

Experimentación en Ingeniería Química II: Screencasts

María del Carmen Cerón García
Juan José Gallardo Rodríguez
Lorenzo López Rosales

Experimentación en Ingeniería Química II: Screencasts

texto:

María del Carmen Cerón García

Juan José Gallardo Rodríguez

Lorenzo López Rosales

Textos Docentes n.º 192

edición:

Editorial Universidad de Almería, 2025

editorial@ual.es

www.ual.es/editorial

Telf/Fax: 950 015459

α

ISBN: 978-84-1351-370-6



Esta obra se edita bajo una licencia Creative Commons

[CC BY-NC-ND Atribución-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



En este libro puede volver al índice
pulsando el pie de la página

Índice

1. ESTUDIO CINÉTICO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS EN SISTEMAS HOMOGÉNEOS	4
2. FLUJO IDEAL EN REACTORES QUÍMICOS HOMOGÉNEOS	5
3-4. FLUJO REAL EN REACTORES.....	5
5. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO	6
6. EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO	6
7. SEPARACIÓN POR MEMBRANAS: ULTRAFILTRACIÓN	6
8. DESTILACIÓN Y RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS	7

Estos materiales audiovisuales han sido desarrollados bajo el marco del proyecto de innovación docente (Screencasts para mejorar la educación en Ingeniería Química y en Bioprocesos (20_21_1_07)) por miembros del Departamento de Ingeniería Química en colaboración con el Centro de Producción Digital de la Universidad de Almería y la propia Universidad de Almería. Este proyecto fue financiado por el Vicerrectorado de Grados e Innovación Docente de la mencionada universidad. La idea detrás de esta colección de vídeos (Screencasts) es explicar de manera efectiva el fundamento teórico y experimentación relacionada para la posterior realización de prácticas de laboratorio para la asignatura «Experimentación en Ingeniería Química II», que se imparte en el cuarto curso del «Grado en Ingeniería Química Industrial» (Plan 2010).

El Screencast es un elemento audiovisual proveniente de una captura de pantalla de un equipo informático. Suele ser corta y habitualmente contiene elementos gráficos, videos y narraciones. Un aspecto positivo de los Screencast es que los estudiantes controlan la entrega de información, pueden rebobinar, parar y reproducir en cualquier momento, pueden verlo cuando quieran. En general, son visualmente más atractivos que los archivos de texto.

La asignatura para la que se recomienda el uso de estos Screencasts es una asignatura experimental donde se requiere la realización de prácticas de laboratorio y utilización de equipos de escala piloto. Se pretende que el alumno tenga toda la información procedimental antes de comenzar la experimentación, comprenda el concepto de la operación y los posteriores cálculos a realizar para la obtención de los parámetros requeridos. En este sentido, la colección consiste en 8 Screencasts. Las explicaciones que se encuentran en estos videos se centran en contenidos relacionados con la cinética química aplicada, reactores químicos, y operaciones de transferencia de materia. Mediante esta asignatura se pone en práctica los conocimientos teóricos adquiridos por el alumno en las asignaturas de «Termodinámica y Cinética Aplicada a la Ingeniería Química», «Reactores Químicos», «Operaciones Básicas de la Ingeniería Química» y «Operaciones de separación» en el título del grado en Ingeniería Química Industrial. A continuación se describe cada uno de los contenidos de los Screencasts:

1. ESTUDIO CINÉTICO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS EN SISTEMAS HOMOGÉNEOS

Este video aborda el estudio cinético de la hidrólisis básica del acetato de etilo, mediante los métodos integral y diferencial para determinar su ecuación de velocidad. Utilizando un reactor tipo tanque agitado de 3 L, equipado con un agitador tipo hélice y una sonda de pH conectada a un sistema de adquisición de datos, se registran los cambios en el pH en función del tiempo, permitiendo calcular la concentración de NaOH, el reactivo limitante. El procedimiento incluye ensayos a distintas concentraciones iniciales de reactivos, asegurando un exceso de acetato de etilo para facilitar el monitoreo continuo del sistema. Los datos obtenidos se transforman en concentraciones, conversiones y extensiones, graficándose para identificar el comportamiento cinético. A través del método integral, se ajustan las ecuaciones de velocidad integradas para distintos órdenes de reacción, mientras que el método diferencial permite evaluar la velocidad de reacción directamente a partir de los datos experimentales.

Los resultados incluyen la determinación de los órdenes de reacción y la constante cinética, así como una discusión sobre posibles errores experimentales y la precisión de ambos métodos. Finalmente, se reflexiona sobre la aplicabilidad de los métodos para optimizar reacciones químicas en sistemas homogéneos, destacando la importancia de este análisis en el diseño de reactores industriales.

2. FLUJO IDEAL EN REACTORES QUÍMICOS HOMOGÉNEOS

Este video explora el estudio experimental del diseño y operación de reactores químicos en sistemas homogéneos, enfocándose en dos configuraciones: reactor tipo tanque agitado y reactor tubular. En la primera parte, se analiza un reactor tanque agitado de 3 L, donde la hidrólisis básica de acetato de etilo se evalúa bajo distintas condiciones de caudal y agitación. Utilizando un sistema de agitación regulable y un medidor de pH conectado a un sistema de adquisición de datos, se registran valores hasta alcanzar el estado estacionario. Se determinan las conversiones experimentales y teóricas basadas en la ecuación de diseño de mezcla perfecta, comparándolas gráficamente para identificar el impacto del tiempo de residencia y la agitación en el rendimiento del reactor. En la segunda parte, el enfoque cambia al reactor tubular de 3L, donde se estudia la misma reacción química bajo condiciones de flujo continuo. Aquí, los reactivos se alimentan mediante bombas peristálticas, manteniendo una proporción constante entre sus caudales para garantizar una mezcla homogénea. Se evalúa el tiempo de residencia variando el caudal de entrada, registrando los datos de pH en línea para calcular las conversiones alcanzadas. Los resultados experimentales se contrastan con las conversiones teóricas previstas para un modelo de flujo pistón, analizando gráficamente la relación entre el tiempo de residencia y la eficiencia del proceso.

3-4. FLUJO REAL EN REACTORES

Estos dos videos exploran el análisis del flujo real en reactores a través de la aplicación de un trazador químico, específicamente mediante una inyección puntual de sosa concentrada con un colorante, el permanganato potásico. El objetivo principal es caracterizar el comportamiento del flujo dentro del reactor y evaluar posibles desviaciones respecto a los modelos ideales, como el flujo tipo pistón o mezcla perfecta a diferentes caudales de operación. La experiencia se realiza en reactor de escala de laboratorio (parte 1, **3. FLUJO REAL EN INTERNO**) y posteriormente en sistema de escala piloto (parte 2, **4. FLUJO REAL PLANTA PILOTO EXTERNA**). A lo largo de los videos, se detalla el procedimiento experimental, desde la preparación del trazador y su introducción en el sistema hasta el monitoreo de su respuesta en otro punto del sistema, lo que permite generar la curva de distribución de tiempos de residencia (RTD). Este análisis es fundamental para identificar fenómenos comunes en flujos no ideales, como recirculaciones, zonas muertas o cortocircuitos. Se abordan conceptos clave como el tiempo medio de residencia, la interpretación de las curvas $E(t)$ y $F(t)$, y su relación con la eficiencia del reactor como varianza y condiciones de normalidad. En la parte 2 se caracterizan los fotobiorreactores (FBRs) de tipo tubular y raceway ubicados en la planta piloto de la Universidad de Almería, esta caracterización incluye la observación del flujo real. En ambas partes se aborda el cálculo

del tiempo medio de residencia siendo el tiempo de mezclado de los fotobiorreactores específico de la parte 2. En la parte 1, se compara el tiempo de residencia teórico y experimental y se justifica el comportamiento ideal o no con la coincidencia de los tiempos de residencia con la evolución de la respuesta de edades con el tiempo ($E(t)$), el adelanto o el retraso significando fluido estancado o un mezclado inadecuado para el caso del reactor mezcla perfecta. En el caso del flujo pistón los alumnos pueden distinguir si la aparición de distintos picos puede ser producto de diferentes canalizaciones o de lo contrario un pico esbelto simboliza un flujo razonablemente bueno. Asimismo, se detalla la metodología para estimar parámetros operativos clave —dispersión axial, número de tanques en serie equivalentes y tasa de recirculación—, lo que permite su comparación con modelos matemáticos y el análisis de su dependencia respecto al caudal y al tipo de reactor.

5. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

Este video explica la extracción líquido-líquido (L-L) continua en columnas de relleno, destacando cómo se separan componentes de una mezcla líquida mediante un disolvente. Se abordan los conceptos de fases ligera y pesada, balances de materia, relaciones de equilibrio y la transferencia de materia. Se emplea una disolución de yodo en agua que se extraerá en contracorriente empleando cloroformo. Para el montaje se emplearán dos bombas peristálticas que alimentarán una columna de relleno 1.5 m de altura y 5 cm de diámetro. Para las medidas de concentración de yodo se recurre a métodos espectrofotométricos. Se detalla el cálculo de la altura de relleno necesaria para lograr una separación específica y se analizan las variaciones en los coeficientes de transferencia bajo diferentes condiciones operativas.

6. EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO

Este video explora el proceso de extracción sólido-líquido, con un enfoque práctico en la extracción de aceite de semillas de girasol utilizando hexano como disolvente. Se abordan conceptos fundamentales como la selección de disolventes, la relación sólido-líquido óptima, balances de materia, y los mecanismos de transferencia de masa involucrados. Se aplican métodos de extracción, que incluyen el contacto simple, simple repetido y el contacto intermitente en un equipo Soxhlet, destacando las diferencias en eficiencia. También se describe el cálculo del rendimiento de extracción y el cálculo de la línea de retención

7. SEPARACIÓN POR MEMBRANAS: ULTRAFILTRACIÓN

Este video aborda el proceso de ultrafiltración aplicado a la separación de una proteína, albúmina sérica bovina (BSA), de una solución salina (NaCl). Se detalla el procedimiento experimental, donde se utilizan membranas de ultrafiltración para estudiar la retención de proteínas y el paso de iones, así como la medición de los coeficientes de permeabilidad en condiciones estándar y durante la operación. Se estudiará el fenómeno de polarización de la concentración y su impacto en la eficiencia del

proceso, analizando cómo varían los coeficientes de permeabilidad con el tiempo y bajo diferentes condiciones operativas. Además, se incluyen cálculos y ejemplos prácticos para comprender mejor el comportamiento de las membranas y las estrategias de mitigación de la polarización en aplicaciones industriales.

8. DESTILACIÓN Y RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS

Este video explora el proceso de destilación y rectificación aplicado a cerveza que será considerada una mezcla pseudobinaria de alcohol y agua, destacando los fundamentos termodinámicos y operativos del proceso. Además, para la medida de alcohol en agua se emplea un refractómetro con el que se realiza previamente una curva de calibración y para la medida de alcohol en la cerveza se emplea una recta de calibrado a partir de la densidad y del índice de refracción. Se describe el procedimiento experimental para la separación de componentes mediante una columna de destilación, abordando los principios de equilibrio líquido-vapor, la eficiencia de las etapas y el cálculo de puntos clave como el mínimo de reflujo y el enriquecimiento del destilado. Se analiza la influencia de variables operativas como el flujo de reflujo y las condiciones de operación en la pureza del producto final.