



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**Programa de  
DISEÑO DE PROCESOS QUÍMICOS**

**1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Diseño de Procesos Químicos.

**2. CRÉDITOS**

9 créditos

**3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Brindar a los estudiantes herramientas para la sistematización de la síntesis, evaluación y re-ingeniería de procesos.

En concreto, el estudiante aprenderá:

- Técnicas para sintetizar, modelar, simular y evaluar hojas de procesos a distintos niveles de definición del problema de diseño.
- Técnicas de optimización que permitan resolver problemas de operación y diseño de plantas químicas. A modo de ejemplo: selección de condiciones de operación de unidades y secuencia de unidades; selección de portafolio de productos; secuenciación de operaciones.
- A utilizar herramientas computacionales para resolver los problemas de diseño, evaluación y optimización de procesos químicos.

**4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

El curso está estructurado en base a clases teóricas y prácticas en la sala de PC's; teniendo asignadas 4 horas de clase semanales. En las clases teóricas, el docente expondrá el temario del curso. En las clases prácticas, se entrenará a los estudiantes en el uso de softwares de simulación de procesos. Parte de las clases prácticas serán dirigidas por los docentes, los cuales mediante tutoriales y casos de estudio enseñarán a utilizar los softwares de simulación y optimización de procesos. Los conceptos adquiridos en estas clases serán aplicados por los estudiantes para simular un proceso a definir (proyecto de simulación del curso), cuyas entregas serán discutidas y valoradas por los docentes. Se dejarán clases prácticas abiertas para discusión, apoyo a problemas de simulación específicos a cada proyecto y presentaciones de los estudiantes.

En forma general se estima una distribución de 60% clases teóricas; 25% clases prácticas dirigidas por el docente (tutoriales); 15 % clases prácticas de discusión del proyecto de simulación del curso, presentación de los avances, etc.

Además de la asistencia a las 4 hs semanales de clase, se espera una dedicación no presencial de 8 hs semanales por estudiante.

Se espera que los estudiantes participen de las siguientes actividades:

- 1) En forma grupal (4-5 estudiantes):
  - a) Modelado, simulación y evaluación del proyecto de simulación del curso (caso base).
  - b) Redacción de informe de avance.
- 2) En forma individual:
  - a) Modelado simulación y evaluación de al menos una mejora al caso base.
  - b) Redacción de un informe final conteniendo el caso base y la(s) mejora(s).
  - c) Presentación oral del trabajo de simulación realizado
  - d) Evaluación del informe final de dos colegas.

## 5. TEMARIO

1. Introducción a la Ingeniería de Sistemas de Procesos: Evolución histórica del área dentro de la Ingeniería Química. Génesis de los simuladores de procesos químicos. Tipos de simuladores y arquitectura básica de los mismos.
2. Conceptualización y síntesis de hojas de procesos químicos: Diagramas de Procesos. Métodos jerárquicos para síntesis de procesos: métodos de Douglas y Sirola. Heurísticas de diseño.
3. Modelado de Procesos Químicos: Datos requeridos. Modelado de compuestos. Modelado de propiedades termodinámicas de compuestos y mezclas. Modelado de operaciones unitarias: métodos "shortcut" y rigurosos. Especificaciones de diseño y grados de libertad.
4. Simulación de Procesos Químicos: Simulación de compuestos, mezclas y operaciones unitarias en Aspen Plus. Simuladores secuenciales modulares y orientados a ecuaciones: fundamentos matemáticos. Análisis estructural. Convergencia.
5. Evaluación de Procesos Químicos: Estimación de Costos de Capital. Estimación de costos de producción. Estimación de impacto ambiental.
6. Optimización de procesos químicos: Conceptos fundamentales: función objetivo, variables de decisión, restricciones. Clasificación de los problemas de optimización, tipos de óptimos. Condiciones necesarias y suficientes de optimalidad. Resolución analítica y resolución numérica. Formulación de problemas de optimización de procesos en Ingeniería Química. Ejemplos de problemas LP, NLP, MILP, MINLP. Métodos de resolución. Optimización global, optimización multiobjetivo.
7. Procesamiento Batch: Cálculos para el diseño de procesos batch. Diagramas de Gantt. Planificación de la producción (scheduling).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
Introducción a la Ingeniería de Sistemas de Procesos		(3)
Conceptualización y síntesis de hojas de procesos químicos	(1) Cap. 1-2 3	(5) (6)
Modelado de Procesos Químicos	(1) Cap. 4	
Simulación de Procesos Químicos	(1) Cap. 5	
Evaluación de Procesos Químicos	(1) Cap. 7-8	(4)
Optimización de procesos químicos	(2)	
Procesamiento Batch	(1) Cap 3-14	(6)

### 6.1 Básica

1. Turton, R., Bailie, R., Whiting, W., Shaeiwitz, J., Bhattacharyya, D. (2015). Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. Estados Unidos, Prentice Hall. ISBN978-0-13-261812-0

2. Edgar, T, Himmelblau, D (2001) Optimization of Chemical Processes, Estados Unidos, Mc Graw Hill, ISBN 978-0-07-039359-2

## **6.2 Complementaria**

3. Stephanopoulos, G., Reklaitis, G (2006) Process systems engineering: From Solvay to modern bio- and nanotechnology. A history of development, successes and prospects for the future. Chemical Engineering Science, 66 (19), 4272-4306.
4. Towler, G., Sinnott, R. (2013), Chemical Engineering Design, Gran Bretaña, Elsevier. ISBN 978-0-08-096659-5
5. Douglas, J. (1988) Conceptual Design of Chemical Processes. Estados Unidos, McGraw Hill, ISBN 0-07-017762-7
6. Seider, W., Lewin, D. Seader, J.D. Widagdo, S., Gani, R., Ng, K. (2016) Product and Process Design Principles: Synthesis Analysis and Evaluation. Estados Unidos, Wiley, ISBN 978-1-119-25733-2

## **7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS**

**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:** Ingeniería de las Reacciones Químicas, Transferencia de Calor y Masa

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:** Métodos Numéricos.

**ANEXO A**  
**Para todas las Carreras**

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Ingeniería Química.

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Consiste en un cronograma de avance semanal con detalle de las horas de clase asignadas a cada tema.

Semana 1	Clase 1 (2hs teórico): Presentación del curso. Tema 1. Clase 2 (2hs teórico): Tema 2: Diagrama de procesos. Tema 3: Datos requeridos para modelado. Estimación de propiedades termodinámicas
Semana 2	Clase 3 (2 hs teórico): Tema 3: Estimación de propiedades termodinámicas (continuación). Base de datos de propiedades de compuestos. Métodos de grupos de contribución. Clase 4 (2hs práctico): Tema 4: Tutorial Simulación de compuestos y mezclas en software Aspen Plus
Semana 3	Clase 5 (2hs teórico): Tema 2: Métodos jerárquicos para síntesis de procesos: métodos de Douglas y Siirola. Heurísticas de diseño. Clase 6(2hs práctico): Tema 4: Tutorial Simulación de compuestos y mezclas en software Aspen Plus (II)
Semana 4	Clase 7 (2hs teórico): Tema 3: Modelado de operaciones unitarias: métodos "shortcut" y rigurosos. Especificaciones de diseño y grados de libertad. Clase 8 (2hs práctico): Tema 4: Tutorial Simulación de procesos prototípicos en Aspen Plus (I)
Semana 5	Clase 9 (2hs teórico): Tema 4: Simuladores secuenciales modulares y orientados a ecuaciones. Fundamentos matemáticos de los simuladores de procesos químicos. Clase 10 (2hs práctico): Tema 4: Tutorial Simulación de procesos prototípicos en Aspen Plus (II)
Semana 6	Clase 11(2hs teórico): Tema 4: Análisis estructural. Convergencia. Clase 12 (2hs práctico): Tema 4: Tutorial Simulación de procesos prototípicos en Aspen Plus (III)
Semana 7	Clase 13 (2hs teórico): Clase de consulta Proyecto de simulación Clase 14 (2hs práctico): Clase de consulta Proyecto de simulación
Semana 8	Clase 15 (2hs teórico): Tema 5: Evaluación de Procesos Químicos Clase 16 (2hs práctico): Tema 5: Tutorial Evaluación de Procesos Químicos utilizando Aspen Plus y Aspen Process Economic Analyzer.
Semana 9	Clase 17 (2hs teórico): Tema 6: Optimización de procesos químicos (I): Conceptos fundamentales: función objetivo, variables de decisión, restricciones. Clasificación de los problemas de optimización, tipos de óptimos. Clase 18 (2hs práctico): Clase de consulta Proyecto de simulación

Semana 10	Clase 19 (2hs teórico): Tema 6: Optimización de procesos químicos (II). Condiciones necesarias y suficientes de optimalidad. Resolución analítica y resolución numérica. Clase 20 (2hs práctico): Tema 6: Tutorial Optimización en Aspen Plus
Semana 11	Clase 21 (2hs teórico): Tema 6: Optimización de procesos químicos (III). Formulación de problemas de optimización en Ing, Qca. ejemplos problemas LP y NLP Clase 22 (2hs práctico): Tema 6: Tutorial software optimización
Semana 12	Clase 23 (2hs teórico): Tema 6: Optimización de procesos químicos (IV): Formulación de problemas de optimización en Ing, Qca. ejemplos problemas MILP y MINLP Clase 24 (2hs práctico): Presentaciones Individuales y apoyo a proyecto de simulación
Semana 13	Clase 25 (2hs teórico): Tema 6: Optimización de procesos químicos (V): Optimización global y multiobjetivo Clase 26 (2hs práctico): Presentaciones Individuales y apoyo a proyecto de simulación
Semana 14	Clase 27 (2hs teórico): Tema 7: Procesos Batch I Clase 28 (2hs práctico): Presentaciones Individuales y apoyo a proyecto de simulación
Semana 15	Clase 29 (2hs teórico): Tema 7: Procesos Batch II Clase 30 (2hs teórico): Clase de consulta

### A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El proyecto de simulación del curso será evaluado mediante dos entregas y una presentación oral. La primera entrega podrá ser grupal y consistirá en un informe conteniendo una descripción del proceso, las estrategias utilizadas para la simulación de compuestos y operaciones unitarias, los balances de masa y energía y evaluación económica para un caso base. En esta entrega se podrá pedir también un análisis de sensibilidad a diferentes parámetros. Esta entrega será corregida por los docentes del curso. La segunda entrega será individual y deberá contener las correcciones hechas por el docente al informe grupal y al menos una mejora al caso base, que será acordada con el docente. La entrega final será evaluada por docentes y dos pares, los cuales deberán entregar un informe de no más de una carilla con un resumen del trabajo presentado y una evaluación con puntos fuertes, débiles y propuestas de mejoras.

Con esta metodología de evaluación se busca que el estudiante se entrene no sólo en la preparación de un informe sino también en la revisión de trabajos hechos por terceros (peer-review). Las revisiones hechas a compañeros serán también evaluadas por los docentes.

La presentación individual podrá ser realizada a diferentes niveles de ejecución del proyecto, ejemplo: presentación de idea, presentación de avances, presentación de resultados. La presentación no deberá llevar más de 10 minutos (preguntas incluidas) y se busca evaluar la capacidad de síntesis y comunicación de resultados; el trabajo en sí será evaluado con los informes. La evaluación será realizada por los docentes.

Los contenidos del programa teórico serán evaluados en una única prueba a realizarse en el segundo período de parciales

La unidad curricular se evalúa sobre la base de 100 puntos distribuidos de la siguiente manera:

- i. Entrega grupal intermedia: 15
- ii. Presentación oral: 10
- iii. Entrega final: 20
- iv. Evaluación de dos proyectos de pares: 5
- v. Evaluación teórica: 50

Se requiere un mínimo de 50% en cada punto para la aprobación total de la unidad curricular. Se tolerará insuficiencia en una de las instancias de evaluación. En el caso de que la insuficiencia sea en (i) o (iii) habrá una oportunidad de recuperación. En caso de que la insuficiencia sea en (v) se considerará el curso como aprobado, sin vencimiento, y se deberá rendir examen teórico en los períodos regulares de examen. En caso de dos o más insuficiencias se deberá repetir la unidad curricular.

#### A4) CALIDAD DE LIBRE

En esta unidad curricular los estudiantes no acceden a la Calidad de Libre.

#### A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Cupos mínimos: no hay

Cupos máximos: El curso requiere salones de PC disponibles para el dictado de los contenidos prácticos. El práctico en PC se repetirá tomando como base 25 estudiantes por práctico (número razonable de PC's utilizables en salones 312 o 315). Considerando que el curso sería obligatorio en el nuevo plan de estudios y también los RRHH disponibles con formación actual y a formar en el área se propone el siguiente escalamiento:

Año	Grupos de teórico	Grupos de práctico	Cupo
2019	1 Encargado: Docente $G \geq 3$	1 Encargado: Docente $G \geq 3$	25 estudiantes
2020	1 Encargado: Docente $G \geq 3$	2 Encargado G1: Docente $G \geq 3$ Encargado G2: Docente $G \geq 1$	50 estudiantes
2021	1 Encargado: Docente $G \geq 3$	3 Encargado G1: Docente $G \geq 3$ Encargado G2: Docente $G \geq 1$ Encargado G3: Docente $G \geq 1$	75 estudiantes

Los cupos se llenarán en base al orden de inscripción. Se generará lista de prelación.

Formato Aprobado por resolución N°113 del CFI de fecha 04.07.2017

## **ANEXO B para la carrera Ingeniería Química**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Para el Plan 2000, Ingeniería de los Procesos Químicos y Biológicos

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Para el Curso: Exámenes de Ingeniería de las Reacciones Químicas 1 y de Transferencia de Calor y Masa 2