



Ministerio de Cultura y Educación  
 Universidad Nacional de San Luis  
 Facultad de Química Bioquímica y Farmacia  
 Departamento: Química  
 Área: Tecnología Química y Biotecnología

(Programa del año 2016)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
OPERACIONES UNITARIAS	LIC. EN QUIMICA	3/11	2016	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
BARBERO, BIBIANA PATRICIA	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
OCHOA, NELIO ARIEL	Prof. Colaborador	P.Asoc Exc	40 Hs
MORALES, MARIA ROXANA	Responsable de Práctico	JTP Simp	10 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
5 Hs	Hs	Hs	1 Hs	6 Hs

Tipificación	Periodo
E - Teoría con prácticas de aula, laboratorio y campo	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
14/03/2016	24/06/2016	15	90

### IV - Fundamentación

En casi todas las industrias se usan procesos de separación para obtener un producto valioso o bien, para eliminar algún compuesto indeseado desde una materia prima o producto final. Este curso se enfoca particularmente al estudio de las operaciones de separación gobernadas por la transferencia de materia que ocurre en la interfase de un sistema gas-líquido (absorción, destilación), líquido-líquido (extracción), o sólido-fluido (lixiviación, adsorción e intercambio iónico). Además, se abordará el estudio de la separación a través de membranas (microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa).

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Se espera que los alumnos desarrollen capacidades para: a) el análisis de operaciones y equipos que involucran la transferencia de materia, b) el uso de literatura técnica específica.

### VI - Contenidos

**Tema 1: Absorción**  
 Solubilidad de gases en líquidos en el equilibrio: Sistemas de dos componentes. Sistemas multicomponentes. Soluciones ideales y no ideales. Elección del disolvente para la absorción. Transferencia de un componente. Balance de materia: Flujo a contracorriente. Relación mínima líquido-gas. Flujo en corriente paralela. Operación a contracorriente en varias etapas: Mezclas diluidas de gases. Factor de absorción. Platos reales y eficiencia de plato. Equipos de contacto continuo: Altura equivalente de plato teórico. Número de unidad transferida. Altura de unidad transferida. Número y altura de unidad transferida para soluciones diluidas. Métodos gráficos para el cálculo del número de unidades de transferencia y altura de

unidad de transferencia.

### **Tema 2: Destilación**

Introducción. Equilibrio líquido-vapor. Destilación de mezclas binarias en una sola etapa. Rectificación continua de mezclas binarias. Principios de diseño de columnas de destilación. Modelo matemático. Cálculos del número de platos, relación de reflujo, diámetro de la columna. Rectificación discontinua. Destilación por arrastre de vapor. Descripción de equipos. Aplicaciones.

### **Tema 3: Humidificación**

Introducción. Definiciones: humedad absoluta, humedad relativa, punto de rocío, volumen húmedo. Propiedades del aire húmedo. Diagrama psicrométrico. Torres de enfriamiento. Relación general para el contacto aire-agua. Línea de operación. Altura de la torre. Aplicaciones.

### **Tema 4: Extracción**

Introducción. Condiciones de equilibrio líquido-líquido: Coordenadas triangulares equiláteras. Distintos sistemas líquido-líquido. Elección del disolvente. Diferentes equipos y diagramas de flujo: Contacto etapa por etapa y en varias etapas a corriente cruzada. Procesos multietapas a contracorriente.

### **Tema 5: Lixiviación**

Introducción. Equilibrio sólido-líquido. Diagramas triangulares y rectangulares. Factores que influyen en extracción sólido-líquido. Preparación del sólido. Temperatura de lixiviación. Lixiviación en una etapa y en varias etapas. Cálculos y diagramas de equilibrio. Equipos para extracción sólido-líquido. Extracción supercrítica. Aplicaciones.

### **Tema 6: Adsorción e intercambio iónico**

Introducción. Procesos de equilibrio. Cinética del proceso. Operación por etapas. Columnas de lecho fijo. Columnas de lecho móvil. Aplicaciones.

### **Tema 7: Microfiltración, Ultrafiltración y Ósmosis Inversa**

Introducción. Estructuras de las membranas poliméricas e inorgánicas. Módulos de membranas industriales. Clasificación de los procesos separativos por membranas. Procesos impulsados por potencial eléctrico: Electrodiálisis (ED). Aplicaciones. Procesos impulsados por presión: Microfiltración (MF) y Ultrafiltración (UF): Sistemas de flujo de alimentación. Interpretación del flujo permeado. Concepto de los coeficientes de tamizado y rechazo de la membrana. Ósmosis Inversa (OI). Aplicaciones.

## **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

### **TRABAJOS PRACTICOS DE AULA**

Se resolverán problemas que contemplan: balances de masa; cálculos del número de etapas y altura de unidades de transferencia; y eficiencia de separación en las distintas operaciones estudiadas en el curso.

### **TRABAJOS PRACTICOS DE LABORATORIO**

Se realizarán trabajos prácticos de laboratorio en los siguientes temas:

1. Absorción (duración: 4 horas).
2. Humidificación (duración: 6 horas)
3. Lixiviación (duración: 4 horas).

### **TRABAJOS PRACTICOS DE CAMPO**

Se visitarán distintos laboratorios e instalaciones de la UNSL donde se puede apreciar el funcionamiento de equipos que involucran operaciones de transferencia de masa. Por ejemplo:

Laboratorios del área de Tecnología Química: destilador simple, ablandador de agua mediante intercambio iónico, equipos de microfiltración y ultrafiltración.

Planta Piloto de obtención de albúmina bovina: equipo de tratamiento de agua mediante ósmosis inversa.

En caso de existir disponibilidad económica, se realizará una visita a planta industrial.

### Consideraciones sobre Seguridad e Higiene

Se informará a los alumnos respecto a las medidas de Seguridad e Higiene que deberán respetar, especialmente durante la realización de los prácticos de laboratorio y las visitas a realizar.

#### 1) Recomendaciones generales de orden personal

- Trabaje en el laboratorio con al menos otra persona que tenga conocimiento de ello.
- Use propipetas o pipetas automáticas para pipetear solventes orgánicos, soluciones tóxicas o ácidos o bases fuertes.
- Emplee guantes y/o gafas para manipular sustancias peligrosas, inflamables o explosivas y hágalo bajo campana.
- No lleve sus manos sin lavar a la boca u ojos si ha usado productos químicos.
- No ingiera alimentos o bebidas en el laboratorio.

#### 2) Recomendaciones generales con respecto al laboratorio

- Mantenga las mesadas limpias y libres de materiales extraños al trabajo.
- Rotule inmediatamente cualquier reactivo, solución o muestra para el análisis.
- Todas las botellas y recipientes deben estar identificados de la siguiente forma: nombre, concentración, fecha de preparación y responsable. Cuando se tenga duda sobre un reactivo, éste se descartará.
- Mantener limpia la campana de extracción, no usarla como lugar de almacenamiento.
- Limpiar inmediatamente cualquier derrame de productos o reactivos. Protéjase si es necesario para realizar la tarea.
- En caso de derrames de productos inflamables, tóxicos o corrosivos siga los siguientes pasos: interrumpa el trabajo, advierta a las personas próximas sobre lo ocurrido, realice o solicite ayuda para una limpieza inmediata.
- Cuando se utilicen solventes inflamables, asegurarse que no haya fuentes de calor cercanas.

#### 3) Operaciones rutinarias en el Laboratorio

##### a- Trabajo con material de vidrio:

Cuando se insertan partes de vidrio en tubos de goma o tapones se las debe lubricar con agua, glicerina o detergente y deben protegerse las manos con guantes o una tela doblada. Mantener el tapón entre el pulgar y el índice, nunca en la palma de la mano.

##### b- Encendido de fuego:

Antes de encender una llama asegúrese que lo hace en un lugar permitido donde no haya material inflamable a su alrededor. Pruebe con solución de detergente la tubería, robinete y mechero para evitar pérdida de gas. Encienda el mechero al principio con la menor apertura posible del robinete. No abandone el laboratorio sin haber apagado los mecheros.

##### c- Trabajo con ácidos y bases fuertes:

Abrir las botellas despacio y bajo campana. Antes de tocar una botella verificar que no esté húmeda. No la tome del cuello ni del tapón. Si está contenida en un recipiente, verifique el estado del mismo y tómelo sosteniéndolo por la base. Trabaje siempre con guantes. Nunca intente verificar el contenido de una botella o recipiente por su olor. Pipetear con propipeta. No apoyar la pipeta usada sobre la mesada, colocarla sobre un vidrio de reloj. Las propipetas se deben guardar con la ampolla llena de aire (sin aplastar) porque se deforman y pierden su función.

Para diluir ácidos concentrados: Agregar el ácido sobre el agua de a poco y agitando y no a la inversa para evitar proyecciones del ácido en todas direcciones. Use envases plásticos para guardar ácido fluorhídrico porque ataca al vidrio. El hidróxido de sodio también se guarda en recipientes plásticos.

En todos los casos, tapar con firmeza las botellas de manera de evitar pérdida de concentración por volatilización (HCl, HNO<sub>3</sub>), dilución (higroscopicidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) o carbonatación del NaOH.

#### 4) Procedimiento en caso de incendio

Antes que nada, se debe conocer dónde están ubicados en el Laboratorio, los elementos de lucha contra incendios, las llaves de gas, electricidad, el teléfono y los números de emergencia.

Si se produce un incendio se debe primero informar a los demás y pedir ayuda. Si el incendio es pequeño puede intentar apagarlo o circunscribirlo cortando el gas y atacando el incendio con arena, extintor o agua. Con los equipos eléctricos no se puede usar agua. El chorro del extintor se debe dirigir a la base de la llama. Si corre el riesgo de verse atrapado o alcanzado por las llamas o una explosión o sofocarse por el humo abandone el lugar (su vida es más valiosa que cualquier equipo). Retírese del lugar en orden, sin pánico. Si hay humo, arrójese al suelo. El humo va hacia arriba. Si debe pasar por zonas de intenso calor, cúbrase la cabeza con una tela preferentemente mojada. Si se estaba trabajando con materiales peligrosos (tóxicos o corrosivos), antes de alejarse del lugar del incendio informe de esta circunstancia a los que vayan a combatir el incendio.

Procedimiento básico para utilizar un extintor portátil:

- 1.- Asegúrese que el extintor se encuentra en buenas condiciones, el precinto no está roto y la presión es la apropiada. Para los extintores de CO<sub>2</sub>, el peso es un indicador de que el mismo está lleno.
- 2.- Rompa el precinto y quite el anillo de seguridad. Si el extintor es de presión indirecta, percuta el cilindro de gas, empujando la palanca hacia abajo.
- 3.- Realice una pequeña descarga del extintor frente a Ud., a fin de verificar si no tiene problemas
- 4.- Dirija la boquilla del extintor hacia la base de la llama, y con el viento a su favor, dispare repetidas veces y de forma que cubra la mayor área del incendio, hasta que controle el mismo.
- 5.- Luego de terminar y verificar que no existen más focos, ventile el área y recargue los extintores utilizados.
- 6.- Recuerde que el uso de extintores portátiles es sólo para principios de incendio.

## PRIMEROS AUXILIOS

1) Ácidos corrosivos: Sulfúrico, clorhídrico, nítrico, fluorhídrico, etc.

Ingesta: Se administrará rápidamente líquidos acuosos adicionados con agentes alcalinos débiles como:

- Mg(OH)<sub>2</sub> al 8 %
- Gel de Al(OH)<sub>3</sub>
- Cal apagada (Ca(OH)<sub>2</sub>) en forma de solución azucarada.

NO usar bicarbonato de sodio pues da origen a desprendimiento de gas carbónico, lo cual puede provocar perforación en las paredes digestivas ya fuertemente traumatizadas.

Lesiones externas:

En piel: lavar la región atacada con abundante agua y aplicar compresas embebidas en los neutralizantes alcalinos antes indicados

En boca: enjuagar con una solución de bicarbonato de sodio.

En ojos: colocar solución de bicarbonato de sodio al 22,5 % o isotónica con las lágrimas.

Derrames: NO utilizar agua. Utilizar arena, bicarbonato de sodio o mezcla de ambos protegiendo las manos con guantes de goma.

2) Alcalis cáusticos: Hidróxido de sodio o calcio, amoníaco, carbonato de sodio o potasio, etc.

Las lesiones son más peligrosas que los ácidos porque actúan a mayor profundidad en los tejidos (saponificación de triglicéridos).

Ingesta: Se puede suministrar abundante agua fría para diluir el álcali y luego soluciones acuosas de ácidos débiles.

- Vinagre al 1 %.
- Ácido acético al 1 %.
- Jugo de limón (ácido cítrico).

Lesiones Externas:

En piel: lavar la región atacada con abundante agua y aplicar compresas embebidas en los neutralizantes antes indicados.

En boca: enjuagar con agua y luego con alguna de las soluciones antes indicadas.

Derrames: Si el álcali es líquido y en poca cantidad, se puede lavar con abundante agua y drenar a la rejilla o pileta. Si es sólido, juntar con pala de plástico y verter poco a poco en la pileta, haciendo correr abundante agua. Siempre protéjase las manos con guantes de goma.

3) Metales pesados: Por ejemplo Cd, Zn, Pb, Be, Cr, Hg.

Toxicidad: En general los metales pesados y sus sales son tóxicos o cancerígenos si se ingieren en cantidades apreciables o se inhalan en forma permanente. El contacto con la piel puede producir irritación.

Lesiones: El material que entra en contacto con la piel debe ser lavado enseguida con abundante agua, al igual si se salpican los ojos.

## VIII - Regimen de Aprobación

Para REGULARIZAR la asignatura se requiere:

- Cumplir con el 80% de asistencia a las clases teórico-prácticas.
- Cumplir con el 100% de asistencia a los trabajos prácticos de laboratorio y aprobar los informes correspondientes.

- Aprobar 2 (dos) exámenes parciales sobre los problemas de aula y trabajos prácticos de laboratorio con un mínimo de 7 (escala 1 a 10). Cada parcial tendrá una primera opción de recuperación durante la semana siguiente a la fecha del parcial, y una segunda recuperación al final de cuatrimestre. La inasistencia a las evaluaciones parciales deberá ser justificada, en caso contrario, se considerará no aprobado.

Para APROBAR la asignatura por régimen de promoción sin examen final se requiere:

- Cumplir con el 80% de asistencia a las clases teórico-prácticas.
- Cumplir con el 100% de asistencia a los trabajos prácticos de laboratorio y aprobar los informes correspondientes.
- Aprobar 2 (dos) exámenes parciales sobre los problemas de aula y trabajos prácticos de laboratorio con un mínimo de 8 (escala 1 a 10) en primera instancia o primer recuperatorio.
- Aprobar 2 (dos) cuestionarios sobre contenidos teóricos durante la semana posterior al examen parcial de trabajos prácticos.
- Aprobar un coloquio integrador durante la última semana del cuatrimestre.

Para APROBAR la asignatura mediante un examen final (alumnos regulares) se requiere:

- Haber cumplido con las condiciones de regularidad
- Aprobar un examen oral sobre los contenidos teóricos de la asignatura.

Para APROBAR la asignatura como alumno libre se requiere:

- Aprobar un examen escrito de resolución de problemas.
- Aprobar un examen escrito sobre los trabajos prácticos de laboratorio, el que incluirá el análisis e interpretación de datos obtenidos durante una experiencia.
- Aprobar un examen oral sobre los contenidos teóricos de la asignatura.

## **IX - Bibliografía Básica**

- [1] Operaciones de transferencia de masa. Treybal R.E., 3° ed., Editorial Mc.Graw Hill, 1980.
- [2] Transport Processes and Unit Operations. Geankoplis, C.J., 3° ed., Editorial Prentice-Hall, Inc., 1993.
- [3] Membranas. Procesos con Membranas. Marchese y col., Editorial Univ., 1995.
- [4] Operaciones de Separación por etapas de equilibrio en Ingeniería Química. Henley Ernest y Seader J., 2° ed., Editorial Reverté, 1998.
- [5] Ingeniería de procesos de Separación. Wankat P. 2° ed., Editorial Pearson Educación, 2008.
- [6] Manual del Ingeniero Químico. Perry Robert 5°, 6°, 7° ú 8° ed., Editorial Mc Graw – Hill.

## **X - Bibliografía Complementaria**

- [1] Membrane Separations Technology. Principles and Applications. Noble R.D. and Stern S.A., Editorial Elsevier, 1995.
- [2] Mass Transfer. Fundamentals and Applications. Hines A., Maddox R., Editorial Prentice Hall, Inc., 1985.
- [3] Artículos de revistas científicas.

## **XI - Resumen de Objetivos**

Se espera que los alumnos desarrollen capacidades para: a) el análisis de operaciones y equipos que involucran la transferencia de materia, b) el uso de literatura técnica específica.

## **XII - Resumen del Programa**

Operaciones unitarias con transporte de materia en la interfase gas-líquido (absorción, destilación, humidificación), líquido-líquido (extracción) y sólido-fluido (lixiviación, adsorción e intercambio iónico) así como las operaciones de separación a través de membranas. Balances. Condiciones de equilibrio. Cálculo de eficiencia. Número de unidades transferidas. Altura de unidad transferida. Equipos. Aplicaciones.

## **XIII - Imprevistos**

Si surgieran, se resolverán de la mejor manera posible.

**XIV - Otros**

--