



PROGRAMA ANALÍTICO

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA

PLAN DE ESTUDIO: 1994

MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL

ORIENTACIÓN: NO POSEE

ASIGNATURA: ANÁLISIS Y DISEÑO DE REACTORES GAS-LÍQUIDO

CÓDIGO: 9158

DOCENTE RESPONSABLE:

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
<u>Joaquín A. Orejas</u>	<u>Doctor en Ingeniería Química</u>	<u>Profesor Titular</u>	<u>Exclusiva</u>

EQUIPO DOCENTE:

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
<u>Joaquín A. Orejas</u>	<u>Doctor en Ingeniería Química</u>	<u>Profesor Titular</u>	<u>Exclusiva</u>

AÑO ACADÉMICO: 2023

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Optativa

RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2^{do} CUATRIMESTRE 5^{to} AÑO

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
9133	9137

ASIGNACIÓN DE HORAS:

Horas Totales		(90 h.)
Semanales		(6 h.)
Teóricas		(60 h.)
Prácticas	Resolución de problemas	(30 h.)
	Laboratorio	(... h.)
	Proyectos	(... h.)
	Trabajo de campo	(... h.)
Teórico-Prácticas		(... h.)



FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:
OBJETIVOS PROPUESTOS:

Reactores gas-líquido constituyen, por peso propio, una importante área de la Ingeniería de las Reacciones, a tal punto que existen congresos internacionales específicos sobre el tema. Este tipo de reactores es utilizado en una gran variedad de procesos químicos al igual que biológicos, ya sea para resolver problemas ambientales, también en procesos de purificación al igual que en procesos de producción. Conceptualmente representan un prerrequisito para la comprensión de sistemas más complejos tales como los reactores de tres fases: gas/líquido/sólido, líquido/líquido/gas, líquido/líquido/sólido. También forman la base para el desarrollo de los denominados modelos de no-equilibrio para procesos de purificación o de destilación reactiva.

La signatura introduce conceptos no incluidos en asignaturas previas del plan de estudios en Ingeniería Química y permite al alumno familiarizarse con equipos y procesos que seguramente encontrará en el ejercicio de su profesión.

En este sentido el objetivo del curso es brindar al estudiante una capacidad adicional para la resolución de problemas en el área de la Ingeniería de las Reacciones, específicamente en reactores gas-líquido, al mismo tiempo el curso le permitirá tener una base conceptual que le ayudará a comprender sistemas más complejos.

Una sustancial parte del curso será desarrollada sobre la experiencia propia del docente en este tipo de reactores y en particular en lo referente a reactores tipo columna de burbujeo. Experiencia que va desde lo académico hasta lo profesional. El alumno tendrá la oportunidad de conocer la operación y diseño de un reactor industrial, sobre la base de la experiencia del docente responsable, como Ingeniero de Procesos en una Industria Petroquímica.

COMPETENCIAS:

➤ **Competencias genéricas:**

COMPETENCIAS	CAPACIDADES ASOCIADAS INTEGRADAS
1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería	<p>1. a. Capacidad para identificar y formular problemas.</p> <p>1. b. Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada.</p> <p>1. c. Capacidad para implementar tecnológicamente una alternativa de solución.</p> <p>1. d. Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas.</p>
2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería	<p>2. a. Capacidad para concebir soluciones tecnológicas.</p> <p>2. b. Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.</p>
3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.	<p>3. a. Capacidad para planificar y ejecutar proyectos de ingeniería.</p> <p>3. b. Capacidad para operar y controlar proyectos de ingeniería.</p>



4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	4. a. Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles. 4. b. Capacidad para utilizar y/o supervisar la utilización de las técnicas y herramientas.
5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	5. a. Capacidad para detectar oportunidades y necesidades insatisfechas o nuevas maneras de satisfacerlas mediante soluciones tecnológicas. 5. b. Capacidad para utilizar creativamente las tecnologías disponibles. 5. c. Capacidad para emplear las formas de pensamiento apropiadas para la innovación tecnológica.
6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.	6. a. Capacidad para identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas. 6. b. Capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos. 6. c. Capacidad para asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.
7. Comunicarse con efectividad.	7. a. Capacidad para seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio. 7. b. Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.), y presentaciones públicas.
8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.	8. a. Capacidad para actuar éticamente. 8. b. Capacidad para actuar con responsabilidad profesional y compromiso social. 8. c. Capacidad para evaluar el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
9. Aprender en forma continua y autónoma.	9. a. Capacidad para reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida. 9. b. Capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje.
10. Actuar con espíritu emprendedor.	10. a. Capacidad para crear y desarrollar una visión. 10. b. Capacidad para crear y mantener una red de contactos.



➤ **Competencias específicas:**

ACTIVIDAD RESERVADA	COMPETENCIA ESPECIFICA	DESCRIPTORES DE CONOCIMIENTO
<p>1. Diseñar, calcular y proyectar productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia; e instalaciones de control y de transformación de emisiones energéticas, efluentes líquidos, residuos sólidos y emisiones gaseosas.</p>	<p>1.1 Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis.</p> <p>1.2 Diseñar, calcular y proyectar productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando estrategias conceptuales y metodológicas asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulación para valorar y optimizar, con ética, sentido crítico e innovador, responsabilidad profesional y compromiso social.</p>	<p>Tecnologías Aplicadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fenómenos de Transporte • Ingeniería de las reacciones químicas • Operaciones Unitarias <p>Tecnologías Básicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balances de masa y energía • Fisicoquímica • Termodinámica <p>Ciencias Básicas de la Ingeniería</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informática: Fundamentos de Programación • Matemática: Álgebra lineal, Cálculo diferencial e integral, Cálculo y Análisis Numérico, Ecuaciones diferenciales, Geometría analítica y Probabilidad y estadística.
<p>2. Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de lo anteriormente mencionado.</p>	<p>2.1 Planificar y supervisar la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios donde se llevan a cabo la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas utilizando de manera efectiva los recursos físicos, humanos, tecnológicos y económicos; a través del desarrollo de criterios de selección de</p>	



	materiales, equipos, accesorios, sistemas de medición y la aplicación de normas y reglamentaciones pertinentes, atendiendo los requerimientos profesionales prácticos.	
3. Certificar el funcionamiento y/o condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente.	3.1 Verificar el funcionamiento, condición de uso, estado y aptitud de equipos, instalaciones y sistemas involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando procedimientos, técnicas y herramientas teniendo en cuenta la legislación, estándares y normas de funcionamiento, de calidad, de ambiente y seguridad e higiene.	

EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:

TEMA 1: Generalidades de reactores gas-líquido

Introducción. Reactores gas-líquido de tanque agitado. Reactores gas-líquido tipo columna de burbujeo. Columnas de burbujeo con relleno. Reactores ‘gas-lift’. Aplicaciones en la Industria de Procesos

TEMA 2: El problema de la interfase: Transferencia de masa y reacción química

La influencia de la transferencia de masa en la capacidad de conversión. Transferencia de masa con reacción química homogénea. Distribución de concentración en la fase de reacción.

El problema de la interfase. Balance de masa general para la transferencia de masa con reacción química.

Modelos para la transferencia de masa en interfases gas-líquido en ausencia de reacción química: el modelo de la película, el modelo de Higbie, el modelo de Danckwerts.

Transferencia de masa con reacción química irreversible, de primer orden, en la fase líquida: modelos de la penetración y de la película estancada.

Conclusiones generales sobre transferencia de masa con reacción química homogénea de primer orden irreversible. Aplicaciones

Transferencia de masa con reacción homogénea irreversible de cinética compleja. Concepto de reacción lenta, reacción rápida, reacción instantánea.

Transferencia de masa con reacción homogénea reversible.

Criterio general para la ausencia de limitaciones por transferencia de masa.

Efectos térmicos en problemas de absorción con reacción química

Reactores de laboratorio para el estudio de cinéticas en sistemas gas-líquido: reactor de película descendente. Reactor de ‘jet’ laminar. Reactor de celdas agitadas.

Técnicas de medición para coeficientes de transferencia de masa y áreas de contacto en reactores gas-líquido. Medición de área interfacial específica. Medición de coeficientes volumétricos de transferencia de masa para la fase gas y para la fase líquida. Medición de coeficientes específicos de transferencia de masa para la fase gas y para la fase líquida.



Aplicaciones prácticas.

TEMA 3: Transferencia de masa y reacción: reacciones múltiples

Transferencia de masa simultánea de dos reactivos gaseosos con reacciones químicas independientes en paralelo: Transferencia de masa y reacciones en serie, transferencia de masa y reacciones en paralelo.

Transferencia de masa de un reactivo gaseoso seguida por dos reacciones dependientes en paralelo.

Transferencia de masa de dos reactivos gaseosos seguida de reacciones dependientes en paralelo con un tercer reactivo.

Transferencia simultánea de masa de dos reactivos que reaccionan entre sí.

Transferencia de masa con reacciones consecutivas.

Transferencia de masa con esquemas cinéticos complejos serie paralelo.

Aplicaciones prácticas.

TEMA 4: Columnas de Burbujeo

Diseños y aplicaciones. Distribución de gas, regímenes de flujo, fluidodinámica, burbujas: distribución de tamaños y velocidad, macromezclado de la fase líquida y de la fase gas, fracción volumétrica, área interfacial específica, coeficientes de volumétricos de transferencia de masa, transferencia de calor. Modelamiento matemático para el análisis y diseño. Un caso estudio: cloración directa de etileno: Estudio experimental en columnas de burbujeo a escala de laboratorio. Modelamiento y determinación de cinéticas de reacción. Operación de columnas de burbujeo de escala industrial en la Industria de Procesos.

TEMA 5: Reactores gas-líquido de tanque agitado

Diseños y aplicaciones. Distribución de gas, regímenes de flujo, fluidodinámica macromezclado de la fase líquida y de la fase gas, fracción volumétrica, área interfacial específica, coeficientes de volumétricos de transferencia de masa, transferencia de calor. Modelamiento matemático para el análisis y diseño. Desarrollo de un caso estudio.

FORMAS METODOLÓGICAS:

El total del tiempo se dedicará a clases teórico-prácticas desarrolladas en aula. El presente curso no requiere trabajos de campo, gabinete o laboratorio, visitas o viajes de estudio.

Las clases tendrán carácter de teórico-prácticas, desarrolladas como es usual mediante exposición oral complementada con pizarrón y/o retroproyector. Las mismas se complementarán con publicaciones científicas sobre el tema.

Las prácticas consistirán en la resolución de problemas concretos de aplicación.

90 horas de clases teórico-prácticas, distribuidas en tres clases semanales de 3 horas cada una durante 11 semanas.

PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:

No posee.



CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES v NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:

El cronograma de actividades que se implementará durante el segundo cuatrimestre del 2023 es el siguiente:

	Lunes	Miércoles	Viernes
<u>Agosto</u>	Día 14: 16:00 – 19:00 hs: Teoría Tema 1	Día 16: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 1	Día 18: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 1
	Día 21: No Laborable	Día 23: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 2	Día 25: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 2
	Día 28: 16:00 – 19:00 hs: Teoría Tema 2	Día 30: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 2	
<u>Septiembre</u>			Día 1: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 2
	Día 4: 16:00 – 19:00 hs: Teoría Tema 2	Día 6: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 3	Día 8: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 3
	Día 11: No Laborable	Día 13: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 3	Día 15: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 3
	Día 18: 16:00 – 19:00 hs: 1º Parcial	Día 20: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 3	Día 22: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 4
	Día 25: 16:00 – 19:00 hs: Teoría Tema 4	Día 27: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 4	Día 29: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 4
<u>Octubre</u>	Día 2: 16:00 – 19:00 hs: Teoría Tema 4	Día 4: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 4	Día 6: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 4
	Día 9: 16:00 – 19:00 hs: Teoría Tema 5	Día 11: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 5	Día 13: No Laborable
	Día 16: No Laborable	Día 18: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 5	Día 20: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 5
	Día 23: 16:00 – 19:00 hs: Teoría Tema 5	Día 25: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 5	Día 27: 14:30 – 17:30 hs: Teoría Tema 5
	Día 30: 16:00 – 19:00 hs: Consultas		
<u>Noviembre</u>		Día 1: 14:30 – 17:30 hs: 2º Parcial	Día 3: 14:30 – 17:30 hs: Recuperatorios



BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles
Transport Phenomena".2 nd Ed.	R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot.	John Wiley & Sons	2006 (No hay ediciones más nuevas)	Un ejemplar en Biblioteca
Chemical Reactor Design and Operation	K.R. Westerterp, W.P.M. Van Swaijj, A.A.C.M. Beenackers	John Wiley & Sons	1993 (No hay ediciones más nuevas)	Un ejemplar en Biblioteca
Hydrodynamics of Gas-Liquid Reactors: Normal Operation and Upset Conditions	B.J. Azzopardi, R.F. Mudde, S. Lo, H. Morvan, Y.Y. Yan, D. Zhao	John Wiley & Sons	2011	Sin existencia en Biblioteca

Básica: para temas 2 y 3

- "Transport Phenomena".2nd Ed. R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot. John Wiley & Sons, 2006
- Chemical Reactor Design and Operation, K.R. Westerterp, W.P.M. Van Swaijj, A.A.C.M. Beenackers, John Wiley & Sons, 1993. Capítulos 7, 8 y 9

Específica:

- "Model Evaluation for an Industrial Process of Direct Chlorination of Ethylene in a Bubble-column Reactor with External Recirculation Loop". Autor: Joaquín A. Orejas. Chem. Eng. Sci., (Science Citation Index - ISSN 0009-2509). Vol. 56, No. 2, pp. 513-522, 2001
- "Modelling and Simulation of a Bubble-column Reactor with External Loop: Application to the Direct Chlorination of Ethylene". Autor: Joaquín A. Orejas. Chem. Eng. Sci., (Science Citation Index - ISSN 0009-2509), Vol. 54, No. 21, pp. 5299-5309, 1999
- "Cloración de Etileno en una Columna de Burbujeo a Escala de Laboratorio: I. Modelo y Simulación en Estado Estacionario". Autor: J.A. Orejas. "IV Congreso Argentino de Ingeniería Química", Santa Fe, 18 al 20 de Octubre 1994.
- "Cloración de Etileno en una Columna de Burbujeo a Escala de Laboratorio: II. Modelo y Simulación en Estado Quasi Estacionario". Autor: J.A. Orejas. "IV Congreso Argentino de Ingeniería Química", Santa Fe, 18 al 10 de Octubre 1994.



- "Modelamiento y Simulación de un Reactor Industrial Gas-líquido, Tipo Columna de Burbujeo con Lazo de Recirculación Externo: Aplicación a la Cloración Directa de Etileno", Autor: Joaquín Orejas. Tesis de Doctor en Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, (1993)
- "Cloración de Etileno en un Reactor de Columna Burbujeante a Escala de Laboratorio: I. Estudio Experimental". Autores: Orejas, J.A., J.A. Miguel, E. Pérez Millán, A.F. Errazu. "XV Jornadas de ADICIQA", Noviembre de 1989, Neuquén.
- "Coloración de Etileno en un Reactor de Columna Burbujeante a Escala de Laboratorio: II. Modelo y Simulación". Autor: Orejas, J.A. "XV Jornadas de ADICIQA", Noviembre de 1989, Neuquén.
- Gas-Liquid Reactors, Sergio Carra & Massimo Morbidelli, Capítulo 9 en 'Chemical Reaction and Reactor Engineering' editado por James J. Carberry & Arvind Varma, Marcel Dekker, Inc. (1987)
- Bubble Columns, Peter Zhener, Mattihas Kraume, páginas 275-307, en Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Fifth, Completely Revised Edition, Volume B4: Principles of Chemical Reaction Engineering and Plant Design. Editores: Barbara Elvers, Stephen Hawkins, Gail Schultz, (1992)

HORARIO DE CLASES:

DIA	HORARIO
Lunes	16 a 19 h.
Miércoles	14:30 a 17:30 h.
Viernes	14:30 a 17:30 h.

HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:

DIA	HORARIO	LUGAR
Lunes	14 a 16 h.	DTQ
Viernes	13 a 14:30 h.	DTQ

REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:

Promoción: Obtención de una calificación promedio de siete puntos (sin registrar instancias evaluativas de aprobación con nota inferior a cinco puntos). Las instancias de evaluación son dos exámenes parciales, los que son teórico-prácticos y por escrito, más la aprobación de trabajos de realización individual, sobre subtemas específicos que requieren el empleo intensivo de computadora, además de la implementación de programas de simulación numérica. También una asistencia no inferior al 80 % a las clases teóricas. En caso de obtener calificación menor que cinco en alguno de los exámenes parciales, se podrá recuperar el mismo a efectos de mantenerse en el régimen de promoción.

Regularización: Aprobación de dos exámenes parciales teórico-prácticos con nota no inferior a 5 (cinco). De no alcanzarse dicha calificación, el estudiante tendrá derecho a una instancia de recuperación por cada examen parcial desaprobado. También se deberán aprobar trabajos de realización individual, sobre subtemas específicos que requieren el empleo intensivo de computadora, además de la implementación de programas de simulación numérica.



Exámenes Libres: Los alumnos que opten por la opción de aprobar la asignatura en carácter de alumno libre deberán cumplimentar las mismas exigencias que las previstas para el alumno regular.

CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXAMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES:

EXÁMENES PARCIALES				
INSTANCIA EVALUATIVA	CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD	TIEMPO DE CORRECCIÓN	TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES
1er Parcial	Teórico/Práctico	Escrito	72 h.	72 h.
2do Parcial	Teórico/Práctico	Escrito	72 h.	72 h.

EXAMENES FINALES	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Teórico/Práctico	Escrito/Oral

Firma Docente Responsable

Firma Secretario Académico