



Escuela de Ingeniería  
y Ciencias  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



Departamento de Ingeniería  
Química, Biotecnología y  
Materiales  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## PROGRAMA DE CURSO OPERACIONES MECÁNICAS

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales					
Nombre del curso	Operaciones mecánicas	Código	IQ4316	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Mechanical operations</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	IQ3312: Fenómenos de transporte					

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que el estudiantado aplique conceptos fundamentales de fluidodinámica y de fenómenos de transporte en el diseño de operaciones de separación sólido/fluido, para resolver problemas en el contexto de la ingeniería de procesos

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, dimensionar y diseñar conceptualmente procesos industriales, considerando prefactibilidad técnico-económica y aspectos sociales, normativos y de desarrollo sustentable.

CE2: Modelar y simular procesos industriales, aplicando herramientas de las ciencias, a fin de analizar la prefactibilidad técnica de los procesos.

CE6: Optimizar y adaptar la operación de procesos industriales frente a nuevos escenarios productivos, considerando modificación de materias primas, normativas, y aspectos de sustentabilidad de procesos.

CE7: Identificar oportunidades para el mejoramiento de procesos industriales a través del uso de conocimiento técnico y científico, considerando la sustentabilidad del proceso e integrando aspectos de innovación, tecnológicos, económicos, normativos, sociales y ambientales.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación



fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

**CG2: Comunicación en inglés**

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

**CG4: Trabajo en equipo**

Ejecutar con su equipo de forma estratégica diversas actividades formativas propuestas, considerando la autogestión de sí mismo y la relación con el otro, asumiendo diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos y objetivos, sin discriminar por género u otra razón.

**CG6: Innovación**

Concebir ideas viables y novedosas que generen valor para resolver necesidades latentes, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural y económico y los beneficios para el usuario.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE6, CE7	RA1: Aplica conceptos fundamentales de fluidodinámica y de balances globales de transferencia, en el transporte de fluidos en sistemas de tuberías, para realizar cálculos de pérdidas de carga y evaluar el uso de bombas calculando sus parámetros fundamentales, tanto en régimen laminar como turbulento.
CE1, CE2	RA2: Usa conceptos fundamentales y aplicados de sólidos granulares, fluidodinámica, procesos de transferencias, y de balances de fuerza en el diseño optimizado de operaciones de separación sólido fluido, considerando criterios de eficiencia, granulometría y condiciones de operación.
CE6, CE7	RA3: Resuelve problemas reales del ámbito de la fluidodinámica y de las operaciones sólido fluido frente a un contexto real y específico, considerando los balances globales y ecuaciones de diseño de bombas y de equipos de separación, con criterios de eficiencia e innovación.

Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	<p>RA4: Comunica en forma oral y escrita, soluciones a problemas del ámbito de la fluidodinámica y de las operaciones sólido fluido (sean soluciones propias o extraídas de revistas científicas), cuya exposición evidencia un fuerte conocimiento técnico disciplinar, y el texto se ajusta a criterios de claridad y coherencia en la presentación de su propuesta.</p> <p>RA5: Analiza el estado del arte (a través de lecturas en inglés y español) sobre soluciones innovadoras a problemas de fluidodinámica y de operaciones de separación, exponiendo, con claridad y adecuación comunicativa (formalidad), lo más relevante de dichas propuestas.</p>
CG4	<p>RA6: Plantea y resuelve con sus pares problemas de transporte de fluidos y de separación sólido fluido, considerando el organizarse como equipo, autogestionar su quehacer e interactuar con otros, en un marco de respeto, así como revisar continuamente los objetivos y plazos establecidos.</p>
CG6	<p>RA7: Propone, con criterios de innovación (creatividad y creación de valor), una solución para un problema que identifica en el contexto de su realidad e interés y que requiere de la aplicación de conceptos asociados a las operaciones mecánicas, considerando el análisis de los grupos de interés (<i>stakeholders</i>).</p>

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Conceptos de fluidos y de transporte para su aplicación en las operaciones mecánicas	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Análisis de conceptos relevantes en operaciones mecánicas: conversión de unidades, densidad, presión; densidad, peso específico, volumen de control y sistema material.		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplica conceptos fundamentales del transporte de fluidos aplicables a problemas que se le presentan.</li> <li>2. Deduce y maneja la ecuación de ley hidrostática y de empuje (sólido en un fluido).</li> </ol>	



<p>1.2. Ley Hidrostática (deducción y aplicación en manómetros) y de empuje.</p> <p>1.3. Modelos reológicos y ley constitutiva de fluidos (análisis del concepto de material sólido y de fluido, y viscosidad).</p> <p>1.4. Ecuaciones unidimensionales de balances macroscópicos y su aplicación en masa, energía, y momento.</p> <p>1.5. Análisis de la ecuación de Bernoulli.</p> <p>1.6. Flujo ideal a través de orificios.</p>	<p>3. Identifica los diversos tipos de fluidos (newtonianos y no newtonianos) que existen en la Ingeniería de Procesos y sus leyes constitutivas.</p> <p>4. Realiza balances macroscópicos de transporte en sistemas unidireccionales (masa, energía y momento), y calcula caudales de fluidos en sistemas de ingeniería.</p> <p>5. Aplica la ecuación de Bernoulli y es capaz de comprender sus límites.</p> <p>6. Realiza conversión de unidades en el contexto de problemas de transporte de fluidos.</p>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>C.J. Geankoplis. "Procesos de transporte y operaciones unitarias". 3° Edición, Edit. CECSA.</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA3	Flujo unidimensional y su pérdida de carga	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Balances globales de transferencia (energía y cantidad de movimiento) y su aplicación para flujos unidimensionales.</p> <p>2.2. Coeficiente de fricción y pérdida de carga.</p> <p>2.3. Flujo laminar y turbulento, y análisis dimensional.</p> <p>2.4. Ecuación de Hagen-Poiseuille y cálculo de factor de fricción en régimen turbulento (gráfico de Moody)</p> <p>2.5. Pérdida de carga en flujo laminar y turbulento para fluidos no-newtonianos.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza las ecuaciones de transporte en flujos unidimensionales, para comprender el balance energético y de momento.</li> <li>2. Cuantifica la pérdida de carga en el transporte de fluidos para flujos laminar y turbulento.</li> <li>3. Aplica el análisis dimensional a sistemas con fluidos.</li> <li>4. Realiza balances generales para sistemas compresibles, y fluidos complejos.</li> </ol>	



2.6. Caída de presión en flujos compresibles y medios porosos.	
Bibliografía de la unidad	C.J. Geankoplis. "Procesos de transporte y operaciones unitarias". 3° Edición, Edit. CECSA.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA3, RA4, RA6	Bombas	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Curvas de operación de bombas (centrífugas, desplazamiento positivo, peristáltica, etc). 3.2. Deducción mediante balance macroscópico de momento angular de la curva de operación de una bomba centrífuga. 3.3. Eficiencias y curvas empíricas de operación en bombas 3. 3.4. Sistemas de bombas en tuberías, punto de operación, y efectos de variables de operación.		El/la estudiante: 1. Identifica y resuelve problemas en sistemas de transporte de fluidos, considerando la necesidad del uso de bombas y optimizando el punto de operación 2. Relaciona curvas de funcionamiento con la demanda energética del transporte de fluidos para encontrar el punto de operación diseñado. 3. Aplica conceptos de transporte de fluidos y bombas en soluciones innovadoras, considerando grupos de interés ( <i>stakeholders</i> ) 4. Redacta un informe técnico sobre el punto de operación de una bomba, considerando en su escrito coherencia y claridad. 5. Organiza con su equipo las actividades relacionadas con la resolución de problemas de transporte de fluidos mediante bombas, mediante una planificación respecto de las tareas asociadas.	
Bibliografía de la unidad		C.J. Geankoplis. "Procesos de transporte y operaciones unitarias". 3° Edición, Edit. CECSA. B. Munson, D. Young, T. Okiishi, y W. Huebsch. Fundamentals of Fluid Mechanics. 6° Edición, Edit. Wiley.	



Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2	Caracterización granulométrica y de sistemas sólido-fluido	2 semana
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Caracterización de sólidos granulares, y concepto de factor de forma y tamaño en partículas no-esféricas.</p> <p>4.2. Propiedades primarias y secundarias.</p> <p>4.3. Curvas de distribución de población, y concepto de fracción de la población aplicado a caracterizar un material particulado.</p> <p>4.4. Tamizado y cálculo de promedios estadísticos de material particulado</p> <p>4.5. Análisis del movimiento de partículas sólidas en un fluido y fuerzas de arrastre.</p> <p>4.6. Teoría de las separaciones sólido-fluido.</p> <p>4.7. Tipos de eficiencia.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maneja conceptos, teorías de las separaciones sólido-fluido y herramientas para caracterizar sistemas granulares.</li> <li>2. Aplica conceptos de estadística para calcular valores promedios que caracterizan a un material particulado.</li> <li>3. Analiza resultados del tamizado de un material particulado obteniendo los valores característicos más relevantes.</li> <li>4. Usa conceptos de fuerzas de arrastre aplicados a partículas en fluidos en movimiento.</li> <li>5. Aplica conceptos de eficiencia (global y granulométrica) a problemas de separación.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>W. L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriot. Operaciones básicas de ingeniería química. 4a ed. Madrid. McGraw-Hill, 1991.</p> <p>B. Munson, D. Young, T. Okiishi, y W. Huebsch. Fundamentals of Fluid Mechanics. 6° Edición, Edit. Wiley.</p>	



Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7	Equipos de separación sólido-fluido	6 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>5.1. Dedución y aplicación de las ecuaciones de diseño de equipos de separación sólido fluido:</p> <p>5.1.1. Sedimentación (área mínima bajo eficiencia ideal).</p> <p>5.1.2. Hidrociclones (empuje centrífugo y análisis de ecuaciones de diseño de Bradley y Rietveld).</p> <p>5.1.3. Filtración (ecuación de operación bajo diferentes condiciones de operación).</p> <p>5.1.4. Centrífugas (deducción de ecuaciones de diseño y de escalamiento).</p> <p>5.2. Resolución de problemas del ámbito de la fluidodinámica y de las operaciones sólido fluido, integrando conceptos de las operaciones mecánicas.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Identifica y selecciona los principales equipos de separación sólido-líquido deduciendo sus principales ecuaciones.</li> <li>Diseña los principales equipos de separación, considerando las condiciones de operación específicas y sus eficiencias</li> <li>Propone, con criterios de innovación una solución para abordar un problema que identifica en el contexto de su realidad e interés y que requiere de la aplicación de conceptos, teorías asociados a las operaciones mecánicas, considerando análisis de <i>stake holders</i>.</li> <li>Explica, de manera sintética y precisa, los resultados de la propuesta innovadora, las etapas del proceso de trabajo, la selección de metodologías, la planificación de tareas y de las ventajas competitivas de la propuesta.</li> <li>Analiza soluciones innovadoras a problemas de fluidodinámica y de operaciones de separación, considerando una revisión y lectura del estado del arte en investigaciones de esta naturaleza.</li> <li>Plantea y resuelve con sus pares problemas de transporte de fluidos y de separación sólido fluido, considerando en el trabajo en equipo el organizarse, la autogestión en su quehacer durante la interacción con otros.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>W. L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriot. Operaciones básicas de ingeniería química. 4a ed. Madrid. McGraw-Hill, 1991.</p> <p>B. Munson, D. Young, T. Okiishi, y W. Huebsch. Fundamentals of Fluid Mechanics. 6° Edición, Edit. Wiley.</p>	

**E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:**

El curso considera las siguientes estrategias

- Clases expositivas.
- Exposiciones orales (Seminario).
- Resolución de problemas.
- Trabajo en equipo.
- Laboratorio demostrativo (transporte de fluidos y bombas).

**F. Estrategias de evaluación:**

Al inicio del semestre, el cuerpo académico informará sobre la propuesta de evaluación, incluyendo tipos de evaluación, cantidad, ponderaciones correspondientes y las fechas asignadas.

El curso considera diversas instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
Controles escritos durante el semestre.	En los controles se evalúan los RA1 y RA2.
Ejercicios y tareas	Evalúan RA1, RA2, RA3.
Trabajo creativo	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7.
Seminario	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA5, RA6.

**G. Recursos bibliográficos:****Bibliografía obligatoria:**

- [1] B. Munson, D. Young, T. Okiishi, y W. Huebsch. Fundamentals of Fluid Mechanics. 6° Edición, Edit. Wiley.
- [2] C.J. Geankoplis. "Procesos de transporte y operaciones unitarias". 3° Edición, Edit. CECSA.
- [3] G. G. Brown. Operaciones básicas de la ingeniería química. Traducción y revisión de F. Calvet et al. Barcelona, Manuel Marín, 1955.
- [4] W. L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriot. Operaciones básicas de ingeniería química. 4a ed. Madrid. McGraw-Hill, 1991.
- [5] J. Ocón y G. Tojo. Problemas de ingeniería química: operaciones básicas. 3a. ed. Madrid. Aguilar, 1976.
- [6] C. Mataix. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. 2a. ed. ampl. rev. México. Harla, 1982.
- [7] Perry's chemical engineers' handbook. 7th ed. New York. McGraw-Hill.



### **Bibliografía complementaria:**

Publicaciones en revistas científicas internacionales indexadas (Web of Science), como por ejemplo: “Separation and Purification Technologies”, “Chemical Engineering Journal”, y “Water research”.

### **H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:**

Vigencia desde:	Primavera, 2022
Elaborado por:	Humberto Palza
Validado por:	Validador par: Felipe Díaz CTD de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales (IQBM)
Revisado por:	Área de Gestión Curricular