



PROGRAMA ANALÍTICO

DEPARTAMENTO: **TECNOLOGÍA QUÍMICA**

CARRERA: **INGENIERÍA QUÍMICA**

ASIGNATURA: **OPERACIONES UNITARIAS II**

CÓDIGO: **9135**

AÑO ACADÉMICO: **2019**

PLAN DE ESTUDIO: **1994**

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: **1er. CUATRIMESTRE DE 4to. AÑO**

MODALIDAD DE CURSADO: **PRESENCIAL**

DOCENTE A CARGO: **Mg. Ing. Laura B. Potes – Profesora Asociada Exclusiva**

EQUIPO DOCENTE: **Mg. Ing. Laura B. Potes – Profesora Asociada Exclusiva**
Ing. Estela Cattalano – Jefa de Trabajos Prácticos Exclusiva
Dra. Miriam Martinello- Profesora Asociada Simple
Mg. Renata Marenchino- Jefa de Trabajos Prácticos Exclusiva
Est. Federico Yrastorza – Ayudante de Segunda

RÉGIMEN DE ASIGNATURAS:

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
9129	9133
0408	-
9130	-

ASIGNACIÓN DE HORAS:

Semanales: 10

Totales → Teóricas: 75
→ Prácticas → Resolución de problemas: 72
→ Laboratorio: 3
→ Proyecto: -
→ Trabajo de campo: -

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: **Obligatoria**



INTRODUCCIÓN

La materia trata los procesos de Transferencia de Calor y de Calor y Masa, específicamente los principios de funcionamiento, la descripción, los mecanismos de diseño y selección de los equipos empleados y los métodos de optimización de los mismos.

Es una materia específica de la carrera de Ingeniería Química, se dicta en el primer cuatrimestre de cuarto año de la misma, simultáneamente con Operaciones Unitarias I (Transferencia de Cantidad de Movimiento) y Análisis Instrumental.

Se requieren para su desarrollo los conocimientos básicos impartidos en las materias Fisicoquímica, Fenómenos de Transporte y Balances de Masa y Energía, todas de tercer año.

Los conocimientos adquiridos en la misma habilitan para cursar Laboratorio de Procesos (condición: regular) y para desarrollar el Proyecto Industrial (condición: aprobada), cátedras ambas de quinto año.

OBJETIVOS

Son funciones del Cuerpo Docente: brindar al alumno la asistencia necesaria para generar el conocimiento básico que le permita desempeñarse en la profesión de Ingeniero Químico, específicamente en el área de las Operaciones Unitarias con Transferencia de Calor y de Calor y Masa.

Evaluar el nivel de conocimiento logrado por el alumno y su habilidad para resolver problemas relacionados con equipos de Transferencia de Calor y de Calor y Masa.

Objetivos Generales del curso

Al concluir satisfactoriamente el desarrollo del curso se espera que el alumno identifique los equipos de Transferencia de Calor y de Calor y Masa empleados en la industria de procesos; que pueda planear su puesta en marcha, funcionamiento normal, parada y mantenimiento, que reconozca las variables involucradas en cada operación y que sea capaz de introducirse en el diseño (con niveles de profundidad que varían en cada tema). Todo ello basándose en pautas de eficacia, seguridad (de personas, de equipos e instalaciones, y del ambiente), y economía.

Objetivos Particulares

Al concluir satisfactoriamente el desarrollo del curso, se espera que el alumno:

- Realice cálculos que cuantifiquen la cantidad de calor intercambiado entre fluidos de procesos y/o de servicios.
- Reconozca y describa los equipos de procesos que involucren operaciones de Transferencia de Calor (TC) y de Calor y Masa (TCM), con sus principales características constructivas y operativas, así como sus accesorios más comunes.
- Comprenda y aplique correctamente las ecuaciones y mecanismos de diseño de equipos de TC y de TCM, teniendo en cuenta su interrelación con otros equipos de la línea, así como seguridad y economía de la operación.
- Identifique principios, criterios y soluciones que resultan análogos en las operaciones y los equipos que se estudian en la materia.



- Especifique y seleccione adecuadamente los equipos y sistemas mas convenientes para una dada operación de TC y TCM, en base a las ventajas y desventajas que ofrezcan, y a las distintas opciones de que se dispone.
- Identifique los puntos de ataque para lograr avances en el uso racional de la energía y en la economía en general de cada operación y de una planta tomada globalmente.
- Identifique las variables de control para un equipo o un sistema de equipos de TC y TCM.
- Reconozca el material bibliográfico útil para los temas de la materia, y las normas constructivas y de diseño involucradas.
- Interprete las hojas de especificaciones de equipos de TC y TCM.

CONTENIDOS:

TRANSFERENCIA DE CALOR SIN CAMBIO DE FASE

Tema 1

Clasificación de intercambiadores de calor.

Temperatura calórica. Temperatura de pared. Coeficientes de ensuciamiento. Resistencia controlante. Intercambiadores de calor tipo doble tubo. Descripción, conexiones para la estanqueidad. Coeficientes peliculares; diámetro equivalente, pérdida de carga. Ventajas y desventajas, limitaciones. Cálculo de equipos en contracorriente y en paralelo. Arreglo serie-paralelo. Cálculo por Número de Unidades de Transferencia (NUT).

Tema 2

Intercambiadores de tubos y coraza. Tipos, descripción, construcción. Normas TEMA. Pasos múltiples, justificación. Cálculo, suposiciones involucradas. Métodos globales y métodos analíticos. Limitaciones del método de Kern. Método de Bell-Dellaware. Método de Wills & Johnston. Comparación. Diseño para condiciones de proceso. Influencia sobre los costos.

TRANSFERENCIA DE CALOR CON CAMBIO DE FASE

Tema 3

El fenómeno de condensación. Fuerza impulsora. Condensadores de mezcla: descripción, pierna barométrica, variables, máximo vacío obtenible.

Condensadores de superficie: mecanismos de condensación en gotas y en película. Teoría de Nusselt. Número de condensación. Cálculo de equipos. Subenfriadores y sobrecalentadores. Problemática de los condensadores para vapores mezclados.

Tema 4

Fenómeno de ebullición. Flujo máximo de calor. Modelos de flujo de dos fases.

Hervidores y evaporadores. Clasificación, descripción, aplicaciones. Equipos auxiliares: separadores líquido-vapor, sistemas de condensación y de vacío.

Hervidores. Tasa de recirculación. Diferencia de temperatura útil. Diagrama de flujo entálpico.



Evaporadores. Elevación del punto de ebullición. Capacidad y economía de un evaporador. Pérdida de carga para flujo de dos fases.

Correlaciones para el coeficiente pelicular de ebullición.

Eficiencia energética en evaporación: recompresión mecánica y térmica. Sistemas de múltiple efecto; diferentes arreglos, ventajas y desventajas. Número óptimo de efectos. Comparación con un simple efecto. Consecuencias del ensuciamiento. Puesta en marcha y automatización del evaporador.

EQUIPOS VARIOS PARA TRANSFERENCIA DE CALOR

Tema 5

Equipos compactos. Equipos a placas: descripción, materiales, limitaciones, competitividad, cálculo. Arreglos en múltiple paso. Intercambiadores de superficie rascada. Intercambiadores en espiral. Equipos rotativos (tipo tambor). Calefactores para succión de tanques. Serpentes. Intercambio en lecho fluido y en circulación neumática. Enfriadores a aire. Espirales de doble tubo. Equipos de superficie extendida: tipos, justificación, problemática de diseño.

TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

Tema 6

Intercambio de energía entre superficies radiantes. Radiadores perfectos, cuerpos grises y cuerpos reales. Recintos con superficies reflectantes. Radiación hacia bancos de tubos.

Gases: cálculo de la emisividad.

Hornos; exceso de aire; tipos de hornos de procesos, descripción, justificación del diseño.

TRANSFERENCIA SIMULTÁNEA DE CALOR Y MASA

Tema 7

Psicrometría: revisión.

Secado: Justificación de la operación de secado. Equipos, secado continuo y discontinuo, directo e indirecto. Equilibrio. Histéresis. Modelos de mecanismos de secado. Control externo y control interno.

Régimen de secado discontinuo. Curva de régimen de secado. Obtención de datos experimentales. Cálculo del tiempo de secado discontinuo. Secado en bandejas. Secado a través del lecho. Equipos. Secaderos continuos, tipos, perfiles de temperatura para el aire y para el sólido. Flujo mínimo de aire. Recirculación del aire.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN:

METODOLOGÍA

Cursado

El curso se desarrolla a través de clases teóricas, clases de resolución de problemas y clases de prácticos. La materia es cuatrimestral y la carga horaria semanal es diez horas.

Las clases teóricas se desarrollan según una metodología coloquial, alternando la exposición con preguntas planteadas a los alumnos sobre asuntos aun no expuestos, de modo de lograr una



aproximación a los problemas en base a conocimiento previo. Se exhiben folletos y reproducciones y se ejemplifica con los equipos existentes en la Facultad.

En las clases de resolución de problemas se trabaja en base a una guía de problemas, abordando su resolución en forma individual o grupal por parte de los alumnos, y con la asistencia del personal de la cátedra. En las clases de experimentación en planta piloto se plantean los objetivos y se discuten las experiencias a realizar y el método de trabajo antes de comenzar. Se prevé la ejecución de un Práctico de Laboratorio, sobre el tema "*secado*". Esta actividad se llevará a cabo en comisiones que trabajarán en el horario de las clases de resolución de problemas.

ACREDITACIÓN

Condiciones de Promoción y Regularidad

La promoción y la regularidad de la materia se obtienen reuniendo los siguientes puntajes a través de cinco parciales: cuatro teórico- prácticos y uno de solo teoría.

	Regularidad	Promoción practico	Promoción Materia
Parte teórica (5 notas)	20	25	35
Parte práctica (4 notas)	20	28	28

Todas las acreditaciones previstas en la tabla anterior requieren:

- la asistencia y aprobación de los informes de las Práctica de Laboratorio y/o Planta Piloto que se realicen.
- la asistencia al 80% de las clases de Resolución de Problemas.
- la promoción de la materia requiere además la asistencia al 80% de las clases teóricas

La promoción de la materia exige la obtención de una calificación promedio de siete puntos (sin registrar instancias evaluativas de aprobaciones con notas inferiores a cinco puntos). Un estudiante que no hubiere alcanzado la nota mínima de cinco puntos, tendrá derecho a recuperación.

La promoción del práctico tiene vigencia durante los turnos de julio/agosto, y caduca con el inicio del segundo cuatrimestre.

Salvo la situación planteada más arriba para alcanzar promoción, el sistema de promedios permite que una nota por debajo de cinco pueda recuperarse a través de las notas obtenidas en los demás parciales. En caso de no llegar a la nota de la tabla, existe la posibilidad de recuperación.

Los exámenes finales constan de una parte práctica, escrita, de resolución de problemas, y en caso de aprobarla se pasa a una parte teórica, sobre temas propuestos a discreción de los docentes.



Alumnos libres: Los exámenes en condición de libres tienen iguales requisitos que aquellos en condición de regular.

OPERACIONES UNITARIAS II (9135) - Cronograma 2019

Referencias: negro: clases de teoría; azul: clases de resolución de problemas; morado: evaluaciones

Marzo

Lunes 11	Introducción- Doble tubo	Martes 12		Miércoles 13	Doble Tubo	Jueves 14	Doble tubo
Lunes 18	Doble tubo	Martes 19	Doble tubo	Miércoles 20	Doble Tubo	Jueves 21	Practico DT Laboratorio
Lunes 25	Doble Tubo	Martes 26	Tubos y coraza	Miércoles 27	Tubo y coraza	Jueves 28	Tubo y coraza

Abril

Lunes 1	1er Parcial D.T. Práctico	Martes 2	Feriado	Miércoles 3	Tubos y coraza	Jueves 4	1er Parcial D.T. Teorico Tubo y Coraza
Lunes 8	Tubos y coraza	Martes 9	Condensación	Miércoles 10	Tubos y coraza	Jueves 11	Condensación
Lunes 15	Condensación (OP I)	Martes 16 (OP I)	Condensación	Miércoles 17	Condensación	Jueves 18	Feriado
Lunes 22	Condensación	Martes 23	Ebullición	Miércoles 24	Ebullición	Jueves 25	Evaporación

Mayo

Lunes 29	2do parcial TvC- Condensación Practico	Martes 30	2do parcial TvC- Condensación Teórico	Miércoles 1	Feriado	Jueves 2	Evaporación
Lunes 6	Evaporación	Martes 7	Evaporación	Miércoles 8	Evaporación	Jueves 9	Psicrometría



Lunes 13	Evaporación	Martes 14	Secado	Miércoles 15	Psicrometría	Jueves 16	Secado
Lunes 20	3er Parcial Ebullición Practico	Martes 21	3er Parcial Ebullición teorico	Miércoles 22	Secado	Jueves 23	Secado
Lunes 27	Secado (OP I)	Martes 28	Superficies extendidas (OP I)	Miércoles 29	Secado	Jueves 30	Equipos varios

Junio

Lunes 3	Secado Laboratorio	Martes 4	Radiación	Miércoles 5	Secado Laboratorio	Jueves 6	Hornos
Lunes 10	4to Parcial Secado Teórico y Practico	Martes 11		Miércoles 12	(OP I)	Jueves 13	
Lunes 17	Feriado	Martes 18		Miércoles 19	Recuperatorios	Jueves 20	Feriado
Lunes 24	5to Parcial Hornos- Equipos- Sup. Extendidas	Martes 25		Miércoles 26	(OP I Recp)		

HORARIOS DE CLASES:

Clases Teóricas:

Martes de 8 a 10 h.

Jueves de 11 a 14 h.

Clases Prácticas

Lunes de 11 a 14 h.

Miércoles de 12 a 14 h.

HORARIOS DE CONSULTA:

Martes de 13 a 15 h.

Jueves de 9 a 11 h.



BIBLIOGRAFÍA:

Título	Autor/s	Editorial.	Año de Edición	Ejemplares disponibles
Intercambiadores de Calor	CAO, E.	<i>Edición a pedido, Bs. As.</i>	2004	Biblioteca: 0 Cátedra: 1 Centro Estudiantes: 1
Intercambiadores de Calor	CAO, E.	Edigem Bs.As.	1983	Biblioteca: 5 Cátedra: 1 Centro Estudiantes: 1
Process Heat Transfer	HEWITT G., SHIRES G., BOTT T.	Ed. CRC Press, USA	1994	Biblioteca: 2
Fundamentos de transferencia de calor	INCROPERA , F. Y DEWITT, D.	4ª edición; Ed. Prentice Hall	1999	Biblioteca: 2
Procesos de Transferencia de Calor	KERN, D.	7ª edición. Ed. Continental. México	1973	Biblioteca: 6
Operaciones Básicas de Ingeniería Química	McCABE & SMITH.	tomos I y II. Ed. Reverté S.A. Barcelona	1980	Biblioteca: Tomo 1: 9 Tomo 2: 6
Operaciones Básicas de Ingeniería Química, 7ª edic.	McCabe & Smith.	McGraw-Hill / Interamericana de México	2007	Biblioteca: 2
Heat transfer design methods	MCKETTA, J.	Ed. Marcel Dekker Inc.	1992	Biblioteca: 1
Transferencia de Calor	MILLS, A.F.	Ed. McGraw-Hill, Colombia	1997	Biblioteca: 2
Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design	SADIK KAKAC, HONGTAN LIU	Ed. CRC Press	1998	Biblioteca: 1
Operaciones de Transferencia de Masa	TREYBALL, R.	2ª edición. Ed. McGraw-Hill. México	1988	Biblioteca: 1
Chemical process Equipment	WALAS, S.M.	Ed. Butterwrth – Heinemann	1990	Biblioteca: 2
Chemical process Equipment	COUPER, J.R.; WALAS, S.M.; otros	2ª edición. Ed ELSEVIER	2005	Biblioteca: 1
Fundamentals of Heat Exchangers Design	Shah, R.K., Sekulic', D.P.	J. Wiley & Sons, USA	2003	Biblioteca: 1



Manual cálculo de intercambiadores de calor y bancos de tubos aletados	Pysmenyy, Y.; Polupan, G.; otros	Reverté	2007	Biblioteca: - (no se dispone)
Heat exchangers : types, design, and applications	Branson,S	Nova Science Publishers	2011	1
Drying in the Process Industry	<u>Van't Land</u> C. M.	John Wiley & Sons, Inc.	2011	
Handbook of Food Process Design	Ahmed J, Rahman M	Blackwell Publishing Ltd.	2012	
Heat exchanger design handbook	<u>Thulukkanam</u> . Kuppan	CRC Press - Boca Raton	2013	1
Heat exchanger design guide : a practical guide for planning, selecting and of designing shell and tube exchangers	<u>Nitsche</u> , <u>Manfred</u> - Gb aDamosi, R.O.	Elsevier - Amsterdam	2016	1

Firma Docente Responsable

Firma Secretario Académico