# PROGRAMA ANALÍTICO

**DEPARTAMENTO: TECNOLOGÍA QUÍMICA**

**CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA**

**ASIGNATURA: OPERACIONES UNITARIAS II**

**CÓDIGO: 9135**

**AÑO ACADÉMICO:** **2018**

**PLAN DE ESTUDIO: 1994**

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

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

**EQUIPO DOCENTE: Mg. Ing. Laura B. Potes – Profesora Asociada**

**Ing. Estela Cattalano – Jefe de Trabajos Prácticos**

**Dra. Miriam Martinello- Profesora Asociada**

**Mg. Renata Marenchino- Jefe de Trabajos Prácticos**

|  |  |
| --- | --- |
| *Aprobada* | *Regular* |
| 9129 | 9133 |
| 0408 | **-** |
| 9130 | **-** |

**RÉGIMEN DE ASIGNATURAS:**

**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 tercero 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 mas 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 desobrecalentadores. 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. Serpentines. 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) | 25 | 25 | 35 |
| Parte práctica (4 notas) | 20 | 28 | 28 |

Todas las acreditaciones previstas en la tabla anterior requieren además la aprobación del informe de la Práctica de Laboratorio realizada, así como 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 (Resol. C.S. nº 049/01).

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 seis puntos). Un estudiante que no hubiere alcanzado la nota mínima de seis puntos, tendrá derecho al menos a una instancia de recuperación para mejorar sus aprendizajes y mantenerse en el sistema de promoción. (Resol. C.S. nº 356/10).

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

Salvo la situación planteada mas 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 un recuperatorio integrador.

Los exámenes finales constan de una parte práctica, escrita, de resolución de problemas, y en caso de aprobarla se pasa a una parte teórica, oral, 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 2018**

**Marzo**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lunes **12** | Introducción-Doble tubo | Martes **13** |  | Miércoles 14 | Doble Tubo | Jueves 15 | Doble tubo |
| Lunes 19 | Doble tubo | Martes **20** | **Doble tubo** | Miércoles 21 | Doble Tubo | Jueves 22 | Tubo y coraza |
| Lunes 26 | Doble Tubo | Martes 27 | Tubos y coraza | Miércoles 28 | Tubo y coraza | **Jueves**  **29**  **Feriado** | Tubo y coraz Tubo y coraza |

**Abril**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lunes 2**  **Feriado** | Tubos y coraza | Martes 3 | Tubos y coraza | Miércoles **4** | Tubos y coraza | Jueves 5 | Condensacion |
| Lunes 9 | **1er Parcial**  **D.T.** | Martes **10** | **1er Parcial**  **D.T.** | Miércoles **11** | Tubos y coraza | **Jueves 12** | Condensación |
| Lunes **14** | Condensacion | Martes **17** | Condensación | Miércoles **18** | Condensación | Jueves 19 | Ebullicion |
| Lunes 23 | Condensación | Martes 24 | Evaporación | Miércoles 25 | Ebullicion | Jueves 26 | Evaporadores |

**Mayo**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lunes30 | **Feriado Puente** | **Martes 1**  **Feriado** | Evaporadores | Miércoles **2** | Evaporadores | Jueves 3 | Evaporadores |
| Lunes**7** | **2do parcial**  **TyC – Condensación** | Martes **8** | Psicrometría | Miércoles **9** | Evaporadores | Jueves 10 | **2do parcial**  **TyC – Condensación** |
| Lunes 14 | Evaporadores | Martes **15** | Secado | Miércoles **16** | Psicrometría | Jueves 17 | Secado |
| Lunes **21** | **3er Parcial**  **Ebullición** | Martes **22** | Secado | Miércoles **23** | **Secado** | Jueves 24 | **3er Parcial**  **Ebullición** |
| Lunes 28 | Secado | Martes **29** | **Superficies extendidas** | Miércoles **30** | Secado | Jueves 31 | Equipos varios |

**Junio**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Lunes **4** | Secado | Martes **5** | Radiación | Miércoles **6** | **Secado** | Jueves  7 | Hornos |
| Lunes **11** | **4to Parcial**  **Secado** | Martes  **12** | **4to Parcial**  **Secado** | Miércoles **13** |  | Jueves 14 |  |
| Lunes **18** | **Recuperatorios** | Martes  **19** |  | **Miércoles 20** | **FERIADO** | Jueves 21 | **5to Parcial**  **Hornos-Equipos-**  **Sup. Extendidas** |

**HORARIOS DE CLASES:**

**Clases Teóricas:**

**Martes de 8 a 10 hs.**

**Jueves de 11 a 14**

**Clases Prácticas**

**Lunes de 11 a 14**

**Miércoles de 12 a 14**

**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 | ISBN |
| Intercambiadores de Calor | CAO, E. | *Edición a pedido, Bs. As.* | 2004 | Biblioteca: 0  Cátedra:1  Centro Estudiantes: 1 | 987-43-8620-7 |
| 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 | 0-8247-8518-5 |
| Fundamentos de transferencia de calor | INCROPERA, F. Y DEWITT, D. | 4ª edición; Ed. Prentice Hall | 1999 | Biblioteca: 2 | 970-17-0170-4 |
| 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 | 0-8247-8518-5 |
| Transferencia de Calor | MILLS, A.F. | Ed. McGraw-Hill, Colombia | 1997 | Biblioteca: 2 | 84-8086-194-0 |
| Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design | SADIK KAKAC, HONGTAN LIU | Ed. CRC Press | 1998 | Biblioteca: 1 |  |
| Operaciones de Transferencia de Masa | TREYBALL, R. | 2da edición. Ed. McGraw-Hill. México | 1988 | Biblioteca: 1 |  |
| Chemical process Equipment | WALAS, S.M. | Ed. Butterwrth – Heinemann | 1990 | Biblioteca: 2 | 0-7506-9385-1 |
| Chemical process Equipment | COUPER, J.R.; WALAS, S.M.; otros | 2da edición. Ed ELSEVIER | 2005 | Biblioteca: 1 | 0-7506-7510-1 |
| Fundamentals of Heat Exchangers Design | Shah, R.K., Sekulic´, D.P. | J. Wiley & Sons, USA | 2003 | Biblioteca: 1 | 0-471-32171-0 |
| Manual cálculo de intercambiadores de calor y bancos de tubos aletados | Pysmennyy, Y.; Polupan, G.; otros | Reverté | 2007 | Biblioteca:  -  (no se dispone) |  |

Firma Docente Responsable Firma Secretario Académico