteamiento de la práctica y a la forma como ésta contribuirá al acervo de conocimientos en el área respectiva.

Las citas bibliográficas serán señaladas por el primer apellido del autor seguido del año de la publicación entre paréntesis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Debe contener dos partes:

a) *Materiales y equipo*: Aquí se deben de indicar los reactivos y la casa comercial en donde se adquirieron los reactivos que se utilizaron para la elaboración de la práctica, así como especificaciones del equipo utilizado.

b) *Métodos*: Aquí se expondrá la estrategia experimental y el diseño experimental efectuado, así como las técnicas que se utilizaron citando las referencias respectivas. En el caso de técnicas que no sean de dominio general puede ponerse una breve explicación sobre el principio del funcionamiento de la técnica, además de la descripción que permita a otra persona repetir esta etapa experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cada resultado que se presente debe ir acompañado de una discusión completa y clara. Las tablas y figuras deben ir intercaladas y deben ser citadas en el texto. No debe reportarse un mismo resultado más de una vez y hay que elegir la forma mas ilustrativa y clara de reportarlo (ya sea tabla, figura, diagrama, etc.).

La discusión no debe ser una descripción que repita lo que dice la tabla o figura respectiva, sino que debe ser la INTERPRETACION del resultado, indicando su relevancia, su concordancia con lo esperado de acuerdo a las teorías vigentes o, en caso de no coincidir, las posibles razones de dicha discrepancia.

CONCLUSIONES

Presente las conclusiones derivadas del trabajo y la importancia de estas. Puede iniciarse con un párrafo que resuma las características principales de la investigación realizada. Es preferible redactar en forma continua y no sólo enlistar las conclusiones. En las recomendaciones debe señalarse la posibilidad de continuar en la investigación proponiendo otros proyectos que pudieran derivarse del presente.

BIBLIOGRAFÍA

Reportar toda la bibliografía citada en el texto siguiendo el orden alfabético.

a) *Artículos*. Apellido del (los) autor (es) seguido de las iniciales del nombre y el segundo apellido respectivamente, año (entre paréntesis), nombre del artículo, nombre de la revista (puede utilizar las abreviaturas autorizadas), volumen y número (subrayados) y número de las páginas.

b) *Libros*. Apellido del (los) autor (es) seguido de las iniciales del nombre y el segundo apellido respectivamente, año (entre paréntesis), título del capítulo o sección, nombre del libro, editorial, ciudad y número de páginas.

c) *Patentes*. Nombre del autor (es) o de la compañía propietaria de la patente, año (entre paréntesis), título de la patente, número de patente y país.

d) *Comunicaciones personales*. Apellido e iniciales, año, (entre paréntesis comunicación personal) e Institución.

e) *Ponencias*. Apellido e iniciales del autor (es), año (entre paréntesis), título de la ponencia, nombre del congreso o evento en donde se presentó, institución o sociedad organizadora del evento y lugar.

APÉNDICES (Opcionales)

Aquí se debe incluir todo el material e información que se considere importante y necesaria para que la comprensión de la práctica sea completa, cada anexo debe ser identificado con número romano y debe haber sido citado en el texto.

CARACTERÍSTICAS TIPOGRÁFICAS Y DEL PAPEL:

Márgenes. Se utilizarán márgenes de 2,5 cm en todos sus lados. En los casos en que el reporte de prácticas se entregue encuadernado, el margen izquierdo deberá ser de 3,0 cm

Papel. Deberá utilizarse papel color blanco, tamaño carta (21,6 x 27,9 cm), o de las características que se indiquen en la Guía de la práctica. Preferentemente deberá utilizarse por ambas caras.

Espacio entre líneas. Sencillo o bien espacio y medio. Puede dejarse una sangría o un espacio entre párrafos.

Numeración de páginas. Todas deberán numerarse excepto la portada.

Tamaño de letra. Será de 10, 11 ó 12 puntos. Los títulos y encabezados serán de un máximo de 20 puntos.

Tipo de letra. Cualquiera que sea legible.

BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Práctica No. BME-1

Balances de materia y energía en un proceso de secado.

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

- Confirmar en el laboratorio la ecuación general de balance de masa.
- Cuantificar las pérdidas de calor en el proceso.
- Cuantificar la eficiencia del proceso a partir de las condiciones de operación.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Esta práctica se desarrolla bajo supervisión del profesor, quien dará las indicaciones necesarias para la operación y control del equipo. En ella se utiliza el equipo de secado del Laboratorio de Ingeniería Química de la facultad, cuya fotografía se muestra en la figura BME-1.1.

El desarrollo se puede separar en tres etapas:

A. Conociendo el secador:

1. Encendido del secador:
2. Identificar los dispositivos de control de operación del equipo.
3. Establecer las condiciones de operación.

B. Proceso de secado de la fruta:

4. Preparar la fruta (selección, limpieza y cortado)
5. Secado del lote.
6. Cuantificación de fracciones.

C. Análisis de resultados y elaboración del reporte.

7. Evaluación y análisis de resultados.
8. Elaboración del reporte

RESULTADOS ESPERADOS:

- Un producto seco de propiedades sensoriales aceptables.
- Los datos necesarios para determinar la eficiencia de aprovechamiento de energía del equipo empleado.
- Determinar el rendimiento de producto seco en base al peso de materia prima y la confirmación de la ley de conservación de la masa.

BIBLIOGRAFÍA:

- Himmbelblau D.M. 1997. Principios básicos y cálculos en ingeniería química. Sexta edición. Prentice Hall.



- Hougén, Watson y Ragatz. 1964. Principios de los procesos químicos. Tomo I: Balances de materia y energía. Editorial Reverté.
- Olivas Vargas R. 2001. Simulación del proceso de secado de materiales biológicos. Centro de Investigación en Materiales Avanzados. (CIMAV). Tesis de doctorado.
- Geankoplis C. J. 1998. Procesos de transporte y operaciones unitarias. 3a. Edición. Cap. 9. Compañía Editorial Continental S. A. de C. V. México.
- McCabe, W.L. & Smith, J.C. *Operaciones Unitarias de Ingeniería Química*. McGraw-Hill Book Co.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Bata de laboratorio

Zapatos de piso cerrados.

Evitar la ropa sueltas, joyas

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

Ninguna

BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Práctica No. BME-2

Balances de materia y energía en un proceso de humidificación de aire

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

- Determinar la eficiencia del proceso en función del incremento en la humedad del aire.
- Comprobar las ecuaciones generales de balance de masa y energía al evaluar las corrientes de flujo del proceso y sus composiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Esta práctica se desarrolla bajo supervisión del profesor, quien dará las indicaciones necesarias para la operación y control del equipo. En ella se utiliza uno de los equipos de humidificación de aire de la Facultad.

El desarrollo se puede separar en tres etapas:

A. Conociendo el equipo de humidificación:

1. Encendido del equipo.
2. Identificar los dispositivos de control de operación del equipo.
3. Establecer dos condiciones de operación, en base a la velocidad del ventilador.

B. Proceso de humidificación y toma de datos:

4. Cuantificar los flujos de aire y agua.
5. Determinar la humedad y temperatura de las corrientes de aire y agua.

C. Análisis de resultados y elaboración del reporte.

6. Análisis de resultados.
7. Elaboración del reporte

RESULTADOS ESPERADOS:

- Determinar las propiedades del aire y agua a la entrada y la salida del equipo necesarias para aplicar las ecuaciones de balance de masa y energía para cuantificar las pérdidas de energía.
- Establecer y explicar la diferencia en las características del aire humidificado al variar la velocidad de flujo en el equipo.

BIBLIOGRAFÍA:

- Himbelblau D.M. 1997. Principios básicos y cálculos en ingeniería química. Sexta edición. Prentice Hall.
- Hougen, Watson y Ragatz. 1964. Principios de los procesos químicos. Tomo I: Balances de materia y energía. Editorial Reverté.
- McCabe, W.L. & Smith, J.C. *Operaciones Unitarias de Ingeniería Química*. McGraw-Hill Book Co.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Bata de laboratorio

Zapatos de piso cerrados.

Evitar la ropa sueltas y joyas.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

No hay.

BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Práctica No. BME-3

Balance de energía en un proceso de mezclado exotérmico.

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

- Comprobar la ecuación de balance de energía al evaluar la temperatura de mezcla en un proceso de disolución adiabático.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Esta práctica se desarrolla bajo supervisión del profesor, quien dará las indicaciones necesarias para la construcción y operación del equipo. Para el desarrollo se utilizará material de vidrio de uso común en el laboratorio, que permita hacer la dilución de un compuesto, del que se sabe, posee un calor de disolución grande.

El desarrollo se puede separar en tres etapas:

A. Identificando los componentes y construyendo del equipo:

1. Identificar los materiales e instrumentos de trabajo.
2. Construir el equipo experimental.

B. Operación y toma de datos:

3. Establecer las condiciones de operación.
4. Efectuar la mezcla cuantificando temperatura y masa adicionada.

C. Análisis de resultados y elaboración del reporte.

5. Evaluación de resultados.
6. Elaboración del reporte.

RESULTADOS ESPERADOS:

- A partir de los datos de concentración y temperatura, el alumno puede comprobar si el proceso desarrollado se mantiene en condiciones adiabáticas, o cuantificar las pérdidas por radiación.

BIBLIOGRAFÍA:

- Himmbelblau D.M. 1997. Principios básicos y cálculos en ingeniería química. Sexta edición. Prentice Hall.
- Hougen, Watson y Ragatz. 1964. Principios de los procesos químicos. Tomo I: Balances de materia y energía. Editorial Reverté.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Bata de laboratorio

Lentes

Evitar la ropa sueltas y joyas.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

Cuando la disolución resultante sea un ácido o una base, deberá ser neutralizada antes de ser desechada, de acuerdo a las indicaciones generales que para éste fin se tienen en la Facultad.

MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL

Práctica No. MEI-1

Selección de motores eléctricos.

Tiempo estimado: 4 horas

OBJETIVOS:

Tomar en cuenta las diferentes condiciones en las que operará un motor eléctrico, además de su potencia, para seleccionar el más adecuado.

MATERIALES Y MÉTODOS:

A partir de la definición de necesidades de instalación de un equipo, en una planta industrial real o hipotética, el alumno identificará y cuantificará las condiciones de temperatura, humedad del aire, gases combustibles en la atmósfera, tiempo de operación, tipo de trabajo (intermitente o continuo), potencia requerida, voltaje, posible exposición a lluvia o líquidos en el ambiente y otros, que le permitan establecer los criterios de selección de un motor.

El alumno deberá de tomar en cuenta la información de catálogos de fabricantes de motores, distribuidores locales y/o información vía internet para su selección.

RESULTADOS ESPERADOS:

Las características necesarias para que cualquier persona de apoyo pueda solicitar una cotización del motor seleccionado.

BIBLIOGRAFÍA:

- Perry's Chemical Engineer Handbook. 7th. Edition. Mc Graw Hill.
- Catálogos comerciales de motores eléctricos.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Las mismas que debe observar al asistir a clases.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

No hay.

MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL

Práctica No. MEI-2

Selección de ventiladores y extractores de aire.

Tiempo estimado: 4 horas

OBJETIVOS:

Determinar las características de un equipo de impulsión o expulsión de aire dada una necesidad específica.

MATERIALES Y MÉTODOS:

A partir de la definición de necesidades de un edificio o equipo, el alumno calculará el volumen de aire o gases que deberán ser impulsados o expulsados y con este dato, seleccionará las características del ventilador o extractor.

El alumno identificará y considerará las condiciones de temperatura, humedad del aire, gases combustibles en la atmósfera, tiempo de operación, tipo de trabajo (intermitente o continuo) y otros, que le permitan establecer los criterios de selección.

Deberá de tomar en cuenta la información de catálogos de fabricantes de ventiladores y sopladores, distribuidores locales y/o información vía internet para su selección.

RESULTADOS ESPERADOS:

Las características necesarias para que cualquier persona de apoyo pueda solicitar una cotización del equipo seleccionado.

BIBLIOGRAFÍA:

- Perry's Chemical Engineer Handbook. 7th. Edition. Mc Graw Hill.
- Catálogos comerciales de ventiladores y extractores para gases.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Las mismas que debe observar al asistir a clases.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

No hay.

MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL

Práctica No. MEI-3

Instrumentos de control.

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

Identificar, seleccionar y operar algunos instrumentos de control básicos en equipos industriales comunes.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Instrumentos y equipo:

- Interruptor eléctrico de presión (presostato) de 0 a 1000 kPa
- Compresor de aire
- Interruptor eléctrico de temperatura (termostato)
- Resistencia eléctrica
- Manómetro
- Multímetro
- Termómetro

Procedimiento:

- Se modificarán los valores de presión de arranque y paro, del compresor, evaluando el flujo de corriente eléctrica al motor, durante cada ciclo de encendido y apagado.
- Utilizando la resistencia eléctrica, conectado a la salida del termostato, se determinará la curva de respuesta de éste en un proceso de calentamiento. Con esta información, el alumno hará un planteamiento de posibles usos y limitaciones de estos instrumentos de control.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Mediante la calibración del presostato, se expresará gráficamente el consumo de energía eléctrica en un compresor y su impacto en el costo de operación y vida útil del equipo.
- Identificar las limitaciones, usos y posibles cambios en una instalación eléctrica para mejorar la eficiencia en equipos con calentamiento a base de resistencias eléctricas.
- Sugerencias de sentido común en el uso de instrumentos de control.

BIBLIOGRAFÍA:

- Perry's Chemical Engineer Handbook. 7th. Edition. Mc Graw Hill.
- Catálogos comerciales de ventiladores y extractores para gases.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

- Zapatos de suela de goma
- No uso de ropa holgada
- Guantes para operar instalaciones eléctricas

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

No hay.

MÁQUINAS TÉRMICAS

Práctica No. MT-1

Tratamiento de agua para uso en una caldera.

Tiempo estimado: 6 horas

OBJETIVOS:

Determinar las características del agua de la red municipal, para ser utilizada en una caldera y a partir de éstas, establecer el tratamiento para su uso.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Equipo y materiales:

- Potenciómetro
- Conductímetro
- Buretas y matraces Erlenmeyer para titulación.

Procedimientos:

- El alumno determinará el pH, la conductividad y la dureza del agua de la red municipal. En función de la cual, definirá el procedimiento para suavizarla.
- Se tratará un volumen dado, y se comprobará su calidad.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Un volumen dado de agua de características fisicoquímicas aceptables para su uso en una caldera.
- Costos aproximados de este proceso.

BIBLIOGRAFÍA:

- Perry's Chemical Engineer Handbook. 7th. Edition. Mc Graw Hill.
- Notas del profesor.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

- Bata de laboratorio
- Lentes de seguridad
- Guantes para sujetar objetos a alta temperatura.
- Zapatos de piso

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

No hay.

MÁQUINAS TÉRMICAS

Práctica No. MT-2

Arranque y operación de una caldera.

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

Arrancar y/o diagnosticar y corregir posibles fallos en la operación de una caldera.

MATERIALES Y MÉTODOS:

- El alumno seguirá paso a paso la rutina de diagnóstico de las condiciones para poner en operación una caldera.
- El alumno diagnosticará los posibles fallos por los cuales una caldera deja de funcionar. Para esta etapa, el profesor habrá preparado “diversas fallas” que el alumno deberá localizar y corregir.

RESULTADOS ESPERADOS:

Arrancar y mantener en operación una caldera.

BIBLIOGRAFÍA:

- Perry's Chemical Engineer Handbook. 7th. Edition. Mc Graw Hill.
- Notas del profesor.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

- Bata de laboratorio
- Lentes de seguridad
- Guantes para sujetar objetos a alta temperatura.
- Zapatos de piso

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

No hay.

MÁQUINAS TÉRMICAS

Práctica No. MT-3

Eficiencia térmica de un calentador de agua.

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

Determinar la eficiencia térmica de un calentador de agua, medido como el porcentaje de la energía de combustión que se transfiere a una corriente de agua en un equipo de calentamiento de uso doméstico.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales e instrumentos:

- Termómetro.
- Rotámetro.
- Báscula

Procedimiento:

Para dos condiciones de flujo de agua diferentes, el alumno determinará: flujo, temperaturas del agua a la entrada y la salida del calentador, temperatura del aire y gases de combustión y flujo de combustible quemado.

Con estos datos, el alumno calculará la eficiencia del equipo, medida como el porcentaje de la energía de combustión “captada” por el agua.

RESULTADOS ESPERADOS:

El alumno identificará las diferentes “fugas” de energía que tiene un sistema de esta naturaleza y propondrá algunos cambios para incrementar la eficiencia de aprovechamiento.

BIBLIOGRAFÍA:

- Perry's Chemical Engineer Handbook. 7th. Edition. Mc Graw Hill.
- Himbelblau D.M. 1997. Principios básicos y cálculos en ingeniería química. Sexta edición. Prentice Hall.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Las mismas que debe observar al asistir a clases.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

No hay.

MECÁNICA DE FLUIDOS Y TRANSFERENCIA DE CALOR

Práctica No. MFTC-1

Altura efectiva de una bomba centrífuga

Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS:

Calcular a partir de datos experimentales la altura útil de una bomba centrífuga y compararla con la altura manométrica para diferentes gastos.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Bomba centrífuga 1 del Banco para prueba de bombas

Agua cbp

Nota:

Los diagramas y especificaciones del equipo se encuentran claramente detallados en el manual de operación del equipo en las páginas comprendidas entre la número uno y la número seis.

El procedimiento debe seguirse atendiendo cuidadosamente las instrucciones del manual que se encuentran la página 12 del mismo.

RESULTADOS ESPERADOS:

Los datos obtenidos y la presentación de los resultados debe hacerse como lo establece la Tabla 1 de la página 14 y elaborar una gráfica similar a la gráfica 1 de la página 15 del manual.

BIBLIOGRAFÍA:

1. CRODE, Manual de Operación del Banco para Prueba de Bombas, Chihuahua, Chihuahua.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Cerrar las puertas de acceso a bombas y motores.

No operar las bombas en seco.

MECÁNICA DE FLUIDOS Y TRANSFERENCIA DE CALOR

Práctica No. MFTC-2

Manifestación de la altura útil

Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS:

Calcular a partir de datos experimentales la energía disponible en la salida de una bomba centrífuga y utilizarla como energía estática o energía dinámica.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Bomba centrífuga 1 del Banco para prueba de bombas

Agua cbp

Nota:

Los diagramas y especificaciones del equipo se encuentran claramente detallados en el manual de operación del equipo en las páginas comprendidas entre la número uno y la número seis.

El procedimiento debe seguirse atendiendo cuidadosamente las instrucciones del manual que se encuentran la página 16 del mismo.

RESULTADOS ESPERADOS:

Los datos obtenidos y la presentación de los resultados debe hacerse como lo establece la Tabla 2 de la página 16 y elaborar una gráfica similar a la gráfica 2 de la página 19 del manual.

BIBLIOGRAFÍA:

1. CRODE, Manual de Operación del Banco para Prueba de Bombas, Chihuahua, Chihuahua.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Cerrar las puertas de acceso a bombas y motores.

No operar las bombas en seco.

MECÁNICA DE FLUIDOS Y TRANSFERENCIA DE CALOR

Práctica No. MFTC-3

Curvas características de las bombas hidráulicas

Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS:

Obtener las curvas características de los diferentes tipos de bombas disponibles en el banco por medio de un ensayo elemental.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Banco para prueba de bombas

Agua cbp

Nota:

Los diagramas y especificaciones del equipo se encuentran claramente detallados en el manual de operación del equipo en las páginas comprendidas entre la número uno y la número seis.

El procedimiento debe seguirse atendiendo cuidadosamente las instrucciones del manual que se encuentran la página 20 del mismo.

RESULTADOS ESPERADOS:

Los datos obtenidos y la presentación de los resultados debe hacerse como lo establecen las Tablas 3, 4, 5, 6 y 7 de las páginas 22, 24, 26, 28 y 30 y elaborar unas gráficas similares a las gráficas 3, 4, 5, 6 y 7 de las páginas 23, 25, 27, 29 y 31 del manual.

BIBLIOGRAFÍA:

1. CRODE, Manual de Operación del Banco para Prueba de Bombas, Chihuahua, Chihuahua.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Cerrar las puertas de acceso a bombas y motores.

No operar las bombas en seco.

OPERACIONES UNITARIAS I

Práctica No. OU1-1

Determinación de granulometrías de polvos alimenticios por tamizado

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

Se pretende llevar a cabo la evaluación de la distribución de los tamaños de las partículas de muestras de algunos polvos industriales utilizando la técnica analítica de tamizado. Como se sabe, tal técnica consiste en forzar una cantidad determinada de un polvo a través de una serie sucesiva de tamices o cedazos a fin de identificar los rangos en los que se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas del citado polvo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales e instrumentos

- Muestras de tres polvos industriales típicos (carbonato de sodio, cemento, etc.)
- Serie de tamices
- Vibrador mecánico
- Balanza granataria
- Brochas o cepillos para limpieza

Procedimiento

1. Seleccionar, al menos, tres polvos industriales comunes, tales como: harina de trigo, carbonato de sodio, etc.
2. Fijar los extremos de la serie de tamices haciendo pasar una muestra pequeña (aproximadamente 100 g) a través de dos tamices, seleccionados con base en la literatura o en experiencia previa. Ambos tamices se montan y se hacen vibrar en la zaranda mecánica por unos 5 minutos; se verifican los pesos retenidos y se continua probando tamices hasta que el de mayor apertura retenga aproximadamente el 5% del peso alimentado y el de menor apertura solo deje pasar otro 5% del peso aproximadamente. En otras palabras, en el tamiz fino debe quedar unos 90 g de los 100 g alimentados, en el tamiz grueso unos 5 g y en el plato de la base los otro 5 g (todas las cantidades son aproximadas).
3. Una vez seleccionados los tamices de los extremos del conjunto, se insertan los tamices intermedios utilizando una serie $\sqrt{2}$; o sea, si el rango escogido es 16-60 (números de malla) la serie sería: 16, $16(\sqrt{2})\sim 22$, $22(\sqrt{2})\sim 30$, y sucesivamente hasta cubrir los extremos seleccionados anteriormente.
4. Sujetar el “nido” de tamices siguiendo un orden lógico y fijando un plato recolector y una tapa en ambos extremos.
5. Pesar 200 g de muestra, colocarla en el tamiz superior y hacer vibrar el “nido” en el vibrador mecánico por 5 minutos, retirar las partículas finas del plato recolector y vibrar por 2 minutos más.

6. Desensamblar el “nido de tamices y pesar las fracciones acumuladas en cada tamiz anotando el diámetro de malla (x_A) correspondiente.
7. Limpiar los tamices cuidadosamente con los cepillos, retornar todos los materiales y equipos a sus lugares y limpiar cualquier residuo de polvo remanente en el área de trabajo.

RESULTADOS ESPERADOS:

Los resultados de un análisis por tamizado se pueden presentar de varias maneras:

1. En forma tabular:

- Las fracciones retenidas en cada cedazo se pueden listar como un porcentaje del peso original
- Se pueden listar los porcentajes acumulativos de partículas “sobredimensionadas” y “subdimensionadas”.

2. En forma gráfica:

- Gráfica de porcentaje fraccionado en papel milimétrico o semilogarítmico, en forma de histogramas o como curvas de frecuencia. El hecho de utilizar papel semilogarítmico es para evitar puntos empalmados en la región de mallas mas finas.
- Gráficas de porcentajes acumulativos de partículas “sobredimensionadas” o “subdimensionadas” contra diámetro de malla (x_A). Ambas gráficas son, de hecho, imágenes especulares y para fines prácticos solo se necesita una de ellas. Este tipo de gráficas son útiles para predecir valores no medidos experimentalmente por interpolación. El tamaño mediano de la muestra es también obtenido fácilmente como el punto intermedio de la distribución de los tamaños.

Reportar en forma tabular y en forma gráfica, preferentemente como una de las últimas mencionadas.

BIBLIOGRAFÍA:

- Perry, R.H. & Chilton, C.H. (eds), *Manual del Ingeniero Químico*. McGraw-Hill Book Co. (varias ediciones)
- McCabe, W.L. & Smith, J.C. *Operaciones Unitarias de Ingeniería Química*. McGraw-Hill Book Co. (varias ediciones)
- Barbosa-Cánovas, G.V., Vega-Mercado, H. y Ortega-Rivas, E. (1997). Propiedades físicas III: Caracterización de alimentos en polvo. En: *Temas en Tecnología de Alimentos*, pp. 287-337. Ed J.M. Aguilera. Instituto Politécnico Nacional, México.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Las convencionales de los laboratorios y plantas piloto. Se deben usar bata y botas o suela antiderrapante.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

Ninguna en particular; los residuos son del tipo doméstico común y pueden ir a la coladera sin ningún problema.

OPERACIONES UNITARIAS I

Práctica No. OU1-2

Clarificación centrífuga por medio de un hidrociclón

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

La centrifugación se puede llevar a cabo en equipos de pared móvil y equipos de pared fija. Los equipos de pared móvil son diversos e incluyen a centrífugas tubulares, centrífugas de discos, centrífugas decantadoras y centrífugas filtrantes. El equipo de pared fija más conocido es el hidrociclón, que consiste en un cuerpo cono-cilindrico al que se alimenta tangencialmente una suspensión. El efecto de bombeo produce un vórtice que genera un campo centrífugo dentro del cual las partículas de mayor densidad que el líquido se proyectan a la pared del hidrociclón y se descargan como un torrente concentrado por la parte inferior de la unidad. El vórtice encuentra una restricción de espacio al descender por la parte cónica por lo que se forma un segundo vórtice que se eleva y sale por la parte superior. En la vecindad de este vórtice secundario giran partículas pequeñas que por su tamaño no alcanzan la pared del ciclón y no se separan, siendo descargadas en el torrente de clarificado superior. En condiciones ideales, un hidrociclón puede clarificar en forma continua suspensiones diversas y puede competir de forma eficiente con centrífugas. Los hidrociclones son simples de operar y muestran una gran versatilidad. Sin embargo sus variables de operación se encuentran muy interrelacionadas, por lo que se puede modelar su operación haciendo uso de números adimensionales. Se pretende clarificar un sistema proveniente del lavado de algún producto alimenticio como una fruta o vegetal y determinar gravimétricamente la eficiencia de la separación. Así mismo, se busca derivar los números adimensionales que modelan la operación del hidrociclón.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales y equipo

- Algún tipo de fruto o vegetal, principalmente un tubérculo
- Recipientes para almacenar muestras
- Utilería del Taller de Alimentos de la Facultad
- Instalación de hidrociclones de la Planta Piloto de Ingeniería Química con una unidad de 25.4 mm de diámetro

Procedimiento

- Lavar con cepillo la materia prima con el fin de obtener una suspensión que contenga sólidos sedimentables; coleccionar al menos 10 lts de suspensión
- Determinar la concentración de la suspensión por medio de gravimetría
- Trasladar la suspensión a la Planta Piloto, vaciar el contenido en el recipiente de la instalación de hidrociclones
- Abrir la válvula de paso completamente y cerrar la de entrada al hidrociclón
- Accionar la bomba

- Abrir paulatinamente la válvula de entrada al hidrociclón y cerrar parcialmente la de recirculación hasta obtener una lectura estable alta en el manómetro; anotar dicha lectura
- Determinar el caudal de los torrentes por el método de cubeta y cronómetro
- Una vez que se estabilice la lectura del manómetro extraer simultáneamente, al menos tres muestras de calificado y engrosado
- Determinar gravimétricamente la concentración de las muestras
- Limpiar completamente la instalación de hidrociclones

RESULTADOS ESPERADOS:

Se debe comprobar la capacidad clarificadora (y/o engrosadora) del hidrociclón. En forma gravimétrica debe constatar que los sólidos sedimentables de la alimentación aumentan en el engrosado y disminuyen en el clarificado. El reporte se debe elaborar de la siguiente manera:

- Con los datos obtenidos verificar si las concentraciones de clarificado y engrosado y compararlas con la concentración de alimentación
- Evaluar, de esta forma, una eficiencia de la separación del hidrociclón
- Estimar los valores posibles de los números adimensionales y compararlos con los que se reportan en la literatura
- Elaborar el reporte siguiendo los lineamientos proporcionados; reportar todos los cálculos efectuados y justificar las discusiones y conclusiones

BIBLIOGRAFÍA:

- Geankopolis, C.J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. C.E.C.S.A., México (varias ediciones).
- Ortega-Rivas, E. (2007). Hydrocyclones. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH. Weinheim, Alemania.
- Ortega-Rivas, E. (2004). Applications of the liquid cyclone in biological separations. *Engineering in Life Sciences*. **4**(2): 119-123.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Las convencionales de los laboratorios y plantas piloto. Se deben usar bata y botas o suela antiderrapante.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

Ninguna en particular; los residuos son del tipo doméstico común y pueden ir a la coladera sin ningún problema.

OPERACIONES UNITARIAS I

Práctica No. OU1-3

Operación de un filtro prensa para derivar gráficas de filtración

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

La filtración es una operación unitaria que tiene aplicaciones diversas en la industria de procesamiento de materiales. Por medio de tal operación, una suspensión se fuerza a través de un medio poroso para que las partículas se retengan dentro de éste o sobre su superficie. Por lo general se utiliza presión para forzar el flujo a través del medio poroso y un gran número de equipos acumulan los sólidos en una de las superficies formando lo que se conoce como torta de filtración. El flujo se establece ejerciendo presión o vacío, y tanto la torta como el medio son las principales resistencias que debe vencer el flujo para que se normalice el caudal. En un número de casos prácticos la presión de alimentación no varía durante un ciclo de filtrado, con lo que el volumen obtenido disminuye con respecto al tiempo. A este modo de filtración se le conoce como filtración a presión constante.

Un equipo ampliamente usado para llevar a cabo filtración a presión es el filtro prensa o filtro de placas y marcos. En una unidad de filtro prensa se montan sobre una estructura una serie de placas huecas y estampadas que al presionarse por medio de un tornillo forman canales de flujo y entre las que se colocan telas o medios filtrantes. Durante la operación de filtrado se acumulan la torta de sólidos en el hueco que dejan las placas montadas. Una forma común de operar un filtro prensa es mantener la presión constante ya que, de cualquier forma, la acumulación de sólidos será tal que se llegará a un punto en el que el caudal disminuya o cese. Cuando esto sucede se retirará la torta acumulada y se puede invertir el flujo para efectuar un ciclo de lavado. Se puede encontrar un diagrama de flujo de un filtro prensa en la literatura del tema.

Independientemente del tipo de filtro usado, la operación de filtración se puede analizar estudiando ciertas características de la torta y del medio de filtración para establecer las ecuaciones que relacionarán las variables que gobiernan el proceso. La resistencia específica del medio y, sobre todo, la resistencia específica de la torta, son las constantes principales que surgen del análisis, pero presentan una gran variabilidad ya que dependen de las condiciones del proceso. De tal forma, suelen evaluarse a partir del ajuste de una gráfica de filtración. El procedimiento para llevar a cabo tal evaluación se encuentra en los textos clásicos de ingeniería química y se describe en los cursos correspondientes.

El objetivo fundamental que se persigue es el de operar el filtro prensa de la Planta Piloto de Ingeniería Química de la Facultad para clarificar jugo de manzana y derivar la gráfica de filtración correspondiente, así como para evaluar las resistencias específicas de la torta y del medio, respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales y equipo

- Manzana de cualquier variedad de procedencia local
- Extractor de jugo

- Filtro prensa de la Planta Piloto de Ingeniería de la Facultad
- Cronómetro o reloj
- Utilería del taller de alimentos de la Facultad: cuchillos, peladores, descorazonadores, recipientes, etc.

Procedimiento

1. Pesar el contenido de una o dos rejas de manzana, lavarlas, descorazonarlas y pelarlas
2. Obtener el jugo turbio por medio del extractor del taller de industrialización de alimentos. Conservar el bagazo y continuar la operación hasta obtener un volumen de, aproximadamente, 10 litros.
3. Pesar el bagazo y medir el volumen del jugo turbio para hacer un estimado aproximado del rendimiento
4. Trasladar el jugo a la planta piloto de ingeniería
5. Operar el filtro prensa de la siguiente manera:
 - Montar las placas y las telas filtrantes, atornillar y verificar que no haya fugas
 - Llenar el depósito del filtro y medir el volumen
 - Abrir la válvula de entrada al filtro, así como la de recirculación del tanque
 - Recircular la suspensión por 10 minutos
 - Estabilizar la lectura del manómetro a 22 lbs/plg² aproximadamente
 - Hacer de 6 a 8 extracciones de clarificado, abriendo la válvula de salida del filtro y cerrando la de recirculación en forma sincronizada y obtener el clarificado durante 10 minutos
 - Continuar las extracciones, midiendo el volumen obtenido en la anterior, mientras se lleva a cabo la actual
 - Parar cuando se haya llegado a un volumen mínimo de néctar en el tanque
 - Verificar el volumen total de filtrado obtenido
 - Limpiar las telas, juntar los sólidos y secarlos para evaluar su cantidad
 - Drenar los líquidos remanentes y limpiar los equipos

RESULTADOS ESPERADOS:

De acuerdo a la metodología descrita en el curso y en la literatura, se tabularán los volúmenes obtenidos de filtrado con respecto a los tiempos de extracción. Se graficarán los datos tabulados y se evaluarán los valores empíricos de los parámetros K y B . Se efectuarán los cálculos necesarios para determinar los valores de \square y R_m a partir de los datos obtenidos y de valores consultados en la literatura. Se predecirá, con los datos obtenidos, el volumen de filtrado que se obtendría en condiciones similares en una operación a escala semi-industrial en un turno de trabajo. Se estructurará el reporte incluyendo las tablas y gráficas obtenidas, así como una discusión de los resultados, independientemente de que sean los esperados o que difieran de lo ideal. Se deberán justificar todas las consideraciones hechas y se deberán citar todas las fuentes de las que se hayan tomado datos adicionales para efectuar los cálculos.

BIBLIOGRAFÍA:

- Geankopolis, C.J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. C.E.C.S.A., México (varias ediciones)
- Ortega-Rivas, E. (1997). Editor Invitado de: Special Issue on Handling and Processing of Food Powders and Suspensions. *Food Science and Technology International*. **3**(5), 317-390.
- Ortega-Rivas, E. (1995). Review and advances in apple juice processing. En: *Food Process Design and Evaluation*, pp. 27-46. Ed. R.K. Singh. Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, PA, EUA.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Las convencionales de los laboratorios y plantas piloto. Se deben usar bata y botas o suela antiderrapante.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

Ninguna en particular; los residuos son del tipo doméstico común y pueden ir a la coladera sin ningún problema.

OPERACIONES UNITARIAS II

Práctica No. OU2-1

Evaporación.

Tiempo estimado: 6 horas

OBJETIVOS:

Aprenderá a manejar el evaporador para estabilizar las condiciones de operación y tomar datos de flujos y temperaturas para poder realizar los balances de materia y energía necesarios para caracterizar la capacidad de transferencia de calor del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales y equipo:

- Evaporadores de tubos cortos.
- Solución diluida problema.
- Material de laboratorio básico para llevar a cabo determinación de concentración de sólidos totales. Refractómetro y/o densímetros.
- Termómetros.
- Material de vidrio.
- Báscula.

Procedimiento:

- Descripción del funcionamiento del equipo.
- Definición de parámetros de operación.
- Establecimiento de condiciones en estado estable.
- Toma de datos. (flujos, temperaturas)
- Análisis de resultados y elaboración del reporte.

RESULTADOS ESPERADOS:

Determinar el coeficiente global de transferencia de calor del equipo en función de la viscosidad de la solución concentrada.(producto)

Determinar el efecto de la temperatura de la alimentación, con respecto a la capacidad del evaporador.

Determinar el efecto de las variables de operación sobre las características físicas y sensoriales del producto.

BIBLIOGRAFÍA:

- Risvi, S.S.H ; Mittal, G.S. 1992. Experimental methods in food engineering. Van Nostrand Reinhold.
- McCabe, W. L. & Smith, J.C. Operaciones Unitarias de la Ingeniería Química. McGraw-hill Book Co.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

- Bata de laboratorio.
- Zapatos de piso cerrados.
- Lentes.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

- No especificadas.

OPERACIONES UNITARIAS II

Práctica No. OU2-2

Destilación.

Tiempo estimado: 4 horas

OBJETIVOS:

Aprenderá a manejar el equipo de destilación a equilibrar las condiciones de operación y tomar datos de flujos, temperaturas y datos de equilibrio para poder realizar los balances de materia y energía así como medir la eficiencia de la torre.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales y equipo

- Torre de destilación piloto.
- Mezcla binaria.(etanol / agua)
- Equipo de laboratorio para análisis de la mezcla binaria. (alcoholímetro)
- Material de vidrio.
- Densímetro
- Báscula.

Procedimiento:

- Descripción del funcionamiento del equipo.
- Definición de parámetros de operación.
- Establecimiento de condiciones en estado estable.
- Toma de datos.(flujos, temperaturas, densidades, composiciones)
- Análisis de datos y elaboración del reporte.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Determinación de la eficiencia de los platos.
- Determinación de la influencia de la temperatura de alimentación con respecto a la composición del destilado y del residuo.
- Determinación de la influencia de la relación de recirculación con respecto a la composición y flujos de destilado y de residuo.

BIBLIOGRAFÍA:

- McCabe, W. L. & Smith, J.C. Operaciones Unitarias de la Ingeniería Química. McGraw-hill Book Co.
- Treybal, R.E. Operaciones de transferencia de masa. McGraw-hill book Co.

Medidas de seguridad

- Bata de laboratorio
- Lentes.
- Zapatos de piso cerrados.

Indicaciones para desecho de residuos.

- No especificadas.

OPERACIONES UNITARIAS III

Práctica No. OU3-1

Secado por aspersión de puré de tomate

Tiempo estimado: 4 horas

OBJETIVOS:

Familiarizar al estudiante con la operación de secado por aspersión, calcular la eficiencia global del secador por aspersión, medir el contenido final de humedad del producto a varias temperaturas de aire de salida y observar la diferencia en el producto final utilizando alimentación con diferente contenido de sólidos totales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Puré de tomate, secador por aspersión, anemómetro digital, termómetro, carta psicométrica, estufa, tamiz para medir el tamaño de partículas, placa de agitación y calentamiento, refractómetro, material de uso común en laboratorio.

Procedimiento

Para familiarizarse con la operación del secador se utilizará primero agua, siguiendo las instrucciones del manual de operación.

- Se cambiará a puré de tomate y se ajustará el flujo para mantener la misma temperatura de aire de salida. Cuando se alcance el estado estable, se medirá el flujo de aire que sale del secador con un anemómetro. Se medirá también la temperatura de entrada y salida y la humedad relativa con la carta psicométrica.
- Se medirá la temperatura de salida de producto y se tomará una muestra para medición posterior de la humedad siguiendo el método 22.008 de AOAC (1984). Se reportará el contenido de humedad como un porcentaje del peso inicial (en base seca).
- Se medirá el efecto de cambiar la velocidad del atomizador centrífugo usando 3 velocidades. Se medirá el tamaño de partículas tamizando el polvo a través de diferentes mallas y se determinará el porcentaje de peso retenido en cada malla. Se hará un histograma de frecuencia de tamaño de partícula para mostrar como afecta la velocidad de rotación el diámetro medio de las gotas.
- El experimento se repetirá con temperaturas de aire de salida de 80 y 100° C a una velocidad de disco fija. La temperatura de salida deseada se puede obtener incrementando la temperatura de entrada del aire o disminuyendo la velocidad de entrada de producto al secador.
- El experimento se repetirá utilizando puré de diferente concentración de sólidos (TS).
- El producto se rehidratará con agua destilada a 25 °C y se reportará el sabor y la apariencia.
- Se calculará la eficiencia evaporativa y global, así como el tiempo de residencia para todos los experimentos considerando que:

$$\eta_{\text{global}} = \left(\frac{T_1 - T_2}{T - T_0} \right) * 100. \quad \text{y} \quad \eta_{\text{evaporación}} = \left(\frac{T_1 - T_2}{T - T_{\text{sat}}} \right) * 100$$

donde T_1 es la temperatura de aire que entra al secador, T_2 la temperatura del aire que sale del secador, T_0 la temperatura atmosférica del aire y T_{sat} la temperatura de saturación adiabática correspondiente a T_1 .

El tiempo mínimo de residencia se calculará dividiendo el volumen de la cámara entre el flujo volumétrico de aire (calculado a la temperatura promedio de la cámara).

RESULTADOS ESPERADOS:

El estudiante conocerá el manejo de un secador por aspersion y determinará la eficiencia global y evaporativa del secador, así como los tiempos de residencia.

El estudiante medirá la actividad de agua y el contenido de humedad del trigo y utilizará dichos valores para graficar isotermas de desecación a dos temperaturas.

El estudiante evaluará el efecto que tiene las diferentes condiciones de operación y de alimentación en las características del producto deshidratado.

BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 14th. Edition . Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C.

Barbosa-Cánovas, G. Ma, L. and Barletta, B. 1997. Food Engineering Laboratory Manual. Technomics, Pub. Co. Washington.

Heldman, D. R. and Singh, P. 1980. Food Process Engineering. 2nd. Ed. AVI. Westport.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Uso de bata.

Indicaciones para desecho de residuos

Ninguna

OPERACIONES UNITARIAS III

Práctica No. OU3-2

Determinación de isotermas de desorción de humedad

Tiempo estimado: 3 horas

OBJETIVOS:

Determinar isotermas de desorción de humedad de un alimento (trigo) utilizando el método estático de equilibrio a 40 y 60°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Granos de trigo, ácido sulfúrico, 8 recipientes herméticos de vidrio, 24 pesafiltros, material de uso común en el laboratorio, desecador con dispositivo para vacío, incubadora, estufa, higrómetro marca Decagon.

Método estático de equilibrio

Para la determinación de las curvas de desorción a 40 y 60°C se utilizará una adaptación del método descrito por Multon et al, (1981), en el cual se utilizan recipientes herméticos de vidrio (celdas) con soluciones de ácido sulfúrico a diferentes concentración (Tabla 1) para crear microambientes de actividad de agua conocida.

La cinética de desorción se determinará de la siguiente manera:

- Se colocará la muestra de granos de trigo en un desecador a vacío (30 cm de Hg) durante 24 h para eliminar la humedad superficial.
- 1 ó 2 gramos de muestra anterior se colocarán en pesa-filtros previamente puestos a peso constante.
- Se utilizarán soluciones de ácido sulfúrico con diferente actividad de agua. Para esto prepararan soluciones de ácido sulfúrico de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80% (v/v) y se obtendrá de la Tabla 1 la a_w correspondiente a las temperaturas de 40 y 60°C
- 3 pesafiltros con la muestra se colocarán en cada una de las celas que contienen las diferentes soluciones de ácido sulfúrico (Fig. 1).
- Las celdas con los pesafiltros se colocarán en la incubadora a la temperatura de evaluación (40 y 60°C) y se les deja hasta alcanzar el equilibrio.
- Se medirá la actividad de agua en un higrómetro marca Decagon.
- Se determinará el contenido de humedad por el método 22.008 de AOAC (1984).

RESULTADOS ESPERADOS:

El alumno aplicará el método estático para la determinación de una cinética de desorción en alimentos.

El estudiante medirá la actividad de agua y el contenido de humedad del trigo y utilizará dichos valores para graficar isotermas de desorción a dos temperaturas.

El estudiante evaluará el efecto que tiene la temperatura sobre la cinética de desorción del trigo.

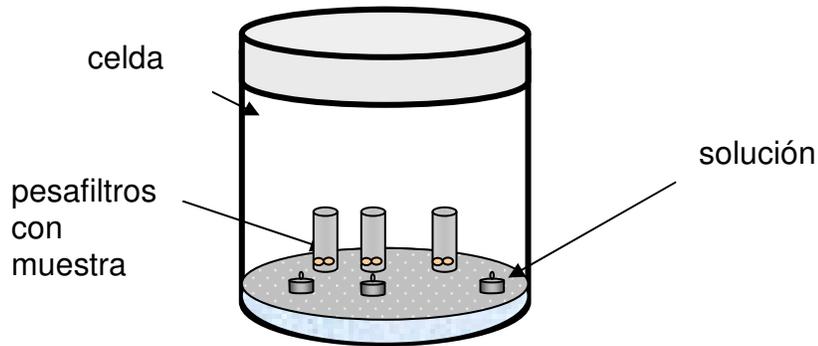


Figura 1. Dispositivo experimental para evaluar la cinética de sorción de un alimento.

Tabla 1. Valores de humedad relativa de soluciones de ácido sulfúrico en función de la concentración (%v/v) y de la temperatura.

Densidad a 20°C	Concentración (% v/v)	Temperatura de la solución y del aire (°C)	
		40	60
1.0661	10	95.62	95.73
1.1394	20	87.85	89.03
1.2185	30	75.37	77.65
1.3028	40	57.48	59.05
1.3951	50	36.69	39.58
1.4983	60	17.8	20.54
1.6105	70	4.97	6.68
1.7272	80	0.69	1.15

BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 14th. Edition . Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C.

Multon, J.L., Bizot, H. et Martin, G. 1981. Eau (teneur, activité, absorption, propriétés fonctionnelles)-humidités relatives. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Analyse des constituants alimentaires. Vol. 4. 1-51.

Vázquez, G, Chenlo, R., Moreira, R., Costoyas, A. 1999. The dehydration of garlic. 1. Desorption isotherms and modelling of drying kinetics. *Drying Technol.* 17(6), 1095-1108.

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Uso de bata, guantes y lentes de protección.

Preparar las soluciones de ácido sulfúrico en la campana de extracción.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS:

Las soluciones de ácido sulfúrico se pueden reutilizar o depositar en los recipientes de desecho indicados para ello.

OPERACIONES UNITARIAS III

Práctica No. OU3-3

Cálculo de coeficientes de transferencia de masa y calor en una torre de enfriamiento

Tiempo estimado: 2 Sesiones de 2 horas

OBJETIVOS:

Familiarizar al estudiante con el funcionamiento de una torre de enfriamiento y aplicar los conocimientos teóricos en el cálculo de los coeficientes de transferencia de masa y calor a partir de datos experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Torre de enfriamiento, dos bombas centrífugas de recirculación, recipientes de 15 litros, cronómetro, anemómetro.

Método

Inicio de la operación

- Asegúrese que estén abiertas las V del circuito de agua torre de enfriamiento-intercambiador-torre de enfriamiento.
- Bombear agua de la torre de enfriamiento al intercambiador
- Prender el ventilador de la torre de enfriamiento
- Abrir la válvula de alimentación de vapor al HLU y purgar la línea
- Alimentar aire comprimido (15 psia) al controlador del intercambiado, y fijar el set point en la temperatura de calentamiento deseada. Considerar esta temperatura como la temperatura del agua que entra a la torre.
- Abrir la válvula de alimentación de vapor al intercambiador. Esperar a que se alcance el estado estable y entonces medir el flujo de alimentación de agua a la torre (tiempo que tarda en llenarse un recipiente de 15 litros).
- Con el anemómetro, medir el flujo de aire a la salida de la torre. Esta medición y la de temperatura deben hacerse con mucha precaución para evitar accidentes con el ventilador. Medir la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo del aire que entra y del que sale de la torre cada 10 min.

Fin de la operación

- Cerrar la válvula de alimentación de vapor al intercambiador de calor
- Cerrar la entrada de aire al controlador del intercambiador
- Cerrar la válvula de alimentación de vapor al HLU
- Dejar enfriar y apagar las bombas de recirculación

Cálculos:

1. Obtener las condiciones de operación promedio de la torre.
2. Trazar la línea de equilibrio en un diagrama entalpía vs temperatura.
3. En el mismo diagrama anterior trazar la línea de operación.
4. Calcular el coeficiente de transferencia de masa K_{Ga} y los coeficientes de transferencia de calor h_{Ga} y h_{La} .

BIBLIOGRAFÍA

Geankoplis C.J. C. 1993. Transport processes and unit operations. 3th. Edition. Prentice-Hall, Inc. USA.

Mujica-Paz, H. 2002. Apuntes de operaciones unitarias III. Facultad de Ciencias Químicas, UACH.

Treybal, R.E. 1980. Mass transfer operations. 3th. Edition. McGraw-Hill. USA.

RESULTADOS ESPERADOS

El estudiante conocerá el manejo de una torre de enfriamiento.

El alumno calculará los coeficientes de transferencia de masa y de calor en una torre de enfriamiento a partir de datos experimentales.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Para hacer las mediciones de temperatura en la salida de la torre se deberá tener mucho cuidado de no inclinar el termómetro hacia adentro ya que puede ser atrapado por las aspas del ventilador.

INDICACIONES PARA EL DESECHO DE RESIDUOS.

Ningún residuo se produce en la práctica

OPERACIONES UNITARIAS III

Práctica No. OU3-4

Determinación de coeficientes de difusión en un material sólido

Tiempo estimado: 2 Sesiones de 2 horas

OBJETIVOS:

Determinar el coeficiente de difusión en un material sólido, realizar una extracción sólido-líquido en contracorriente por lotes a escala pequeña y aplicar los principios y ecuaciones básicas de la lixiviación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Agar bacteriológico, sacarosa, agua destilada, sacabocados No. 6. 6 placas de agitación, 6 agitadores magnéticos, 7 vasos de precipitados de 150 ml, 6 cajas petri, vernier, alambre delgado, 2 pipetas de 1 ml, espátula, mortero, un vaso de precipitado de 1 litro, 30 cápsulas para humedad, balanza analítica y refractómetro.

Preparación y caracterización de la muestra

Se prepara una solución de sacarosa de 50 °Brix con 3 % de agar bacteriológico. Se lleva el todo a ebullición y en seguida se vierte en vasos de precipitados de 50 ml y se deja enfriar durante 12 horas. De ahí se cortan cilindros de 2 cm de longitud con el sacabocados No.6 para realizar la experimentación. Se toma una muestra representativa y se miden sus dimensiones con un vernier; grados Brix con el refractómetro y la humedad con el método 22.008 de AOAC (1984).

Procedimiento

Se utilizará el procedimiento de operación propuesto por Bomben et el 1974.

Medición del coeficiente de difusión efectivo

Se pesan 4 cilindros de agar-sacarosa y se atraviesan longitudinalmente con un alambre delgado. Se cuelgan dentro de un vaso de precipitado de 150 ml (Fig. 2), y se deja en el fondo espacio suficiente para que el agitador magnético se pueda mover libremente. Se agrega agua destilada al vaso de precipitado usando una relación de peso de sólidos/agua de 1/9 ($\alpha=9$). Se considera como tiempo cero cuando los sólidos entran en contacto con el agua en agitación continua. Se toman muestras del líquido a los 10, 20, 35, 50, 70, 90, 115 y 140 minutos y se les mide grados Brix. Se hace una última lectura a las 24 horas para determinar la concentración de azúcar en el equilibrio.

Medición experimental de la lixiviación en contracorriente.

Se etiquetan de la A a la G, 7 vasos de precipitado de 150 ml que se usan como recipientes de extracción. Siguiendo el procedimiento anterior se anota el peso y volumen de los grupos de cilindros, para que cada vez que entran al proceso se incorpore al sistema nueve veces su peso en agua. Para lixiviar la sacarosa contenida en los cilindros en forma continua en 6 etapas a contracorriente, se usa el esquema resumido en la Tabla 1.

El estado estable se alcanza a los 60 minutos de iniciar el experimento. Los cilindros lixiviados que salen de la etapa 6 se secan con papel absorbente, se pesan y se mide su longitud, diámetro, °Brix y humedad. Al jarabe que sale de la etapa 1 se le miden °Brix y volumen.

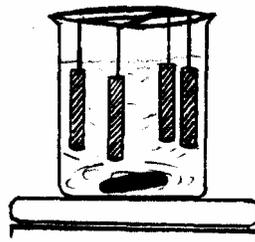


Fig. 2. Esquema para el montaje de cilindros de agar.

Cálculos

1. Calcular el coeficiente de difusividad efectivo de la sacarosa en agar, utilizando la ecuación para un cilindro finito utilizando la ecuación para un cilindro finito explicada por Mujica, 2002 y mediante la gráfica de la Fig. 3. En este último método considerar un radio equivalente a. Comparar con el valor propuesto por Swartzberg, 1982.
2. Determinar los flujos de la batería de extracción.
3. Determinar la composición de los flujos
4. Hacer el balance de masa considerando $C^*x_b + W^*y_\alpha = C^*x_\alpha + W^*y_b$
5. Graficar y_α, x_b contra el tiempo de monitoreo.
6. Calcular la composición del jarabe de la última etapa de extracción si se mantienen constantes todos los parámetros de la experimentación pero se aumenta el número de etapas a 8. Utilizar la Fig. 3 y la ecuación (1)

Tabla 1. Esquema para la transferencia de solvente en una lixiviación de 6 etapas.

1.- Agregar los cilindros de agar a los vasos.

t(min)	0	15	30	45	60	75	90	105
	A,B,C	D	E	F	G	A	B	C
t(min)	120	135	150	165	180	195	210	225
	D	E	F	G	A	B	C	D

2.- Sacar el jarabe usado de los vasos.

t(min)	0	15	30	45	60	75	90	105
					F	G	A	B
t(min)	120	135	150	165	180	195	210	225
	C	D	E	F	G	A	B	C

3.- Transferir el jarabe de los vasos.

t(min)	0	15	30	45	60	75	90	105
		A a D	D a E	E a F	E a G	F a A	G a B	A a c
			B a D	D a E	D a F	E a G	F a A	G a B
			A a B	C a D	C a E	D a F	E a G	F a A
				B a C	B a D	C a E	D a F	E a G
				A a B	A a C	B a D	C a E	D a F
t(min)	120	135	150	165	180	195	210	225
	B a D	C a E	D a F	E a G	F a A	G a B	A a C	B a D
	A a C	B a D	C a E	D a F	E a G	F a A	G a B	A a C
	G a B	A a C	B a D	C a E	D a F	E a G	F a A	G a B
	F a A	G a B	A a C	B a D	C a E	D a F	E a G	F a A
	E a G	F a A	G a C	A a C	B a D	C a E	D a F	E a G

4.- Agregar agua destilada a los vasos.

t(min)	0	15	30	45	60	75	90	105
	A,B,C	A	A	A	B	C	D	E
t(min)	120	135	150	165	180	195	210	225
	F	G	A	B	C	D	E	F

5.- Sacar los cilindros lixiviados de los vasos.

t(min)	0	15	30	45	60	75	90	105
					A	B	C	D
t(min)	120	135	150	135	180	195	210	225
	E	F	G	A	B	C	D	E

$$N_{\text{real}} = -\frac{1}{\eta} \left[\frac{\log\left(\frac{y_b - y_\alpha}{y_\alpha - x_\alpha}\right) * 10}{\log\left(\frac{y_b - y_\alpha}{y_b - x_\alpha}\right)} \right] \quad (1)$$

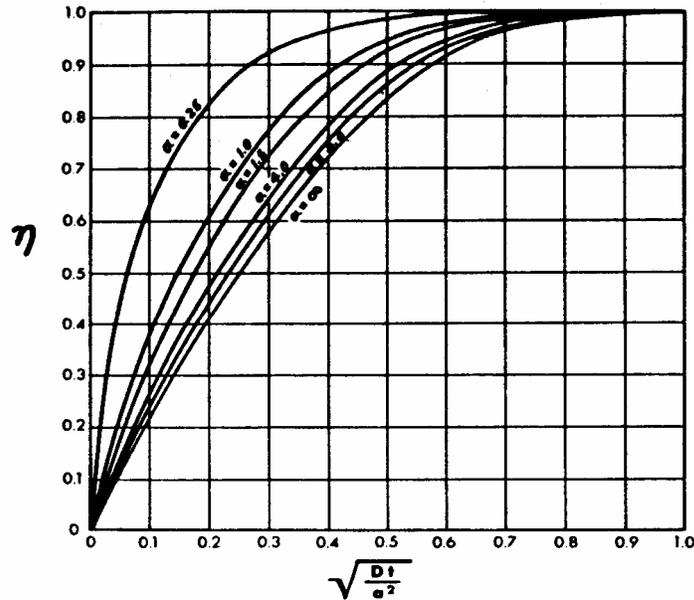


Fig. 3. Solución gráfica de la ecuación de difusión para un cilindro en una solución agitada de volumen limitado

RESULTADOS ESPERADOS:

El estudiante calculará el coeficiente de difusión utilizando datos experimentales, por medio de ecuaciones y por el método gráfico.

El estudiante comparará sus resultados con los publicados en la literatura.

BIBLIOGRAFÍA

Bomben, J.L. Durke, E.L., Lowe, E. and Secor, G. E. 1974. A laboratory study in countercurrent desalting of pickles. J. Food Sci. 39, 260-263.

Mujica-Paz, H. 2002. Apuntes de operaciones unitarias III. Facultad de Ciencias Químicas, UACH.

Schwartzberg, H. G. 1980. Continuous counter-current extraction in the food industry. Chemical Eng. Prog. 67-85

Schwartzberg, H. G. and Chao, R. Y. 1982. Solute diffusivities in leaching processes. Food Technology. 70-78.

Treybal, R. E. 1981. Mass transfer operations. Third Ed. McGraw-Hill Int. Ed.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

El alumno deberá utilizar bata.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS

Ninguna

OPERACIONES UNITARIAS III

Práctica No. OU3-5

Simulación de secado de productos agroalimentarios

Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS:

Observar el efecto de las condiciones de operación y características del producto en la velocidad de secado usando un simulador de secado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la simulación de secado se usará el Simulador de secado de Carrin y Ratti (2002). Se probarán diferentes combinaciones de velocidad de aire (0.5, 1.3, 2.0 m/seg) y temperatura de secado (50, 60 y 70 °C) en el secado de papa, zanahoria y uvas y se observará su efecto en la velocidad de secado.

RESULTADOS

El estudiante aprenderá a utilizar un software que permite simular el secado de alimentos bajo diferentes condiciones.

El alumno visualizará el efecto de la velocidad de aire y la temperatura en el secado en tres productos con diferente estructura, forma y composición, en las curvas de secado.

EL ESTUDIANTE UTILIZARÁ UN SIMULADOR DE SECADO COMO HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE EQUIPO DE SECADO.

BIBLIOGRAFÍA

Treybal, R. E. 1981. Mass transfer operations. Third Ed. McGraw-Hill Int. Ed.

Heldman, D. R. and Singh, P. 1980. Food Process Engineering. 2nd. Ed. AVI. Westport.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Ninguna.

INDICACIONES PARA DESECHO DE RESIDUOS

Ninguna

REACTORES QUÍMICOS

Práctica No. RQ-1

Ley cinética de velocidad de reacción en un reactor “Batch” agitado

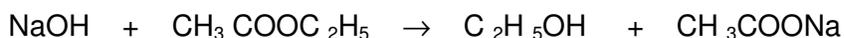
Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS:

Encontrar el orden de la reacción y un valor de la constante de velocidad de reacción para la saponificación del acetato de etilo con una solución de sosa cáustica diluida.

Resumen de la teoría:

La reacción escogida es: i) Segura para llevarse a cabo ii) Relativamente fácil para monitorear en términos de análisis de productos y iii) Bien documentada. Esta reacción es la saponificación del acetato de etilo (etoac) con hidróxido de sodio diluido (naoh):



Suponiendo que las concentraciones iniciales son iguales (ambas “a”) y que la concentración convertida es (x), entonces las concentraciones finales son : NaOH—(a-x); EtOAc—(a-x); Alcohol —(x); Acetato de Sodio —(x).

Del análisis cinético de una reacción de 2° orden general se puede demostrar que $k_2t = x/a(a-x)$

Donde : k_2 es la constante de velocidad de 2° orden.

t es el tiempo de reacción.

MATERIALES Y MÉTODOS :

Preparar 1000 mL De NaOH 0.1 M (valorada) ; 1000 mL de EtOAc 0.1 M y 250 mL De HCl 0.1 M (Valorada).

Se requiere un cronómetro y equipo de análisis químico apropiado.

Mezcle rápidamente (en 15 s) un litro de c/u de las soluciones preparadas en el reactor manteniéndolo a una temperatura constante, a la mitad del mezclado (t = 0) inicie el cronómetro. A varios tiempos subsecuentes tome una muestra de la mezcla reaccionante (10 mls.) y viértalos en un matraz Erlen-Meyer de 250 mls que previamente se agregaron 10 mls de HCl 0.1 M. Reto-titular con NaOH valorada para determinar la conversión de acetato de etilo en la en la mezcla reactivo. Anote la temperatura del reactor.

RESULTADOS Y CÁLCULOS:

De los datos obtenidos obtenga las gráficas de : C_A Vs. t y $x/a(a-x)$ Vs. t

Comente los resultados obtenidos

Temperatura del reactor: _____ °C

Tiempo (min)	NaOH usado (mL)	NaOH remanente (mL)	a - x	b - x	x	k ₂

NOTA : Se recomienda repetir este experimento a varias temperaturas para investigar la relación entre la constante de velocidad específica de reacción (k) y la temperatura de reacción.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Joe M. Smith; Chemical Engineering Kinetics ; McGraw-Hill ; 3^a. Ed. (1991)
2. Instruction Manual; Armfield ;(1995)

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

- a).- Uso obligatorio de bata, Zapatos anti-derrapantes, no tenis, ropa y cabello recogidos.
- b).- No se permiten alimentos y bebidas en el laboratorio.
- c).- Nunca use matraces como vasos para tomar líquidos.
- d).- Asegúrese de conectar los equipos eléctricos a enchufes adecuados.
- e).- Agua y electricidad no son compatibles y pueden causar daños serios si llegan a estar en contacto.
- f).- Siempre desconecte los equipos de su suministro eléctrico cuando no estén en uso.

INDICACIÓN PARA EL DESECHO DE RESIDUOS:

Las sustancias usadas son diluidas, por lo que pueden ser vertidas al drenaje.

REACTORES QUÍMICOS

Práctica No. RQ-2

Ley cinética de velocidad en un reactor continuo tanque agitado (CSTR)

Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS:

Encontrar la constante de velocidad de reacción en un CSTR para la saponificación de acetato de etilo con sosa diluida.

Resumen de la teoría:

El balance de masa global es :

Velocidad de cambio = Entradas - Salidas - Acumulación
dentro del Reactor

i.e. Para el material (A) en un recipiente de volumen (V): $d(VC_A)/dt = FC_{A,0} - FC_A - Vkc_2A$

Aquí : $C_{A,0}$ es la concentración de A en la corriente de entrada.

C_A es la concentración de A en la corriente de salida.

F es la velocidad de flujo total

t es tiempo de reacción

k es la constante de velocidad.

Para el reactor continuo en estado estable y suponiendo volumen constante, tenemos:

$$K = F(C_{A,0} - C_A)/(VC^2_A)$$

MATERIALES Y MÉTODOS:

Preparar 15 L de c/u de las soluciones de NaOH 0.1 M y EtOAc.

Ajustar ambas válvulas de control de flujo para alimentar 40 mL/min. De c/u de las soluciones preparadas al reactor agitado y continúe hasta que se alcance el estado estable. A varios tiempos tome 10 ml. de muestra del sobre-flujo del reactor y neutralice la sosa residual con una cantidad conocida de exceso de HCl 0.1 M. Este será retro-titulado con sosa valorada para determinar la conversión de acetato de etilo en el reactor. Esto debe ser hecho tan rápidamente como sea posible para evitar la hidrólisis ácida del acetato. La temperatura del reactor debe anotarse.

RESULTADOS Y CÁLCULOS:

Temperatura del recipiente de reacción = _____ °C

Velocidad de flujo total (F) = _____ ml./Min.

Volumen del recipiente (V) = _____ ml.

Conc. de A a la entrada ($C_{A,0}$) = _____ M

Tiempo, min.	Volumen de NaOH Usados, cm ³	Volumen de NaOH Permaneciendo, cm ³	Concentración de NaOH En el reactor, M

De los datos obtenidos , grafique C_A versus tiempo

La concentración de NaOH en estado estable en el reactor (C_A), debe ser usada para calcular la constante de velocidad específica.

Comente sobre los resultados obtenidos.

Notas:

1.- Se recomienda que este experimento se repita a varias otras temperaturas para investigar la relación entre la constante de velocidad específica (k_2) y la temperatura de reacción.

2.- Adicionalmente se recomienda que se repita el experimento a velocidades de flujo diferentes de las soluciones de sosa cáustica y de acetato de etilo para investigar el efecto que este tendrá sobre el proceso de saponificación .

BIBLIOGRAFÍA:

1. Joe M. Smith; Chemical Engineering Kinetics ; McGraw-Hill ; 3^a. Ed. (1991)
2. Instruction Manual; Armfield ;(1995)

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

- a).- Uso obligatorio de bata, Zapatos antiderrapantes, no tenis, ropa y cabello recogidos.
- b).- No se permiten alimentos y bebidas en el laboratorio.
- c).- Nunca use matraces como vasos para tomar líquidos.
- d).- Asegúrese de conectar los equipos eléctricos a enchufes adecuados.
- e).- Agua y electricidad no son compatibles y pueden causar daños serios si llegan a estar en contacto.
- f).- Siempre desconecte los equipos de su suministro eléctrico cuando no estén en uso.

INDICACIÓN PARA EL DESECHO DE RESIDUOS:

Las sustancias usadas son diluidas, por lo que pueden ser vertidas al drenaje.

REACTORES QUÍMICOS

Práctica No. RQ-3

Comprobación de la ecuación de diseño del reactor CSTR.

Tiempo estimado: 1.5 horas

OBJETIVOS:

Calcular el tamaño del reactor CSTR para llevar hasta cierta conversión la saponificación de acetato de etilo por la sosa.

Resumen de la teoría :

Mediante un balance del reactivo "A" en el estado estacionario tenemos:

$$F_{A,0} - F_A - r_A \cdot V = 0 \quad \text{o bien} \quad F_A \cdot X_A = r_A \cdot V$$

Y como $\tau = V/Q^e = C_{A,0} \cdot X_A / r_A$, por lo tanto tenemos :

$$V = C_{A,0} \cdot Q^e / r_A \quad \text{donde: } r_A = k_2 C_A C_B$$

El valor de k_2 se obtuvo en la práctica # 2.

MATERIALES Y MÉTODOS :

Preparar 10 litros de C/U de las soluciones de 0.1 M de NaOH y EtOAc. Ajustar las válvulas de control de flujo para alimentar 80 ml/min de la solución de NaOH y 60 ml/min de la solución de EtOAc al reactor agitado. Dejar derramar por un tiempo de 20 a 30 min para alcanzar el estado estable. Sin importar el tiempo tome 3 alícuotas de 10 ml c/u del sobre flujo del reactor y añádase a matraces para titulación a los cuales previamente se colocaron 10 ml de solución 0.1 M. Reto-titúlese con sosa valorada.

Mida el volumen del reactor y anote la temperatura del mismo.

RESULTADOS Y CÁLCULOS :

Temperatura de operación del reactor = _____ °C

Flujo bomba "A", (Q_A) = _____ ml/min.

Flujo bomba "B", (Q_B) = _____ ml/min.

Volumen del recipiente, V_{REAL} = _____ mls

Valor de V de la ecn. De Diseño = _____ mls.

% de error = _____ %

BIBLIOGRAFÍA:

1. Joe M. Smith; Chemical Engineering Kinetics ; McGraw-Hill ; 3^a. Ed. (1991)
2. Instruction Manual; Armfield ;(1995)

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

- a).- Uso obligatorio de bata, Zapatos antiderrapantes, no tenis, ropa y cabello recogidos.
- b).- No se permiten alimentos y bebidas en el laboratorio.
- c).- Nunca use matraces como vasos para tomar líquidos.
- d).- Asegúrese de conectar los equipos eléctricos a enchufes adecuados.
- e).- Agua y electricidad no son compatibles y pueden causar daños serios si llegan a estar en contacto.
- f).- Siempre desconecte los equipos de su suministro eléctrico cuando no estén en uso.

INDICACIÓN PARA EL DESECHO DE RESIDUOS:

Las sustancias usadas son diluidas, por lo que pueden ser vertidas al drenaje.

REFRIGERACION

Práctica No. RF-1

Calculo del coeficiente de transferencia de calor (h) para el agua en ebullición.

Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS :

El alumno aplicará los conocimientos adquiridos de transferencia de calor en estado transitorio.

El alumno evaluará el coeficiente de transferencia de calor para el agua en ebullición, mediante la medición experimental de datos Temperatura – Tiempo.

MATERIALES Y METODOS:

Materiales

Marmita ó recipiente para poner agua a hervir

Termopares para registrar la temperatura

Cronómetro

Material de estudio con una relación volumen / área constante y propiedades termodinámicas conocidas.

Métodos

El material de experimentación consiste de una esfera de plomo (o cualquier objeto que cumpla con la especificación $Bi < 0.1000$) en cuyo centro se ha insertado un termopar que permita el registro constante de las variaciones de temperatura que este experimente.

Se prepara un recipiente para poner agua a calentar y llevarla a su temperatura de ebullición y mantener esta temperatura el tiempo que dure el experimento.

Una vez que este lista el agua (en ebullición) se procede a sumergir la esfera de plomo tomando este instante como tiempo cero y la temperatura en ese instante como temperatura cero. Se continúa registrando periódicamente los cambios de temperatura a intervalos definidos de tiempo, hasta contar con suficientes datos como para poder construir una gráfica o bien cuando se alcance la temperatura de equilibrio final.

Se recomienda graficar en una escala normal Temperatura contra tiempo y en otra grafica semilogaritmica graficar la diferencia $(T - T_{\infty}) / (T_0 - T_{\infty})$ en el eje de las ordenadas con escala logaritmica y en el eje de las abscisas en escala decimal el producto de los números de Biot y Fourier ($No_{Bi} \times No_{Fo}$).

Si el $No_{Biot} < 0.1000$ para la esfera de plomo se puede proceder a evaluar el valor del coeficiente de transferencia de calor para el agua en ebullición (h) utilizando los

datos obtenidos experimentalmente de temperatura contra tiempo y evaluándolos con la ecuación de calentamiento-enfriamiento Newtoniano.

RESULTADOS ESPERADOS.

Si los valores de h obtenidos son idénticos o muy similares a los reportados por la literatura especializada, consideramos que se ha logrado evaluar en forma satisfactoria el coeficiente de transferencia de calor para el agua en ebullición y que puede ser utilizado para otros experimentos.

BIBLIOGRAFÍA

Geankoplis, C.J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. 3ª Edición. 1998
CECSA

Holman, J.P. Transferencia de calor. 6ª Edición. CECSA. 1995

Kern, D.Q. Procesos de Transferencia de Calor. 17ª reimpresión. 1984. CECSA

MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Bata de laboratorio

Guantes para sujetar objetos calientes

Zapatos cerrados y antiderrapantes

REFRIGERACION

Práctica No RF-2

Cálculo del tiempo de calentamiento de un embutido.

Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS:

El estudiante aplicará los conocimientos de transferencia de calor en estado transitorio.

El estudiante es capaz de predecir tiempos de calentamiento-enfriamiento utilizando gráficas de Gurney-Lurie y de Heisler.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales

Marmita ó recipiente para calentar agua.

Temopares

Cronómetro

Objeto de estudio: Embutido, vegetal o cualquier material al que se le quiera determinar tiempo de cocimiento, escaldado, inactivación, enfriamiento, etc., al que se le pueda asociar con alguna geometría simple (esfera, cilindro, placa).

Métodos:

Al objeto de estudio seleccionado se le da la forma o se asocia a alguna geometría simple, esto con la finalidad de facilitar los cálculos.- Se pone el recipiente con el agua a las condiciones experimentales deseadas (ebullición, agua helada, etc.) y una vez lista esta, se coloca un termopar insertándolo hasta el centro geométrico o bien a la posición de interés del objeto en estudio.- Se toman las lecturas a tiempo cero (t_0) y Temperatura inicial (T_0) y se continúa tomando lecturas de temperatura a intervalos definidos de tiempo.

Con las propiedades termodinámicas del objeto de estudio se evalúan $m = K / hX$ (inverso del No Biot) y el producto de las temperaturas $(T_1 - T) / (T_1 - T_0)$ donde T_1 = Temperatura del medio de calentamiento-enfriamiento, T = Temperatura en función del tiempo y T_0 = Temperatura inicial del objeto.

RESULTADOS ESPERADOS:

La práctica consiste en evaluar en forma gráfica el tiempo de calentamiento-enfriamiento requerido para alcanzar una cierta temperatura y comparar estos resultados con los obtenidos en forma experimental; de tal forma que si ambos resultados se asemejan bastante, podemos considerar que el método aplicado es adecuado para la geometría y características del objeto de estudio; si no es así, entonces habrá que replantear el método a aplicar o bien revisar que las propiedades termodinámicas hayan sido las correctas.

BIBLIOGRAFÍA:

Geankoplis, C.J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. 3ª Edición. 1998 CECSA

Holman, J.P. Transferencia de calor. 6ª Edición. CECSA. 1995

Kern, D.Q. Procesos de Transferencia de Calor. 17ª reimpresión. 1984. CECSA

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Bata de laboratorio

Guantes para sujetar objetos calientes

Zapatos cerrados y antiderrapantes

REFRIGERACION

Práctica No. RF-3

Identificación de los componentes de un sistema de refrigeración y evaluación de la relación presión-temperatura

Tiempo estimado: 2 horas

OBJETIVOS:

El estudiante aplicará los conocimientos de refrigeración en un ciclo saturado simple de compresión de vapor.

El estudiante es capaz de relacionar las presiones de operación de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor con las temperaturas de operación para un refrigerante dado.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales

Banco de entrenamiento básico de refrigeración.

Tablas de Temperatura – Presión – Entalpía específicas para cada refrigerante.

Calculadora científica

Métodos:

Primeramente se le pide al estudiante que identifique los componentes básicos de un ciclo de refrigeración y que defina si pertenecen a la zona de alta presión ó a la zona de baja presión.

Se toman lecturas de los manómetros tanto del lado de alta como de baja presión; enseguida se enciende el equipo y se permite al equipo alcanzar las temperaturas que correspondan a dichas presiones; una vez alcanzadas estas, se le permite al estudiante modificar el control de baja presión para alcanzar cierta temperatura en el evaporador, previa revisión de las tablas Presión-Temperatura correspondientes.

Se continúa tomando lecturas y revisando puntos de carga, purgas, niveles, etc.

RESULTADOS ESPERADOS:

El estudiante es capaz de corroborar los datos de tablas con lecturas de campo, lo cual le da seguridad en los conocimientos adquiridos.

El estudiante es capaz de identificar los componentes en equipos reales, lo cual lo motiva a ahondar mas en el conocimiento de estos.

BIBLIOGRAFÍA:

Dossat, R.J. Principios de Refrigeración. 17^a Reimpresión. 1997. CECSA

A.C.R.I. 1995. Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Air Conditioneing and Refrigeration Institute

MEDIDAS DE SEGURIDAD:

Zapatos antiderrapantes

Lentes de seguridad

Bata de laboratorio

Guantes