Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

PROGRAMA ANALÍTICO

Departamento: Ingeniería Química

Carrera: Ingeniería Química

Nombre de la actividad curricular: Integración IV

Área: Integración

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Nivel: IV

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Anual

Carga Horaria total: H. Reloj: 72 H. Cátedra: 96

Carga horaria semanal: H. Reloj: 2 H. Cátedra: 3

FUNDAMENTACIÓN

La asignatura Integración IV dentro del plan de estudios tiene una relevancia fundamental. Es la que integra todos los conocimientos adquiridos hasta entonces por el alumno y los vuelca en el desarrollo de un proceso químico real tal como deberán hacerlo posteriormente en el proyecto de planta en la asignatura Integración V. Cabe resaltar también la importancia de la materia en la adquisición de conocimientos sobre software de ingeniería como Hysys, Heat Integration y las estimaciones económicas de equipos y servicios que luego serán empleados en la realización del proyecto de planta.

OBJETIVOS

- Conocer los problemas del país y la región en los que la ingeniería química puede colaborar en su solución.
- Relacionar e integrar los conocimientos del nivel de estudio correspondiente.
- Aprender la práctica profesional ejercitándola: identificar el problema o la mejora, analizar alternativas de solución, seleccionar y/o proyectar soluciones, producir, construir, controlar y optimizar.
- Integrar los conocimientos adquiridos de las siguientes asignaturas de tercer y cuarto año
- Analizar el problema del diseño de procesos de una planta química:
- Aplicar un método estructural de análisis del diagrama de flujo de procesos.
- Distinguir los diferentes sistemas (de reacción, de separación, de recuperación y de reciclos) y las restricciones (servicios auxiliares, control ambiental, materias primas, y productos) que lo componen.
- Tomar decisiones para elegir entre varios procesos alternativos.
- Integrar energéticamente el proceso.

- Comprender la necesidad de un análisis de optimización
- Identificar las variables del proceso, su rango de variación y su peso económico.
- Analizar el rediseño de procesos químicos.
- Comprender el uso de simuladores, sus limitaciones y sus alcances, para el diseño de procesos.
- Aplicar una metodología para su uso más económico.
- Conocer la lógica de su funcionamiento.
- Aplicar el uso del simulador para el análisis de procesos químicos.
- Conocer otros aspectos importantes posteriores al diseño de diagrama de procesos (restricciones ambientales, control de procesos, puesta en marcha y parada, seguridad, etc.)
- Distinguir las características particulares de distintos sectores industriales para el análisis de sus procesos.

CONTENIDOS

Contenidos mínimos

Estudio de procesos significativos de Ingeniería Química.
Servicios Auxiliares.
Búsqueda del tema de proyecto.
Ingeniería de Procesos: análisis, definición.
Introducción a la simulación: tipos de simuladores y lógica de funcionamiento, modelos matemáticos y uso del cálculo numérico.
Aplicaciones: desde caracterización de una corriente hasta técnicas de optimización.
Contexto y evaluación económica.
Integran las materias de su nivel en continuidad con Integración III.

Contenidos analíticos

El programa analítico consta de 7 unidades temáticas. Los límites entre las distintas unidades temáticas se desdibujan de manera de relacionar e integrar los temas que se estudian en las mismas.

Unidad Temática 1: DISEÑO DE PROCESOS QUÍMICOS (PARTE 1)
Introducción al estudio del diseño de procesos químicos. Análisis a partir del diagrama de flujo. Análisis preliminar y evaluación económica del diseño. Concepto de estructuras (entrada-salida, de reacción o de reciclo y de separación y recuperación). Diferentes niveles de análisis. Síntesis y descomposición de procesos. Ejemplos o casos de estudio.

Unidad Temática 2: DISEÑO DE PROCESOS QUÍMICOS (PARTE 2)
Información inicial necesaria para el análisis. Propiedades físicas y termodinámicas de los componentes. Las reacciones y sus condiciones. Producción y pureza del producto deseado. Disponibilidad y calidad de las materias primas. Localización y disponibilidad de servicios. Datos de precios de materias primas, servicios, y costos de equipos. Proceso Batch vs. continuo. Reglas

de diseño para su elección. Operaciones múltiples en un solo recipiente. Un procedimiento sistemático para el diseño de procesos Batch.

Unidad Temática 3: INGENIERÍA CONCEPTUAL (PARTE 1)
Estructura de entrada-salida. Definición de la estructura. Cálculo de grados de libertad. Estructura de reacción. Decisiones que la determinan. Cálculo de grados de libertad. Asignación de las variables de diseño adecuadas. Balance de materia con reciclo. Estudio de las condiciones de operación en el sistema de reacción. Efectos térmicos de la reacción. Limitaciones de equilibrio. Carriers y/o diluyentes. Exceso de reactivos.
Costo aproximado de equipos. Cálculo aproximado del costo de producción. Optimización preliminar. Control del balance de materia.

Unidad Temática 4: INGENIERÍA CONCEPTUAL (PARTE 2) E INTEGRACIÓN TÉRMICA DE PROCESOS
Sistema de separación y recuperación. Estructura general del sistema de separación. Sistemas de recuperación de vapor, líquido y sólido. Estudio de las condiciones de operación en el sistema de separación. Balance de materia riguroso.
Integración térmica de procesos. Subsistema de intercambio de calor. Mínimo número de intercambiadores. Integración de calor y potencia. Optimización

Unidad Temática 5: SIMULACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS
Diseño de procesos asistidos por simuladores (C.A.D). Estructura general de programas C.A.D. Rutina ejecutiva. Banco de datos de propiedades físicas y termodinámicas. Subrutinas de operaciones unitarias. Cálculo de balance de materiales. Cálculo de reciclos y convergencia. Operaciones de control. Diagrama de flujo de proceso. Preparación del diagrama de flujo de procesos. Simulación de una planta completa.

Unidad Temática 6: SERVICIOS AUXILIARES
Servicios auxiliares. Interrelación de los servicios auxiliares con los equipos de proceso. Vapor: generación. Tipos de calderas. Características principales y circulación del vapor en las mismas. Requisitos del agua de alimentación en las calderas. Métodos de tratamiento del agua. Régimen de purgas. Desgasificación. Distribución del vapor en la planta. Fluidos térmicos: agua caliente, aceites minerales, Dowtherms, otros. Agua de enfriamiento. Principales tipos de torres. Condiciones de diseño. Especificación de una torre. Energía eléctrica. Interpretación de diagramas unifilares de plantas de proceso. Costo aproximado de los servicios auxiliares.

Unidad Temática 7: PETROQUÍMICA Y PETRÓLEO
Características particulares de sectores industriales relevantes: petroquímica y petróleo.
Industria del petróleo: refinación. Especificación y caracterización de petróleo y derivados. Procesos más importantes.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Tipo de actividad	Carga horaria total en hs. reloj	Carga horaria total en hs. cátedra
Teórica	30	40

Formación Práctica	42	56
Tipo de actividad	**Carga horaria total en hs. reloj**	**Carga horaria total en hs. cátedra**
Formación experimental	9	12
Resolución de problemas	11	15
Proyectos y diseño	22	29
Práctica supervisada	0	0

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)

Se utilizan diversas metodologías de enseñanza de participación activa del alumno. El objetivo principal es el de transferir los conceptos aprendidos a situaciones reales o concretas. Las clases consisten en: Exposición dialogada; Trabajo reflexivo e interactivo; Comunicación entre pares con intervención del docente; Elaboración de proyectos en forma grupal; Prácticas de laboratorio con el simulador

Proyecto:

El proyecto consiste en:

Primera etapa:

1. Búsqueda bibliográfica de la información inicial del proceso (definir la capacidad de producción de la planta, conocimiento de propiedades físicas y termodinámicas de los componentes que integran el proceso, las reacciones y sus condiciones, producción, consumo, importación, exportación y pureza del producto deseado, disponibilidad y calidad de las materias primas, selección y justificación del lugar de ubicación de la planta y disponibilidad de servicios auxiliares).
2. Cálculo manual del balance de materia y energía de la estructura de reacción o de reciclo de la planta teniendo en cuenta el diseño conceptual.
3. Balance de materia y energía de toda la planta con el simulador comercial Hysys

Segunda etapa:

1. Selección de equipos y justificación
2. Cálculo aproximado de áreas de intercambiadores de calor
3. Elaboración de diagrama de flujo de proceso
4. Búsqueda de las variables principales de control y colocación de los lazos de control en el diagrama de flujo de proceso

Prácticas de Laboratorio de Simulación de Procesos:

1. Simulación de Equipos

Guía en la que se estudian, analizan y simulan con el Software de Simulación UNISIM, 10 problemas de ingeniería relacionados con las operaciones de transporte y compresión de fluidos, separación de mezclas, transferencia de energía: calentamientos y enfriamientos, cambios de fase: evaporaciones y condensaciones y procesos con reacciones químicas.

2. Simulación de Procesos

Se simula un proceso químico: Planta de producción de ciclohexano. Trabajo realizado en forma conjunta con el docente.

3. Destilación Multicomponente

Simulación con el UNISIM de una torre de destilación para separar una mezcla multicomponente constituida por benceno, tolueno, etilbenceno y estireno haciendo uso de los módulos: Component Splitter, Shortcut Column y Distillation.

4. Integración Térmica de un Proceso

Este trabajo se realiza empleando el software Heat Integration con el que se realizan los siguientes cálculos:

a) Solución del problema mediante el método de pinch
b) Cálculo de los requerimientos mínimos de servicios auxiliares y elaboración del diagrama en cascada correspondiente
c) Construcción de curvas compuestas
d) Construcción de la curva gran compuesta
e) Predicción de áreas de transferencia de calor de intercambiadores
f) Planteo de la red de intercambiadores de calor.

5. Proyecto Preliminar de una Planta

En este trabajo se diseña un proceso, el que se asigna por sorteo a un grupo integrado por 4 a 5 alumnos.

Se simula el proceso de manera de calcular los balances de materia y energía del mismo y luego se selecciona una de las columnas del sistema de separación de procesos para su simulación mediante cálculo riguroso.

Resolución de Problemas en Clase

Serie 1: Balance de masa y energía (estructura de reacción)
Serie 2: Estudio y análisis de Sistema de Separación
Serie 3: Integración Térmica de Procesos

Seguimiento del Proyecto Preliminar de Planta

Durante el desarrollo de las clases se destina un tiempo para el seguimiento de las actividades relacionadas con la ejecución de este trabajo.

b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)

- Mathlab y Mathcad para la resolución numérica de problemas
- Hysys simulador de procesos
- Autocad
- Heat Integration

EVALUACIÓN

Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)
La cátedra adopta el criterio de una evaluación continua y formativa efectuándose un seguimiento permanente de las actividades realizadas por los alumnos en la materia, de manera de poder evaluarlos a lo largo de todo el proceso de aprendizaje. La evaluación consiste en dos exámenes parciales, dos trabajos prácticos de laboratorio y un examen final. Durante el desarrollo de la asignatura los alumnos deben elaborar el proyecto. El trabajo se realiza en forma grupal (grupos de 4 personas). Se presenta en dos etapas o entregas cada una de ellas representa un parcial. Se asigna a cada grupo un proceso para llevar a cabo. Los docentes van guiando al alumno y al mismo tiempo evaluando el trabajo a medida que los alumnos lo van produciendo. Finalmente, cada evaluación parcial se completa con la exposición oral del trabajo. El examen final es escrito, se toman todos los temas de la asignatura de manera teórica (cuestionario).

Requisitos de regularidad
Aprobar las instancias de exámenes parciales, los trabajos prácticos de laboratorio y contar con el porcentaje de asistencia requerido por la reglamentación vigente
La segunda evaluación parcial integra todos los temas de la materia e incluye preguntas teóricas y problemas de índole práctica.
Si el alumno no alcanza el puntaje necesario para promocionar, pero aprueba las evaluaciones, FIRMA la asignatura. En este caso para aprobar de manera definitiva la asignatura deberá rendir un final integrador.

Requisitos de promocion
El alumno promociona cuando la suma de las calificaciones en las dos evaluaciones parciales alcanza un valor de 15 puntos o más, habiendo obtenido 8 o más puntos en la segunda evaluación integradora de todos los conocimientos de la materia.
Se puede recuperar sólo 1 parcial del total de las 2 evaluaciones.
Tanto para promocionar o aprobar la asignatura se deberá también cumplimentar con las actividades del Laboratorio de Simulación
1) Aprobación del Examen de Simulación (Se admite una sola instancia de recuperación)
2) Aprobación y defensa oral de un Trabajo Práctico consistente en la Simulación de una planta de proceso
La fecha límite para cumplimentar con estos requisitos es la segunda fecha de final de febrero para promocionar la materia y para aprobar, la última fecha de final.

Requisitos de aprobación
Aprobar el examen final.

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS
Las materias integradoras, como su nombre lo indica, integran en sí mismas conocimientos y habilidades profesionales, articulándose, también con los contenidos de otras asignaturas y los contenidos temáticos propios.
El diseño curricular establece el área tronco integrador formado por cinco asignaturas, entre las que se encuentra Integración IV. Estas materias tienen como uno de los principales objetivos acercar al alumno a la actividad profesional desde el inicio de sus estudios e integran los

conocimientos adquiridos en varias asignaturas del mismo nivel (integración horizontal) con el objetivo de construir una estructura sólida de conocimiento en el alumno. Cabe destacar, que las integradoras son las que permiten al alumno adquirir la metodología de la profesión en concordancia con uno de los propósitos principales del diseño curricular, la inserción del profesional en el mercado laboral actual.

La asignatura Integración IV se relaciona secuencialmente con las integradoras: Integración III (3º año de la carrera) e Integración V (5º año de la carrera), de forma tal de lograr la integración vertical y la coherencia o eje conductor de la carrera en su conjunto. En Integración IV los alumnos continúan trabajando el balance de masa y de energía (cuyas nociones comienzan en Integración I y se complementan en Integración II y III), aplicándolos a procesos significativos de la Ingeniería Química. En la materia los alumnos adquieren los conocimientos necesarios para la simulación de procesos químicos, teniendo en cuenta también los criterios de optimización económica. Los alumnos al llevar a cabo el diseño preliminar de una planta química se preparan para poder afrontar la realización del Proyecto de planta en Integración V.

En cuanto a la integración horizontal, que tiene en cuenta la articulación de la asignatura con el mismo nivel (4º año), el docente debe integrar los nuevos saberes adquiridos en la materia con los conocimientos obtenidos en Operaciones Unitarias I y II, Tecnología de la Energía Térmica e Ingeniería de las Reacciones. En la Tabla siguiente se especifican las asignaturas con las que Integración IV se articula horizontalmente y los temas relacionados.

ASIGNATURA	**TEMAS**	**UNIDADES**
Operaciones Unitarias I	**Bombas, compresores: cálculo de potencia necesaria para estimar costos**	**Unidad 2** **Estimación de costos de equipos de transferencia de masa para poder calcular los costos de los distintos niveles de estructuras que representan un proceso**
Tecnología de la Energía Térmica	**Intercambiadores de calor, diferencia logarítmica de temperatura, cálculo estimativo del área para poder calcular un costo aproximado**	**Unidad 4** **Integración Térmica de procesos y costos**
´ **Ingeniería de las Reacciones**	**Concepto de conversión selectividad, cálculo estimativo del tamaño de un reactor para poder calcular su costo aproximado**	**Unidad 1 y 2** **Estimación de costos de los distintos niveles de estructuras que representan un proceso**
Operaciones Unitarias II	**Destilación: métodos simplificados de cálculo e idea de métodos rigurosos para poder estimar número de platos reales necesarios en una destilación multicomponente. Torres de enfriamiento de agua.**	**Unidad 5** **Cálculo de columnas de destilación con el simulador** **Unidad 6** **Servicios Auxiliares**

	Diferentes tipos y sus principios de funcionamiento	

La materia se articula también con las asignaturas:

- Físicoquímica, ya que en la asignatura Integración IV es importante tener conocimientos de equilibrio líquido-vapor, mezclas azeotrópicas y modelos termodinámicos (ecuaciones de estado: PR, SRK, PRSV, etc, modelos de coeficientes de actividad: Van Laar, Margules, Wilson, NRTL, Uniquac, etc. y modelos especiales) puesto que la simulación de procesos químicos requiere del conocimiento de estos temas.
- Termodinámica donde se adquieren conocimientos sobre el cálculo y la utilización de propiedades físicas y termodinámicas de uso frecuente en Integración IV.

El equipo docente participa de reuniones intercátedras convocadas por Departamento, a fin de generar acuerdos temáticos y de metodologías que faciliten la articulación horizontal y vertical entre las distintas asignaturas

CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Unidad Temática	**Duración en hs cátedra**
1	**10**
2	**15**
3	**14**
4	**15**
5	**30**
6	**4**
7	**8**

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Douglas, M. J. (1988). *Conceptual design of chemical processes*. McGraw Hill.
Felder, R. y Rousseau, R. (2018). *Principios elementales de los procesos químicos*. Limusa
Freeman, H. M. (1997). *Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal*. McGraw Hill.
Jimenez Gutiérrez, A. (2003). *Diseño de procesos en ingeniería química*. Reverté
Kaes, G. (2000). *Refinery process modelling. A practical guide to steady state modelling of petroleum processes*. Kaes Enterprises, Inc.
Kirk - Othmer (Ed.). (2011). *Encyclopedia of chemical technology*. Wiley-Interscience.
Kohan, A. L. (2000). *Manual de calderas.* McGraw Hill.
Prausnitz, J. M., Poling, B. E., & O'Connell, J. P. (2000). *Properties of gases and liquids*. McGraw Hill
Rostein, E. y Fornari, R. E. (1984). *Termodinámica para procesos industriales*. EDIGEM.
Scenna, J. y otros (1999). *Modelado, simulación y optimización de procesos químicos*. Universidad Tecnológica Nacional.
Seider, W. D., Seader, J. D., Lewin, D. R., Widagdo, S., Gani, R., & Ng, K. M. (2019). *Product and process design principles, synthesis, analysis and evaluation*. John Wiley & Sons, Inc.
Stephanopoulos, G. (2008). *Chemical process control: an introduction to theory and practice*. Prentice Hall.
Turton, R., Shaeiwitz, J. A., Bhattacharyya, D., & Whiting, W. (2018). *Analysis, synthesis and design of chemical processes*. Prentice Hall.

Ullmann, F. y otros (2008). *Encyclopedia of industrial chemistry*. VCH.
Ulrich, G. D., & Vasudevan, P. T. (2004). *Chemical engineering process design and economics: a practical guide*. Process Publishing.
Aspen. (2006). *Manual de referencia Hysys*. Versión 2.2.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Carlson, E. C. (1996). Don't gamble with physical properties for simulations. *Chemical engineering progress*, *92*(10), 35-46.
Clark, S. M., & Reklaitis, G. V. (1984). Investigation of strategies for executing sequential modular simulations. *Computers & chemical engineering*, *8*(3-4), 205-218.
Negro, J. C. (1999). Análisis de riesgos en la industria de procesos: el método HAZOP. *Industria & Química, 337 (*diciembre) , 36-40.
Paranjape, P. K., & Kudchadker, A. P. (1993). A knowledge intensive methodology for thermodynamic choices. *Computers & chemical engineering*, *17*(7), 717-738.
Schad, R. C. (1994). Don't let recycle streams stymie your simulations. *Chemical engineering progress*, *90*(12), 68-76.
Schad, R. C. (1998). Make the most of process simulation. *Chemical engineering progress*, *94*(1), 21-27.
Seider, W. D., Seader, J. D. & Lewin D.R. (1999). *Process design principles, synthesis, analysis and evaluation*. John Wiley & Sons, Inc.