

IQ-53D LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA II

PROFESOR: JESÚS CASAS DE PRADA (jecasas@ing.uchile.cl)

PROFESORES AUXILIARES: JORGE CASTILLO
ANGEL SANHUEZA
GEORGETTE VILLALÓN

HORARIO: Miércoles 16:15 a 19:30 hrs.

URL: www.diq.cl, Cursos, Laboratorio de Ing. Química II.

MOTIVACIÓN

Dentro de las múltiples habilidades y conductas del Ingeniero de Procesos destacan algunas como son el Análisis y el Diseño. Las habilidades más críticas se relacionan con el análisis y con la síntesis de los conocimientos científicos fundamentales, así como también con las particularidades de los equipos industriales requeridos para satisfacer un cierto diseño. Las habilidades y capacidades de un ingeniero de procesos se pueden sintetizar en:

Medir: es decir, obtener observaciones cuantitativas de las variables implicadas en el diseño y análisis de procesos (que se realiza con *instrumentos* y métodos particulares).

Interpretar: es decir, relacionar las observaciones con los conocimientos fundamentales que afectan a la variable en el proceso que se diseña (suele conocerse como *modelación*).

Predecir: es decir, obtener valores precisos para las variables implicadas en el diseño pero bajo situaciones nuevas, en concreto, las del diseño implementado que aún no existe (conocido como *simulación*).

Ensayar hipótesis: es decir, dado que varios diseños alternativos pueden satisfacer el requisito de diseño, cómo afectaría la implementación de una u otra alternativa de manejo y comportamiento de las variables e hipótesis alternativas (que conforma un modo especial de utilización de la *simulación*).

Diseñar: es decir, aplicar metodologías y realizar procesos recursivos de síntesis-análisis para resolver problemas prácticos, tecnológicos y necesidades humanas.

Actuar: es decir, diseñar actuadores y controladores que permitan fijar los valores de las variables del proceso en los puntos necesarios para la satisfacción de los requisitos de diseño (se realiza, también, con *instrumentos* particulares).

Escalar: es decir, trasladar observaciones precisas pero válidas en una escala pequeña, a las dimensiones reales de la obra finalmente diseñada (conocido, precisamente, como *escalamiento*).

La formación de estas habilidades en los estudiantes de ingeniería de procesos, con una base formal, rigurosa y estricta, va más allá de la mera exposición repetitiva (con distintos casos cada vez) de la secuencia de diseño. Al utilizar sólo el análisis de casos en simulación teórica se forman conductas abstractas (tan abstractas como los propios simuladores) y que requieren de un tiempo de dedicación posterior (es decir, durante el ejercicio de la profesión) del ingeniero para ligar las nociones teóricas sólidas que se le han aportado con el universo más pragmático de los instrumentos, equipos y artefactos de los procesos reales.

Tampoco es útil que el candidato a ingeniero sea expuesto a procesos de escala industrial, pues los instrumentos, equipos y artefactos ocultan la comprensión y manipulación de los fundamentos básicos

de la operación del proceso. Se debe tener presente que el ingeniero adopta por profesión el diseño y no la operación de procesos. Es decir, se debe exponer al candidato a la escala adecuada que le permitan establecer, por sí mismo, el enlace entre fundamentos y aplicaciones. Una escala muy grande generará un énfasis hacia la operación y una escala muy pequeña un énfasis hacia la ciencia subyacente.

La solución, aparentemente, consiste en concentrarse en escalas piloto, que permitan verificar la validez de los fundamentos y concebir el enlace entre fundamentos y el equipo piloto. En estas condiciones, el candidato debe ser expuesto al enlace entre teoría y aplicación, varias veces a lo largo de su formación. Las habilidades del tipo "saber hacer" (*know-how*, *savoir-faire*), se forman al calor de, precisamente hacer.

Los estudiantes de ingeniería de procesos deben ser entrenados en laboratorios (para "hacer" más que para ejecutar guías prescritas), donde aprendan a:

- Medir instrumentalmente en un proceso a escala banco.
- Adquirir datos cuantitativos de sus mediciones mediante sistemas modernos.
- Modelar los datos observados.
- Predecir el comportamiento del proceso en escala banco, sometido a otras condiciones.
- Manipular el proceso en escala banco para ratificar sus predicciones.
- Operar el proceso en escala banco para obtener el requisito de diseño.
- Generalizar sus resultados para obtener parámetros de diseño.

La modernización de la docencia se pretende conseguir a través de la dictación de una forma distinta del laboratorio, de tal forma que el estudiante desarrolle su creatividad y practique sus habilidades de análisis, síntesis y diseño de procesos, mediante el "hacer experimental". En este sentido, el estudiante debe involucrarse en experiencias prácticas, conectar elementos, definir y armar prototipos de diseño, así como también probar y operar diseños experimentales generados por él mismo.

OBJETIVOS

- 1- Conocer el uso y ver en operación todos los equipos a escala piloto del laboratorio de operaciones del DIQ.
- 2- Diseñar y realizar experiencias de laboratorio a escala piloto y escalar los resultados obtenidos.
- 3- Operar equipos midiendo y analizando la influencia de las condiciones de operación (composición, flujo, temperatura y presión) sobre el rendimiento y funcionamiento del proceso.
- 4- Comunicar en forma oral y escrita las actividades de laboratorio y proyectos de diseño realizados.

Para cumplir con estos objetivos se han planificado las siguientes actividades:

ACTIVIDADES

1- Demostración del Uso y Operación de Equipos Piloto

Se realizarán sesiones demostrativas de los equipos piloto del Laboratorio de Operaciones del DIQ. Estas sesiones tendrán una duración de aproximadamente 30 minutos por equipo y el estudiante trabajará en grupo para conocer el uso, condiciones de operación, puesta en marcha, métodos de medición y medidas de seguridad durante la operación del equipo. El grupo de trabajo además deberá tomar una corrida de mediciones de modo de tener la información experimental para realizar las actividades de análisis, síntesis y diseño del proceso unitario en estudio. Esta información experimental debe ser procesada por el grupo de trabajo de acuerdo a un objetivo que el profesor encargado definirá para cada experiencia.

2- Diseño de Experimentos Piloto y Escalamiento a Nivel Industrial

Cada estudiante se hará cargo definir, planificar y diseñar dos sesiones de laboratorio. Para ello, el estudiante contará con un grupo de trabajo, dispondrá de una planta piloto con equipos, suministros e instrumentación de procesos compuesta por: Generador de vapor (caldera a petróleo); Redes de agua, petróleo, aire comprimido y vacío. Evaporador de película ascendente y circulación forzada, Columnas de intercambio iónico, absorción, adsorción, destilación y humidificación, Secador de túnel, Filtro prensa, Intercambiador de calor de placas y tubos concéntricos, Celdas de extracción por solventes, Reactor, Fermentador, Estanques y Bombas.

3- Realización de Experiencias

Cada grupo de estudiantes coordinados por un alumno encargado deberá realizar seis experiencias de laboratorio (utilizando distintos equipos) definidas en la Actividad 2. Para ello el alumno encargado deberá organizar y preparar a su grupo de tal forma que todos participen y trabajen en forma colaborativa para cumplir con los objetivos planteados para la sesión de laboratorio.

4- Cálculo de Equipos y Escalamiento a Nivel Industrial

Cada grupo de trabajo se hará cargo de realizar un proyecto de diseño y dimensionamiento de un proceso unitario a escala de laboratorio, piloto y/o industrial (equipo principal y equipos auxiliares de apoyo), a partir de la información experimental medida y la existente en la literatura. Para ello se deberá observar y analizar el funcionamiento del equipo y formular por escrito una propuesta de proyecto (formulación del problema, objetivos, metodología y plan de trabajo), posteriormente se ejecutará el proyecto y se presentará en forma oral y escrita, considerando los siguientes puntos: objetivos, antecedentes, métodos de cálculo y criterios de escalamiento, determinación de parámetros de diseño y operación, dimensionamiento general, confección de un plano esquemático, evaluación económica simplificada (estimación de la inversión y de los costos de operación), y memoria de cálculo.

5- Comunicación de Actividades y Resultados

Los estudiantes deberán realizar presentaciones al curso tanto en forma oral como escrita para las actividades anteriormente mencionadas. Se dispondrá de una sala de clases con pizarra, proyector de transparencias y equipo datashow para realizar las presentaciones. Si el alumno necesita otro material, deberá solicitarlo al profesor previamente.

El material escrito generado por el curso será puesto en la página web del DIQ.

EVALUACIÓN

El cumplimiento de los objetivos del curso se evaluará de la siguiente forma:

- Nota de Apreciación Personal (25%, nota individual, N1)
- Nota de Cálculo y Escalamiento de Equipo (25%, nota grupal, N2)
- 2 Notas de Experiencias en Equipos Piloto (50%, nota individual, N3, N4)

Cada experiencia en equipos piloto constará de:

- Diseño del experimento a realizar (evaluación de informe, 10% de la nota)
- Realización de la Experiencia (nota de apreciación personal)
- Comunicación de resultados del experimento mediante presentación oral e informe técnico (15% de la nota)

NOTA FINAL DEL CURSO: $NF = (N1 + N2 + N3 + N4) / 4$

Cada nota parcial deberá ser ≥ 4.0 para aprobar el curso.

BIBLIOGRAFÍA

- Foust A.S., L.A. Wenzel, C.W. Clump, L. Maus and L.B. Andersen, (1990). "Principios de Operaciones Unitarias". Cía. Editorial Continental, Méjico.
- Geonkoplis. Ch. J., (1993). "Transport Processes and Unit Operations". 3rd edition, Prentice Hall, USA.
- Kern D.O., (1973). "Procesos de Transferencia de Calor". Continental.
- McCabe W.L., Smith J.C. and P. Harriott, (1985). "Unit Operations of Chemical Engineering". 4th edition. McGraw Hill, USA.
- Perry R.H. and D.W. Green (eds.), (1998). "Perry's Chemical Engineers' Handbook". 7th edition, McGraw Hill, USA.
- Treybal R.E., (1980). "Operaciones de Transferencia de Masa". 2ª edición, McGraw-Hill, Méjico.
- Pinkava J., (1970), "Unit Operations in the Laboratory". Buttherworth & Co, Czechoslovakia, 1970.

REGLAMENTO DEL LABORATORIO

A continuación se presentan las normas que regirán para realizar las experiencias de laboratorio, la exposición oral de presentación de la experiencia y resultados obtenidos, y la preparación y evaluación del informe.

i) Realización de la Experiencia

La sección de laboratorio consta de dos módulos horarios (3 horas). El funcionamiento y la operación de cada equipo del laboratorio serán explicados por un profesor encargado. Se ha suprimido el uso de una guía del laboratorio con la finalidad de dejar iniciativa a los alumnos y fomentar el interés y la creatividad.

Los alumnos deberán poner el máximo de atención a las medidas de seguridad indicadas por el profesor encargado para cada experiencia. Limítense a trabajar en el equipo que está operando, no manipule otros equipos. El cumplimiento de estas normas permitirá evitar accidentes y se traducirá en una mejor conservación de los equipos del laboratorio.

El profesor encargado explicará el funcionamiento del equipo, como operarlo y como tomar las mediciones. Los alumnos deberán trabajar en grupo para repartirse el trabajo de experimentación, debiendo todos los integrantes colaborar en la experiencia. Una vez finalizada la sesión de laboratorio, los alumnos harán entrega de una hoja con todos los datos y mediciones tomadas.

Nota Se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Condiciones de operación seguras y extremas. Alternativas frente a imprevistos.
- Secuencia de operación y puesta en marcha de la experiencia.
- Tiempo para que el equipo entre en régimen (operación estacionaria).
- Tiempo de respuesta del equipo frente a perturbaciones.
- Calibración de instrumentos y aparatos de medición.
- Estimación y fuentes de error.
- Tomar muestras adecuadamente y medir en forma analítica.
- ¿Cuántas corridas y muestreos se deben realizar?
Un buen gráfico requiere a lo menos 8 puntos bien tomados.
Con tres puntos sólo se tendrá una tabla de resultados.
- Graficar los datos monitoreados inmediatamente, de modo de comprender lo que está pasando, corregir errores a tiempo y revisar los intervalos de muestreo definidos.
- Al calcular pendientes de gráficos ó derivadas recuerde que debe trazar primero una curva suave que ajuste con un buen coeficiente de correlación los datos experimentales. A partir de esta curva se realizan posteriormente los cálculos requeridos.
- Calcular el Rendimiento, el grado de separación logrado, y el % de pérdida de calor en el equipo.
- Comparación de los resultados con los valores obtenidos en la literatura técnica y otras experiencias similares.
- Estimación de costos en materiales y suministros requeridos para operar el equipo.
- Describir claramente los fenómenos observados y explicar en forma científica los resultados obtenidos.
- Involucrar a todos los integrantes del grupo durante la preparación de la experiencia, el trabajo de laboratorio, y el análisis y la discusión de resultados.

ii) **Exposición Oral**

Cada alumno encargado realizará una exposición oral para presentar el diseño de una experiencia. Esta exposición será de 10 minutos y el alumno deberá presentar en forma clara y resumida lo siguiente: Tema, Introducción, Objetivos, Descripción del Equipo, Metodología, Mediciones a realizar y Resultados esperados. Después de esto se efectuará una sección de 10 minutos de preguntas y discusión.

La comunicación de resultados y actividades de laboratorio se debe realizar a todo el curso. Para ello la asistencia a todas las presentaciones es obligatoria y se espera que todos participen con preguntas y comentarios. El quedarse callado pensando que con esta actitud todo será más fácil para el alumno ó el grupo expositor, es estar equivocados. Debemos ser críticos y recordar que esta actividad es para aprender y no para castigar. Se espera que hayan errores y algunas dificultades en este proceso, esto es normal. Sin embargo, entre todos debemos resolver los problemas y aclarar las dudas conceptuales que se manifiesten.

Una vez realizada la experiencia de laboratorio el alumno encargado redactará en un plazo de 15 días un informe escrito, el que será entregado al profesor encargado acompañado de una exposición oral. Esta exposición será de 10 minutos y el alumno deberá presentar en forma clara y resumida lo siguiente: Resultados obtenidos, Discusión y Conclusiones. Después de esto se efectuará una sección de 10 minutos de preguntas y discusión.

Para la realización de las exposiciones se contará con una sala, pizarra, un proyector de transparencias y un equipo datashow. Si el alumno necesita otro material, deberá solicitarlo al profesor previamente.

iii) Preparación del Informe

El informe se debe presentar en forma claramente legible, con información muy precisa y ordenada, utilizando tercera persona. No debe extenderse en temas irrelevantes. Como máximo el informe deberá contener 8-10 páginas. El informe tiene que ser editado con un procesador de texto, corregido e impreso con calidad y tamaño de letra aceptable. Los gráficos y figuras también deben ser impresos con buena calidad. El informe debe contener las siguientes partes:

- 1- **Página de Encabezamiento:** Esta incluye el título de la experiencia, fecha, y nombre del alumno.
- 2- **Resumen Ejecutivo:** Comprende una síntesis completa del trabajo presentado en el informe en máximo 1 página de extensión.
- 3- **Introducción:** Consiste en una explicación del trabajo a realizar y una presentación de los principales antecedentes bibliográficos.
- 4- **Objetivos y alcances de la experiencia:** Corresponde a la definición de las metas y logros a alcanzar en el proyecto, especificando el marco del tema y las consideraciones ó simplificaciones a realizar.
- 5- **Metodología:** Deberán indicarse los distintos tipos de materiales y procedimientos experimentales utilizados.
- 6- **Resultados:** Se deben presentar los resultados resumidos, provenientes del tratamiento de los datos y mediciones experimentales, en forma de tablas y/o gráficos según corresponda. Utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SI). Indicar los principales errores y confiabilidad de los resultados reportados.
- 7- **Discusión:** Consiste en un análisis crítico del trabajo realizado, incluyendo un análisis de los errores cometidos durante la experiencia. Comparar los valores de las variables de operación, coeficientes, rendimientos, etc., con los antecedentes obtenidos de la literatura. También se pueden incluir recomendaciones o sugerencias para futuras experiencias.
- 8- **Conclusiones:** En esta sección se presentan en forma resumida las diversas deducciones que se originan del trabajo realizado, respaldadas por los resultados obtenidos y en concordancia con los objetivos planteados.
- 9- **Bibliografía:** Las referencias a la bibliografía se anotan en el texto del informe con un número entre paréntesis, el que corresponde al orden indicado en la sección de bibliografía. La bibliografía debe incluir; autor, título completo, editorial, volumen, año y número de páginas.
- 10- **Apéndices:** Incluye hoja de datos experimentales, memoria de cálculo y nomenclatura utilizada.
Entregar un archivo Word con el informe y una Planilla Excel con la memoria de cálculo.

iv) Evaluación del Informe

	Puntaje
1- Página de encabezamiento y presentación general	
2- Resumen Ejecutivo	
3- Introducción	
4- Objetivos y alcances de la experiencia	}25
5- Metodología	
6- Resultados	20
7- Discusión	30
8- Conclusiones	15
9- Bibliografía	
10- Apéndices	}10

El puntaje máximo es de 100 puntos, los que corresponden a una nota 7.0.

Total: 100

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

- 1- Calentamiento en un Intercambiador de Calor de Placas. Agua-Vapor.
- 2- Calentamiento-Enfriamiento en un Intercambiador de Calor de Tubos Concéntricos. Agua-Vapor.
- 3- Concentración de Soluciones en un Evaporador de Película Ascendente. Solución Acuosa-Vapor.
- 4- Secado de un Material Sólido en un Secador de Túnel. Arena, Madera, Plástico.
- 5- Humidificación-Enfriamiento de Agua en Columna Rellena. Agua-Aire.
- 6- Separación Sólido-Líquido en Filtro Prensa. Pulpa.
- 7- Destilación de Soluciones en Columna de Platos. Agua-Etanol.
- 8- Absorción de Gases en Columna de Rellena. CO_2 - H_2O - NaOH .
- 9- Ablandamiento-Desmineralización de Agua en Columnas de Intercambio Iónico.
- 10- Extracción por Solventes. Etapas de Extracción y Reextracción en Equipo Mezclador-Decantador para Soluciones de: H_2O - CuSO_4 - H_2SO_4 .
- 11- Tratamiento de Aguas Ácidas con Metales Disueltos. Neutralización-Separación Sólido-Líquido y Ajuste pH.
- 12- Producción de Aire Enriquecido en Oxígeno mediante Adsorción-Desorción en Columna de Zeolitas.
- 13- Cristalización de Sulfato de Cobre desde soluciones H_2O - CuSO_4 - H_2SO_4 .
- 14- Ebullición de un líquido orgánico.
- 15- Generación de Vapor.
- 16- Sistema de Transporte de Agua. Sistema modular, tipo mecano, con bomba, estanques, tuberías y fittings plásticos desmontables fácilmente, medición y control.
- 17- Mediciones Hidráulicas y Remoción de Turbidez en Agua.
- 18- Ablandamiento de Agua para uso en la Caldera del DIQ.
- 19- Síntesis-Fermentación en Reactores.