



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA Y
FENÓMENOS DE TRANSPORTE**



ASIGNATURA: Procesos de Separación				TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria			
CODIGO: 5303	UNIDADES: 5			REQUISITOS: 0105, 5301, 5311			
HORAS/SEMANA: 6	TEORIA: 4	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: 6 ^{to}

FUNDAMENTACIÓN

En la Industria Química los procesos de separación se presentan en diferentes etapas dentro del proceso de producción, desde la etapa de preparación de la materia prima hasta la etapa de purificación de los productos finales. Por lo tanto, para el estudiante de Ingeniería Química es importante conocer y entender los fundamentos básicos de estos procesos, a fin de contar con las herramientas necesarias para poder evaluar, mejorar y optimizar el proceso de producción en general.

Esta asignatura introduce por primera vez al estudiante en forma detallada dentro del campo de la Ingeniería de Procesos, ya que lo inicia en los fenómenos de transferencia de masa interfacial, le provee herramientas necesarias para conocer las restricciones que impone el equilibrio de fases, establece los balances de masa y energía correspondientes, así como determinar el número de etapas ideales requeridas para llevar a cabo la separación. Esto dentro de los distintos esquemas de flujo y manteniendo una visión global de la materia, haciendo hincapié en los procesos tradicionales como: destilación, extracción líquido-líquido y absorción.

Los procesos de separación representan un aspecto fundamental en cualquier planta industrial, por lo que el cabal conocimiento, evaluación y análisis de estos es inobjetable dentro de la formación del Ingeniero Químico.

PROPÓSITO

Procesos de Separación tiene como propósito engranar los conocimientos de cálculos en termodinámica, balances de masa y energía, con los conceptos asociados al funcionamiento de los diferentes procesos de separación por etapas de equilibrio a nivel industrial, a fin de pre-diseñar o evaluar el funcionamiento de equipos necesarios para una separación dada, empleando herramientas gráficas y de simulación.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

1. Seleccionar el proceso de separación más adecuado, en función tanto de las características de los compuestos a separar, como del proceso de separación.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15 OCT 2008	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: 24 NOV 1994	DESDE: 1-2009	VIGENCIA HASTA: 2015	HOJA 1/8
---	--	---------------	-------------------------	-------------

Una vez impreso este documento se considera una copia no controlada. Documento solo válido con el sello húmedo y firma de las autoridades de la Facultad de Ingeniería – UCV



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA Y
FENÓMENOS DE TRANSPORTE



ASIGNATURA: Procesos de Separación				TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria			
CODIGO: 5303	UNIDADES: 5			REQUISITOS: 0105, 5301, 5311			
HORAS/SEMANA: 6	TEORIA: 4	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: 6 ^{to}

- Determinar el sistema donde aplicar los balances de masa y energía para operaciones de separación en una etapa y en múltiples etapas de equilibrio que operen en estado estacionario.
- Seleccionar el método gráfico más adecuado al proceso de separación en estudio, en función de las suposiciones de cada método desarrollado.
- Analizar el efecto de las variables de presión y temperatura sobre el equilibrio termodinámico del sistema y la transferencia de masa interfacial.
- Analizar el efecto del punto de introducción de la alimentación o carga en la eficiencia de la operación.
- Analizar equipos con múltiples alimentaciones y/o salidas.
- Analizar el rendimiento del proceso bajo diferentes configuraciones de flujo.
- Realizar la evaluación de equipos existentes con el fin de determinar su uso en operaciones requeridas.
- Emplear la herramienta de simulación, tanto para comparar los resultados arrojados por los métodos gráficos, como para la evaluación y el dimensionamiento de equipos en un proceso dado.
- Aprender a tomar decisiones en función del manejo del conocimiento del proceso, que permitan mejorarlo y optimizarlo.
- Aprender a compartir la responsabilidad del trabajo en equipo.

Objetivos Específicos

1. Introducción a los procesos de separación

- Conocer los principios básicos para el funcionamiento de los procesos de separación convencional (destilación, extracción líquido-líquido, absorción).

2. Procesos en una etapa de equilibrio en estado estacionario

- Establecer el modelo de etapa ideal, para los procesos de destilación y extracción líquido-líquido.
- Definir eficiencia de procesos de separación en una etapa de equilibrio.
- Representar gráficamente los balances en las coordenadas más adecuadas para el proceso de separación en estudio.

3. Procesos en múltiples etapas en estado estacionario

- Conocer las condiciones límites de operación fuera de las cuales es imposible o totalmente ineficiente la separación, en un proceso dado.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15 OCT 2008	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: 24 NOV 1994	VIGENCIA DESDE: 1-2009	HASTA: 2015	HOJA 2/8
---	--	------------------------	-------------	----------

Una vez impreso este documento se considera una copia no controlada. Documento solo válido con el sello húmedo y firma de las autoridades de la Facultad de Ingeniería – UCV



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA Y
FENÓMENOS DE TRANSPORTE



ASIGNATURA: Procesos de Separación				TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria			
CODIGO: 5303	UNIDADES: 5			REQUISITOS: 0105, 5301, 5311			
HORAS/SEMANA: 6	TEORIA: 4	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: 6 ^{to}

- Calcular el número de etapas ideales requeridas para una separación dada empleando balances etapa a etapa para mezclas binarias y multicomponentes.
- Representar gráficamente los balances en las coordenadas más adecuadas para el proceso de separación en estudio.
- Calcular los requerimientos térmicos de los equipos de transferencia de masa gráficamente cuando ello sea posible, empleando para ello las distintas representaciones gráficas del equilibrio.
- Conocer el efecto del punto de introducción de la alimentación o carga en la eficacia de la operación.
- Definir eficiencia global para operaciones de múltiples etapas.
- Definir la eficiencia de etapa Murphree.
- Determinar el rendimiento del proceso bajo diferentes configuraciones de flujo: cocorriente, contracorriente y flujo cruzado.
- Conocer el funcionamiento de equipos con múltiples alimentaciones y/o salidas.
- Conocer metodologías para hacer el dimensionamiento de los equipos de procesos, cumpliendo con ciertas especificaciones sin entrar en ingeniería del detalle, considerando tanto el flujo de alimentación como el número de etapas ideales necesarias para una separación determinada.
- Simular el rendimiento de un equipo de separación ya construido, bajo condiciones de operación diferentes a las de diseño.
- Emplear la herramienta de simulación a fin de trabajar con casos de alimentación multicomponente en múltiples etapas.

4. Procesos en múltiples etapas en estado estacionario

- Conocer los principios básicos para el funcionamiento de los procesos de separación no convencional (adsorción, intercambio iónico, separación por membranas, entre otros)

CONTENIDO PROGRAMÁTICO SINOPTICO

Introducción a los procesos de separación. Procesos de separación en una etapa de equilibrio, caso destilación y extracción líquido-líquido. Procesos de separación en múltiples etapas de equilibrio, caso destilación, absorción-desorción y extracción líquido-líquido. Procesos de separación no convencional.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15 OCT 2008	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: 24 NOV 1994	VIGENCIA DESDE: 1-2009	HASTA: 2015	HOJA 3/8
---	--	------------------------	-------------	----------

Una vez impreso este documento se considera una copia no controlada. Documento solo válido con el sello húmedo y firma de las autoridades de la Facultad de Ingeniería – UCV



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA Y
FENÓMENOS DE TRANSPORTE



ASIGNATURA: Procesos de Separación				TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria			
CODIGO: 5303	UNIDADES: 5			REQUISITOS: 0105, 5301, 5311			
HORAS/SEMANA: 6	TEORIA: 4	PRACTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: 6 ^{to}

CONTENIDO PROGRAMÁTICO DETALLADO

1. Introducción a los procesos de separación

Generalidades de los procesos de transferencia de masa. Definición. Aplicaciones de los procesos de separación. Importancia. Componentes de un proceso de separación. Clasificación de los procesos de separación. Procesos de Separación basados en el equilibrio. El equilibrio como límite termodinámico en los procesos de transferencia de masa. Etapa ideal. Definición de las operaciones unitarias: destilación, absorción, extracción, adsorción.

2. Procesos en una etapa de equilibrio en estado estacionario.

2.1. Destilación flash.

Diagramas de equilibrio líquido-vapor: T vs x,y ; P vs x,y ; y vs x ; H vs x,y . Balances de masa. Regla de la palanca. Calculo del equilibrio líquido-vapor. Punto de burbuja. Punto de rocío. Variables de diseño. Métodos gráficos para mezclas binarias. Destilación flash de mezclas multicomponentes. Ecuación de Rachford-Rice. Flash adiabático. Método f_i/v_i . Configuraciones de los equipos de separación flash.

2.2. Extracción líquido-líquido.

Criterios para la selección del solvente. Representación del equilibrio y del proceso en diagramas triangulares. Cantidad mínima y máxima de solvente que requiere el proceso. Zona factible de alimentación. Productos acabados.

3. Procesos en múltiples etapas en estado estacionario

3.1. Destilación binaria.

Presión de operación en columnas de destilación.

3.1.1. *Método de McCabe Thiele*. Suposiciones. Balances de masa por zona. Líneas de operación. Tipos de condensadores y rehornadores. Vapor vivo. Reflujo. Variación del número de etapas con la relación de reflujo. Reflujo mínimo, total, subenfriado. Zona factible de alimentación. Eficiencia global. Eficiencia Murphree. Columnas de rectificación y de agotamiento. Alimentaciones múltiples y salidas laterales.

3.1.2. *Método de Ponchon Savarit*. Mezcla adiabática y no adiabática de corrientes. Tipo de condensadores. Reflujo total, mínimo, subenfriado, externo e interno. Zona de factible de alimentación. Columnas de rectificación y de agotamiento. Alimentaciones múltiples. Salidas laterales. Uso de vapor vivo. Pérdidas de calor. Control básico de una columna de destilación. Destilación de mezclas multicomponentes. Método corto de Fenske-Underwood-Guilliland.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15 OCT 2008	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: 24 NOV 1994	VIGENCIA DESDE: 1-2009	HASTA: 2015	HOJA 4/8
---	--	------------------------	-------------	----------

Una vez impreso este documento se considera una copia no controlada. Documento solo válido con el sello húmedo y firma de las autoridades de la Facultad de Ingeniería – UCV



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA Y
FENÓMENOS DE TRANSPORTE**



ASIGNATURA: Procesos de Separación				TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria			
CODIGO: 5303	UNIDADES: 5			REQUISITOS: 0105, 5301, 5311			
HORAS/SEMANA: 6	TEORIA: 4	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: 6 ^{to}

3.2. Adsorción-Desorción.

Concepto del proceso. Cálculo del equilibrio. Ley de Henry. Características del Solvente. Aplicaciones industriales. Balance de masa. Línea de operación. Trazado de etapas. Condiciones límites respecto a los flujos de operación: cantidad mínima de solvente (adsorción), cantidad mínima de gas (desorción). Efecto sobre el proceso al cambiar: la temperatura del sistema, el solvente empleado, la presión del sistema. Alimentaciones múltiples. Salidas laterales. Adsorción de múltiples solutos.

3.3. Extracción líquido-líquido.

Balances de masa. Ubicación de los puntos pivotes en función de la relación S/F. Solvente mínimo, recuperado, de reposición. Trazado de etapas. Alimentaciones múltiples. Salidas laterales, extracto y/o refinado.

4. PROCESOS DE SEPARACIÓN NO CONVENCIONALES

- 4.1. Separación con membranas
- 4.2. Intercambio iónico
- 4.3. Cristalización
- 4.4. Separadores gas- sólido

Estos temas están distribuidos por horas, tanto de teoría como de práctica, de la siguiente manera:

Tema	Horas teóricas	Horas prácticas	Evaluaciones
1	2	6	2
2	20		
3	42	20	6
4			4
Sub total	64	26	12
Total		102	

ESTRATEGIAS INSTRUCCIONALES

Para promover el aprendizaje significativo de los alumnos antes, durante y después de las clases magistrales, el docente puede comenzar las clases recordando o preguntando acerca de conceptos vistos con anterioridad que serán aplicados posteriormente, se plantean los nuevos conceptos y se demuestra el origen de las ecuaciones a emplear. De igual manera el empleo de esquemas con los puntos a tratar, permite al estudiante llevar

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15 OCT 2008	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: 24 NOV 1994	VIGENCIA DESDE: 1-2009 HASTA: 2015	HOJA 5/8
---	--	---------------------------------------	-------------

Una vez impreso este documento se considera una copia no controlada. Documento solo válido con el sello húmedo y firma de las autoridades de la Facultad de Ingeniería – UCV



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA Y
FENÓMENOS DE TRANSPORTE



ASIGNATURA: Procesos de Separación				TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria			
CODIGO: 5303	UNIDADES: 5			REQUISITOS: 0105, 5301, 5311			
HORAS/SEMANA: 6	TEORIA: 4	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: 6 ^{to}

un orden de los puntos a desarrollar. Dado que gran parte de la materia se desarrolla de forma gráfica, se emplean ilustraciones para indicar el proceso en estudio y como es la representación del proceso en el gráfico que aplica según el método en estudio. Previo a las clases se recomienda la lectura de la bibliografía para el desarrollo de un tema en particular, lo cual facilita la discusión del tema. Se incentiva la elaboración de resúmenes por parte de los alumnos a fin de que organicen la información recibida y consultada. En las clases prácticas, se presentan problemas de casos reales a resolver, con el fin de discutir los resultados obtenidos. Se considera la realización de varias sesiones de instrucción computarizada para el análisis de procesos industriales más complejos, que involucren los temas desarrollados. Con el fin de reforzar lo visto en clase se organizan charlas y visitas a empresas que trabajen con los diferentes procesos estudiados, de modo de vincular lo visto en clase con el día a día operacional. Se motiva la investigación con la realización de un resumen sobre el tema de los Procesos de Separación no convencionales.

MEDIOS INSTRUCCIONALES O RECURSOS

Los medios a emplear para establecer una comunicación efectiva entre los alumnos y el docente son los siguientes:

Pizarrón, material impreso (guías de problemas y de estudio), presentaciones en power point, cartelera informativa, videos, TICs (Simulador, grupo google, correo electrónico, aula virtual: MOODLE, uso de internet).

REQUISITOS

- Formales:** tener aprobadas las materias: Termodinámica del Equilibrio (5311), Mecánica de Fluidos (5301), e Inglés Instrumental (0105).
- Académicos:** Antes de iniciar el curso el estudiante deberá estar en capacidad de:
 - Establecer y resolver correctamente balances de masa y energía para equipos y procesos completos que incluyan reciclos y purgas.
 - Establecer y resolver correctamente balances de masa y energía para equipos multifásicos y multicomponentes.
 - Calcular el coeficiente de distribución de un componente en una mezcla de dos o más fases empleando las expresiones termodinámicas adecuadas.
 - Determinar cuándo una mezcla se comporta como una solución ideal.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15 OCT 2008	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: 24 NOV 1994	VIGENCIA DESDE: 1-2009	HASTA: 2015	HOJA 6/8
---	--	------------------------	-------------	----------

Una vez impreso este documento se considera una copia no controlada. Documento solo válido con el sello húmedo y firma de las autoridades de la Facultad de Ingeniería – UCV



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA Y
FENÓMENOS DE TRANSPORTE**



ASIGNATURA: Procesos de Separación				TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria			
CODIGO: 5303	UNIDADES: 5			REQUISITOS: 0105, 5301, 5311			
HORAS/SEMANA: 6	TEORIA: 4	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: 6 ^{to}

PLAN DE EVALUACIÓN

Semana	Tema	Estrategias de evaluación			Tipo de evaluación	Ponderación
		Técnica	Instrumento	Actividad		
1		Prueba	Prueba objetiva	Aplicación de la prueba	Diagnóstica	---
5	1 y 2	Práctica evaluada	Planteamiento de un problema	Resolución de problema	Diagnóstica	5%
5	1 y 2	Prueba	Prueba objetiva práctica	Aplicación de la prueba	Formativa	20%
8	3	Práctica evaluada	Planteamiento de un problema	Resolución de problema	Diagnóstica	5%
8	3	Prueba	Prueba objetiva práctica	Aplicación de la prueba	Formativa	15%
12	3	Práctica evaluada	Planteamiento de un problema	Resolución de problema	Diagnóstica	5%
12	3	Prueba	Prueba objetiva práctica	Aplicación de la prueba	Formativa	15%
16	3	Práctica evaluada	Planteamiento de un problema	Resolución de problema	Diagnóstica	5%
17	3	Prueba	Prueba objetiva práctica	Aplicación de la prueba	Formativa	20%
2	4	Resumen	Elaboración de resumen	Entrega del resumen	Formativa	5%
4	4	Exposición	Elaboración de presentación	Presentación de la exposición	Formativa	5%

Nota: Para considerar las notas correspondientes a las prácticas evaluadas y al resumen-exposición, cada estudiante deberá tener un promedio ponderado mínimo de diez (10) puntos en los exámenes parciales.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15 OCT 2008	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: 24 NOV 1994	DESDE: 1-2009	VIGENCIA HASTA: 2015	HOJA 7/8
---	--	---------------	-------------------------	-------------

Una vez impreso este documento se considera una copia no controlada. Documento solo válido con el sello húmedo y firma de las autoridades de la Facultad de Ingeniería – UCV



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE TERMODINÁMICA Y
FENÓMENOS DE TRANSPORTE



ASIGNATURA: Procesos de Separación				TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria			
CODIGO: 5303	UNIDADES: 5			REQUISITOS: 0105, 5301, 5311			
HORAS/SEMANA: 6	TEORIA: 4	PRÁCTICA: 2	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 6	SEMESTRE: 6 ^{to}

BIBLIOGRAFÍA

Textos básicos

1. Wankat, P. C. "Ingeniería de procesos de separación", 2^{da} Ed., Pearson Prentice Hall, México, 2008
2. Henley E. J., Seader J. D., "Operaciones de Separación por etapas de equilibrio en Ingeniería Química", Ediciones Repla, 1990.
3. Treyball, R. E., "Operaciones de Transferencia de Masa", 2^{da} Ed., McGraw-Hill, México, 1980.

Libros de consulta:

1. Hines A. L. , Maddox R. N. , " Transferencia de Masa , Fundamentos y Aplicaciones", Prentice Hall , 1972.
2. Smith, B. D. , "Design of Equilibrium Stage Processes", Mc.Graw - Hill, 1963
3. King, J. , "Separations Processes" , Mc.Graw - Hill ,1971.
4. Wuithier P. , " Refino y Tratamiento Químico", Ediciones Cepsa S.A., 1971
5. Treybal R. E. , "Extracción en Fase Líquida ", Editorial Uteha, 1968.
6. Schweitzer P. A. , " Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers", McGraw - Hill ,1979
7. Brian P. L. , " Design of Equilibrium Stage Processes " , McGraw- Hill ,1972

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15 OCT 2008	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: 24 NOV 1994	VIGENCIA DESDE: 1-2009	HASTA: 2015	HOJA 8/8
---	--	------------------------	-------------	----------

Una vez impreso este documento se considera una copia no controlada. Documento solo válido con el sello húmedo y firma de las autoridades de la Facultad de Ingeniería – UCV