Guía Docente:

OPERACIONES DE SEPARACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2010-2011

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA: Operaciones de Separación
CARÁCTER: Obligatoria
MATERIA: Ingeniería de la Producción Química
MÓDULO: Tecnología Química
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Química
SEMESTRE/CUATRIMESTRE: Anual (tercer curso)
DEPARTAMENTO: Ingeniería Química

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

Grupo A		
Teoría **Seminario** **Tutoría**	**Profesor:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	Dr. JOSÉ LUIS SOTELO SANCHO Ingeniería Química QA-149 jose.sotelo@quim.ucm.es
Teoría **Seminario** **Tutoría**	**Profesor:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	Dr. GABRIEL OVEJERO ESCUDERO Ingeniería Química QA-151 govejero@quim.ucm.es
Teoría **Seminario** **Tutoría**	**Profesora:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	Dra. Mª DOLORES ROMERO DÍAZ Ingeniería Química QA-152 mdolores@quim.ucm.es
Teoría **Seminario** **Tutoría**	**Profesor:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	Dr. JOSÉ ANTONIO DELGADO DOBLADEZ Ingeniería Química QA-144 jadeldob@quim.ucm.es
Laboratorio	**Profesora:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	Dra. Mª DOLORES ROMERO DÍAZ Ingeniería Química QA-152 mdolores@quim.ucm.es

II.- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este curso es el estudio de las operaciones de separación más utilizadas en la industria química y el diseño del equipo donde se llevan a cabo.

El objetivo general es proporcionar al estudiante un conocimiento extenso y profundo sobre los fundamentos de las principales operaciones de separación, tanto las que se basan en etapas de equilibrio entre fases como aquellas que se diseñan en base a la velocidad de transporte entre las fases. También se pasa revista a los métodos de diseño y cálculo de las dimensiones de los equipos donde se llevan a cabo dichas operaciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discutir los mecanismos de transferencia de materia, incluyendo el efecto del flujo másico global.
- Calcular las velocidades de transferencia de materia y los gradientes de composición en condiciones de difusión equimolar en contracorriente y de difusión unimolecular.
- Calcular las velocidades de transferencia de materia por difusión molecular en un flujo laminar.
- Comprender los grupos adimensionales utilizados en las correlaciones de los coeficientes de transferencia de materia.
- Explicar el papel de las operaciones de separación en los procesos químicos industriales.
- Explicar el uso de un agente energético de separación y/o un agente material de separación en una operación de separación.
- Calcular el número de variables de diseño de un proceso de separación o de cualquier elemento incluido en un proceso y elegir un grupo de especificaciones.
- Calcular las cantidades y composiciones de las fases resultantes de una destilación súbita.
- Calcular las dimensiones del equipo separador de las fases resultantes de una destilación súbita.
- Explicar en destilación la necesidad del condensador para producir el reflujo y de la caldera para producir el vapor ascendente.
- Determinar las cinco líneas de construcción utilizadas en el método de McCabe-Thiele para una destilación de una mezcla binaria.
- Distinguir entre las cinco posible condiciones térmicas del alimento a una columna de destilación.
- Aplicar el método simplificado de McCabe-Thiele para calcular la razón de reflujo mínima, el número mínimo de pisos de equilibrio, el número de pisos para una razón de reflujo especificada mayor que su valor mínimo y la posición óptima del piso de alimentación, para conseguir una determinada separación entre los dos componentes de la alimentación a una columna de destilación.
- Extender la aplicación del método simplificado de McCabe-Thiele a una columna de destilación con múltiples alimentos, corrientes laterales o inyección directa de vapor.
- Comprender el concepto de polo de cada sector de una columna de destilación.
- Aplicar el método de Ponchon-Savarit para calcular la razón de reflujo mínima, el número mínimo de pisos de equilibrio, el número de pisos para una razón de reflujo especificada mayor que su valor mínimo y la posición óptima del piso de alimentación, para conseguir una determinada separación entre los dos componentes de la alimentación.
- Para una destilación multicomponente, seleccionar los dos componentes clave, la presión de operación y el tipo de condensador.
- Para una separación especificada entre los dos componentes clave en una columna de destilación multicomponente, calcular el número mínimo de pisos de equilibrio y la distribución de los componentes distintos de los clave mediante la ecuación de Fenske, la razón de reflujo mínima por el método de Underwood, el número de pisos de equilibrio para una razón de reflujo mayor que su valor mínimo mediante la correlación de Gilliland y localizar la posición del piso de alimentación.

- Calcular el número de pisos de equilibrio necesarios para una destilación multicomponente mediante el método aproximado de los factores de absorción y desorción efectivos de Kremser.
- Discutir las situaciones en las que la extracción líquido-líquido puede preferirse a la destilación.
- Calcular la mínima cantidad de disolvente y para un valor superior a éste, calcular las composiciones y caudales de las corrientes extracto y refinado obtenidas en un sistema de extracción de una o varias etapas de equilibrio de extracción en serie.
- Para un recuperación especificada de un soluto, calcular el número de etapas de equilibrio necesarios en una cascada de etapas de equilibrio con flujo en contracorriente, con y sin reflujo.
- Calcular la eficacia global de una columna de pisos y determinar el número de pisos reales a partir del número de pisos teóricos de equilibrio y la altura de la columna de destilación.
- Determinar el diámetro de una columna de pisos y dimensionar el depósito separador del condensado.
- Determinar la altura y número de unidades de transferencia en una columna de relleno para la absorción de mezclas binarias, diluidas y concentradas.
- Calcular la altura de una columna de relleno para un proceso de absorción.
- Para una columna de relleno, determinar la altura equivalente a un piso teórico de equilibrio.
- Explicar las diferencias entre punto de carga o arrastre y punto de anegamiento de una columna de relleno.
- Estimar el diámetro de una columna de relleno y la caída de presión a través del relleno.
- Conocer los adsorbentes porosos más utilizados y sus propiedades más significativas.
- Diferenciar entre quimisorción y adsorción física.
- Comparar las diferentes isotermas de adsorción utilizadas para la correlación del equilibrio de adsorción de un componente.
- Estimar la velocidad de adsorción global en función del transporte a través de las diferentes etapas de que consta el fenómeno.
- Explicar los conceptos anchura de la zona de transferencia y de curva de rotura de un lecho fijo de adsorción.
- Calcular la altura, diámetro y ciclo de tiempo de un lecho fijo de adsorción.
- Explicar cómo trabajan las resinas intercambiadoras de iones.
- Conocer las definiciones de las magnitudes que se utilizan en psicrometría.
- Diferenciar entre temperatura de saturación adiabática y temperatura húmeda.
- Diseño de un humidificador.
- Explicar los conceptos de humedad de equilibrio y humedad libre, y agua ligada y no ligada, de un sólido.
- Describir los diferentes periodos del proceso de secado.
- Calcular las velocidades de secado en los diferentes periodos.
- Diseñar un secadero continuo en diferentes condiciones de secado.
- Explicar cómo crecen los cristales y cómo puede medirse su distribución de tamaños.
- Diferencia entre nucleación primaria y secundaria de cristales.
- Aplicar el modelo MSMPR para diseñar un cristalizador continuo.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

CONOCIMIENTOS PREVIOS

RECOMENDACIONES

Se recomienda haber cursado la asignatura "*Termodinámica Aplicada*" del 2º curso, 2º semestre (4º semestre).

IV.- CONTENIDOS

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS

Mecanismos de transferencia de materia: coeficientes de transporte. Operaciones de separación controladas por la transferencia de materia: destilación, extracción, lixiviación, absorción, adsorción e intercambio iónico. Operaciones de separación controladas conjuntamente por la transferencia de materia y calor: operaciones de interacción aire–agua, secado y cristalización. Equipo para las operaciones de separación.

PROGRAMA

BLOQUE 1. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE MATERIA

Tema 1. Mecanismos de transferencia de materia. Coeficientes de transporte.

BLOQUE 2. OPERACIONES DE SEPARACIÓN CONTROLADAS POR LA TRANSFERENCIA DE MATERIA

Tema 2. Introducción a las operaciones de separación. Definiciones y clasificación. Variables de diseño de un sistema de separación.

Tema 4. Destilación súbita. Diseño del equipo para la separación súbita.

Tema 5. Destilación de mezclas binarias. Métodos de cálculo simplificados y rigurosos. Destilación discontinua.

Tema 6. Destilación de mezclas multicomponentes. Métodos de cálculo aproximados y rigurosos.

Tema 7. Extracción de mezclas binarias y multicomponentes. Métodos de cálculo aproximados. Lixiviación.

Tema 9. Absorción. Absorción y desorción de uno o varios componentes.

Tema 11. Adsorción. Equilibrio y cinética. Adsorbentes. Adsorción en lecho fijo. Intercambio iónico.

BLOQUE 3. OPERACIONES DE SEPARACIÓN CONTROLADAS CONJUNTAMENTE POR LA TRANSFERENCIA DE MATERIA Y CALOR

Tema 12. Operaciones de interacción aire-agua. Propiedades del aire húmedo. Humidificación y deshumidificación de aire. Enfriamiento de agua. Diseño de equipos.

Tema 13. Secado. Equilibrio y cinética. Diseño de secaderos.

Tema 14. Cristalización. Equilibrio y cinética. Diseño de cristalizadores.

BLOQUE 4. EQUIPO PARA LAS OPERACIONES DE SEPARACIÓN

Tema 3. Equipo para el contacto entre fases. Columnas de pisos y de relleno. Otros equipos.

Tema 8. Diseño de columnas de pisos. Condiciones fluidodinámicas. Eficacia de pisos.

Tema 10. Diseño de columnas de relleno. Condiciones fluidodinámicas. Eficacia de relleno.

V.- COMPETENCIAS

GENERALES:

- **CG1-TQ1:** Utilizar conceptos para el aprendizaje autónomo de nuevos métodos y teorías.
- **CG1-TQ2:** Diseñar y gestionar procedimientos de experimentación aplicada, especialmente para las operaciones de transferencia de materia.
- **CG4-TQ1:** Aplicar conceptos de transferencia de materia y operaciones de separación. Diseñar los equipos de transferencia de materia.

ESPECÍFICAS:

- **CE20-IP8:** Explicar los mecanismos y las leyes básicas del transporte de materia.
- **CE20-IP9:** Identificar los principios en que se basan las diferentes operaciones de separación.
- **CE20-IP10:** Diseñar los equipos en que llevar a cabo las diferentes operaciones de separación.
- **CE22-IP2:** Medir los parámetros técnicos en equipos e instalaciones de operaciones de separación basadas en la transferencia de materia y para su interpretación técnica.
- **CE23-IP2:** Utilizar los programas comerciales de simulación en ingeniería química.

TRANSVERSALES:

- **CT1-TQ1:** Desarrollar capacidad de análisis y síntesis.
- **CT2-TQ1:** Resolver problemas en el área de la Tecnología Química.
- **CT5-TQ1:** Consultar, utilizar y analizar fuentes bibliográficas en el área de la Tecnología Química.
- **CT5-TQ2:** Consultar, utilizar y analizar bases de datos especializadas y recursos accesibles a través de internet.

- **CT6-TQ1:** Utilizar herramientas y programas informáticos para calcular, simular y aproximar.
- **CT8-TQ1:** Demostrar capacidad para el razonamiento crítico y autocrítico.

VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Teoría	60	90	6
Seminarios	30	40	2,8
Tutorías	6	9	0,6
Laboratorio	25	19	1,76
Exámenes	21	---	0,84
Total	**142**	**158**	**12**

VII.- METODOLOGÍA

El tiempo lectivo del curso se divide en clases teóricas, seminarios y tutorías.

La **teoría** se desarrollará en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los estudiantes matriculados en la asignatura. Las clases teóricas consistirán, de forma mayoritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrán los conocimientos teóricos necesarios para resolver los ejemplos prácticos que se ven durante el curso.

Los **seminarios** se desarrollarán en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los estudiantes matriculados en la asignatura. En estas clases se abordará tanto la resolución de problemas previamente propuestos como algunos temas de carácter complementario y eminentemente prácticos.

Las **tutorías** se desarrollarán en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los estudiantes matriculados en la asignatura. En las tutorías se supervisará el progreso de los estudiantes en su trabajo personal.

Las **prácticas de laboratorio** se desarrollarán en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los estudiantes matriculados en la asignatura. Las prácticas de laboratorio consistirán en la toma de datos experimentales y el cálculo de los diferentes parámetros implicados en el desarrollo de la práctica. La discusión crítica y el análisis de los resultados obtenidos en cada práctica constituirán la parte fundamental de las memorias técnicas a entregar en cada caso.

Se utilizará el **Campus Virtual** de la UCM como instrumento para poner a disposición de los estudiantes el material que se utilizará en las clases teóricas y de seminario, y como medio de comunicación entre el profesor y los estudiantes.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA:

- SEADER, J.D., HENLEY, E.J., "*Separation Process Principles*", 2ª Ed., John Wiley; New Jersey, 2006.
- WANKAT, P.C., "*Equilibrium-Staged Separations*", Prentice Hall PTR; Englewood Cliffs, NJ, 1988.
- WANKAT, P.C., "*Rate-Controlled Separations*", Blackie Academic & Professional; Glasgow, UK, 1996.
- RICHARDSON, J.J., HARKER, J.H., BACKHURST, J.R., "*Coulson and Richardson´s Chemical Engineering*". *Vol. 2*", Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002.

COMPLEMENTARIA:

- KISTER, H.Z., "*Distillation Design*", McGraw Hill, New York, 1992.
- KING, C.J., "*Procesos de separación*", Repla, México. 1988.
- TREYBAL, R.E., "*Operaciones de transferencia de masa*", McGraw-Hill, México, 1988.

IX.- EVALUACIÓN

El rendimiento académico del estudiante así como la calificación final de la asignatura se obtendrá de forma ponderada atendiendo a los porcentajes que se expresan a continuación y que se mantendrán en todas las convocatorias.

EXÁMENES ESCRITOS 60%

La evaluación de las competencias adquiridas en la asignatura (CG1-TQ1, CG4-TQ1, CE20-IP8, CE20-IP9, CE20-IP10, CE23-IP2, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT8-TQ1) se realizará mediante dos exámenes parciales escritos, de carácter principalmente práctico, que representan el 60% de la evaluación global. Uno de los exámenes se programará a la mitad del curso, aproximadamente, y el otro al finalizar éste. Los estudiantes que superen los dos exámenes parciales, con una nota de al menos 4,0 sobre 10,0 en cada uno de ellos y que la nota media sea al menos de 5,0 sobre 10,0, no estarán obligados a presentarse al examen final escrito (convocatorias ordinaria y extraordinaria). Será necesario obtener una puntuación mínima de 5,0 puntos sobre 10,0 en el examen final escrito para acceder a la calificación global de la asignatura. Este último criterio se mantendrá para la convocatoria extraordinaria.

TRABAJO PERSONAL 20%

El trabajo personal realizado por el estudiante se evaluará teniendo en cuenta su destreza en la resolución de problemas modelo mediante controles escritos o su entrega personalizada.

La evaluación del trabajo personal permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG4-TQ1, CE20-IP10, CT2-TQ1, CT8-TQ1 y representa el 20% de la evaluación global.

- **LABORATORIO** **20%**

La asistencia del estudiante a las sesiones prácticas del laboratorio será obligatoria. La evaluación se realizará teniendo en cuenta la calidad de la memoria técnica de cada una de las prácticas, las respuestas a cuestiones concretas planteadas por el profesor durante el desarrollo del laboratorio y un examen escrito.

La evaluación del trabajo personal permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG1-TQ2, CE22-IP2**,** CE23-IP2**,** CT8-TQ1 y representa el 20% de la evaluación global.

- **ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN ACTIVA EN LAS CLASES**

Para poder realizar la evaluación global de la asignatura, en cualquiera de las convocatorias, el estudiante debe haber participado al menos en el 70% de las actividades presenciales de aula (teoría, seminarios y tutorías), siendo además obligatoria la asistencia al laboratorio.

PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

BLOQUE	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
Bloque 1. Mecanismos de transferencia de materia.	Teoría	3	1	1ª Semana	
	Seminario	1	1	1ª Semana	
Bloque 2. Operaciones de separación controladas por la transferencia de materia	Teoría	37	1	2ª, 4ª a 10ª, 12ª, 14ª a 19ª Semana	
	Seminario	15	1	2ª, 4ª a 10ª, 12ª, 14ª a 19ª Semana	
Bloque 3. Operaciones de separación controladas conjuntamente por la transferencia de materia y calor	Teoría	11	1	20ª a 30ª Semana	
	Seminario	11	1	20ª a 30ª Semana	
Bloque 4. Equipo para las operaciones de separación	Teoría	9	1	3ª, 11ª y 13ª Semana	
	Seminario	3	1	3ª, 11ª y 13ª Semana	
Bloques 1 a 4	Tutoría*	6	1	6ª, 9ª, 13ª, 20ª, 25ª y 30ª Semana	
Bloques 1 a 4	Laboratorio	25	1	17ª y 27º Semana	

* Las tutorías programadas están sujetas a posibles modificaciones según la planificación conjunta del curso.

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad estudiante	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Teoría	CG1-TQ1, CG4-TQ1, CE20-IP8, CE20-IP9, CE20-IP10	Exposición verbal de las líneas maestras de cada tema del programa	Atender y participar activamente en el desarrollo de la clase.	Exámenes escritos	60	90	150	
Seminarios	CG4-TQ1, CE20-IP10, CE23-IP2, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT8-TQ1	Planteamiento y resolución de cuestiones y problemas de carácter numérico	Discusión y resolución de las cuestiones y problemas propuestos	Exámenes escritos	30	40	70	
Tutorías	CG4-TQ1, CE20-IP10, CT2-TQ1, CT8-TQ1	Supervisión del progreso de los estudiantes. Corrección de los controles escritos	Desarrollo de su trabajo personal y realización de controles escritos	Controles escritos y entrega de problemas resueltos	6	9	15	20%
Laboratorio	CG1-TQ2, CE22-IP2**,** CE23-IP2**,** CT8-TQ1	Diseño de las prácticas de laboratorio y corrección del examen escrito	Obtención e interpretación de los datos experimentales, realizando una memoria técnica de cada práctica. Realización del examen escrito	Evaluación de las memorias técnicas de cada práctica, respuesta a las cuestiones del profesor y examen escrito	25	19	44	20%
Exámenes	CG1-TQ1, CG4-TQ1, CE20-IP10, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT8-TQ1	Diseño y corrección del examen. Calificación del estudiante	Realización del examen	Exámenes escritos	21	---	21	60%
P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación								