



## PROGRAMA ANALÍTICO

DEPARTAMENTO: **TECNOLOGÍA QUÍMICA**

CARRERA: **INGENIERÍA QUÍMICA**

ASIGNATURA: **OPERACIONES UNITARIAS I**

CÓDIGO: **9134**

AÑO ACADÉMICO: **2019**

PLAN DE ESTUDIO: **1994**

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: **1<sup>er</sup> CUATRIMESTRE DE 4<sup>to</sup> AÑO.**

MODALIDAD DE CURSADO: **PRESENCIAL**

DOCENTE A CARGO: **Dra. Ing. María Fernanda Gayol – Profesora Adjunta Exclusiva**

EQUIPO DOCENTE: **Dra. Ing. María Fernanda Gayol – Profesora Adjunta Exclusiva  
Ing. Tomás Palacios - Profesor Asociado Exclusivo  
Dra. Ing. María del C. Pramparo – Profesora Asociada Exclusiva  
Ing. María Valentina Sosa – Jefa de Trabajos Prácticos Exclusiva  
Dr. Ing. Sebastián N. Robledo - Jefe de Trabajos Prácticos Exclusivo  
Estudiante Sol Sassatelli – 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: 70  
                          → Laboratorio: 5  
                          → Proyecto: -  
                          → Trabajo en planta: -

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: **Obligatoria**



### **OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:**

Se proponen como *objetivos generales*:

- a. Que el alumno comprenda los aspectos teóricos de las operaciones unitarias relevantes para Ingeniería Química basadas en fenómenos de transferencia de cantidad de movimiento.
- b. Que el alumno seleccione y/o diseñe los equipos utilizados en la práctica industrial.
- c. Que el alumno adquiera una metodología de trabajo acorde a la requerida en la práctica profesional.

Cada uno de los temas posee *objetivos específicos* que contribuyen al logro de estos objetivos generales.

### **CONTENIDOS:**

Organización

Los contenidos de la asignatura se han organizado en cuatro grupos de temas:

Grupo *i*: Mecánica de fluidos. Temas 1, 2, 3, 4 y 5.

Grupo *ii*: Operaciones con sólidos. Tema 6.

Grupo *iii*: Mecánica de partículas. Temas 7, 8 y 9.

Grupo *iv*: Flujo a través de lechos de partículas. Temas 10 y 11.

En los primeros temas de cada grupo se desarrollan conceptos generales necesarios para entender los temas siguientes.

#### Contenidos temáticos

Tema 1: *Flujo de fluidos*

1.0 Balances macroscópicos: masa, cantidad de movimiento, energía mecánica.

1.1 Ejemplos de aplicación: Cañerías, Expansión, Sistemas no-estacionarios

1.2 Pérdida de carga en tuberías. Análisis y métodos de cálculo

1.3 Tuberías y accesorios: Caracterización y selección.

1.4 Diámetro económicamente óptimo: concepto y evaluación

Tema 2: *Flujo compresible*

2.0 Balances macroscópicos: energía total y mecánica para fluidos compresibles

2.1 Propagación de perturbaciones: flujo subsónico y supersónico. Número de Mach

2.2 Flujo en conductos de área variable. Flujo de descarga máxima. Ejemplos.

2.3 Flujo en conducto de área constante. Situación isotérmica y adiabática. Ejemplos

Tema 3: *Medidores de caudal*

3.0 Clasificación

3.1 Medidores no-lineales: Tubo de Pitot. Principio de funcionamiento. Cálculo de caudal.



3.2 Medidores no-lineales: área constante. Ecuación general para el caudal. Pérdida de carga permanente. Calibración

3.3 Medidores lineales: área variable. Principio de funcionamiento. Ecuación de trabajo. Calibración

#### Tema 4: *Aparatos para el transporte de fluidos*

4.0 Clasificación

4.1 Bombas. Trabajo, potencia y rendimientos. Cavitación y NPSH

4.2 Bombas de desplazamiento positivo. Reciprocantes y rotatorias

4.3 Bombas dinámicas: centrífugas. Performance teórica. Curvas características

4.4 Bombas especiales. Eyectores

4.5 Selección y especificación de bombas

4.6 Ventiladores, soplantes y compresores. Tipos y características

#### Tema 5: *Agitación de fluidos*

5.0 Definiciones.

5.1 Equipos. Impulsores. Tipos de flujo

5.2 Fundamentos: Número de potencia y de flujo

5.3 Aplicaciones: Mezclado de fluidos miscibles; suspensión de partículas sólidas; dispersión de gases.

5.4 Cambio de escala.

#### Tema 6: *Sólidos particulados - Reducción de tamaño de sólidos*

6.0 Partículas. Caracterización: métodos.

6.1 Conjunto de partículas. Distribución de tamaños. Valores medios.

6.2 Comportamiento de sistemas particulados. Ángulo de reposo y fricción.

6.3 Transporte de sólidos particulados. Equipos industriales.

6.4 Tamizado: eficiencias. Equipos industriales.

6.5 Reducción de tamaño de sólidos. Fundamentos. Objeto

6.6 Utilización y consumo de energía.

6.7 Operación de molinos. Circuitos.

6.8 Equipos industriales. Clasificación. Usos.

#### Tema 7: *Movimiento de Partículas en Fluidos*

7.0 Ecuación de movimiento de la partícula. Campo de fuerza gravitatorio y centrífugo.

7.1 Interacción fluido-partícula. Partículas esféricas. Fuerza de rozamiento: Resistencia de forma y de fricción. Factor de fricción.

7.2 Velocidad terminal. Concepto y evaluación. Usos: Clasificación de mezclas de partículas; separación total o parcial.

7.3 Partículas no-esféricas. Cálculo de velocidad terminal.

7.4 Movimiento de burbujas y gotas. Comparación con partículas sólidas.



Tema 8: *Sedimentación*

- 8.0 Fundamentos. Secuencias típicas de sedimentación.
- 8.1 Relaciones teóricas entre velocidad de sedimentación impedida y concentración. Partículas finas y gruesas.
- 8.2 Determinación experimental de la velocidad de sedimentación impedida. Método de Kynch.
- 8.3 Equipos de sedimentación batch y continuos. Diseño.

Tema 9: *Separación centrífuga*

- 9.0 Fundamentos.
- 9.1 Separación en equipos móviles: centrífugas. Movimiento de partículas sólidas. Sedimentación centrífuga. Concepto de  $\Sigma$ .
- 9.2 Movimiento de partículas fluidas. Separación de fases inmiscibles.
- 9.3 Equipos industriales. Clasificación. Selección.
- 9.4 Separación en equipos estacionarios: ciclones. Fluidodinámica. Eficiencias. Criterios de diseño.

Tema 10: *Flujo de fluidos en medios porosos - Filtración*

- 10.0 Ecuación de Darcy. Permeabilidad. Porosidad. Isotropía. Carácter lineal de la ecuación de Darcy. Efectos viscosos e inerciales. Ecuación de continuidad para un medio poroso. Modelos de medios porosos. Ecuación de Kozeny. Correlación de Carman. Correlación de Ergun.
- 10.1 Fundamentos. Clasificación
- 10.2 Filtración en tortas. Tortas incompresibles. Ecuación general de filtración. Modos de filtración. Tortas compresibles.
- 10.3 Práctica de filtración. Medio filtrante. Lavado de la torta.
- 10.4 Equipos industriales. Clasificación. Principios de funcionamiento. Usos. Selección.

Tema 11. *Fluidización*

- 11.0 Fundamentos. Definiciones. Tipos de fluidización. Aplicaciones industriales.
- 11.1 Fluidización gaseosa. Caída de presión vs. velocidad del fluido. Condiciones mínimas de fluidización. Defectos de la fluidización.
- 11.2 Fluidización agregativa vs particulada. Distribuidores de gas.

**METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:**

Los fundamentos de cada operación se presentan y discuten en las clases teórico-prácticas, tratando que el alumno reconozca y aporte los conocimientos adquiridos previamente en las asignaturas correlativas, fundamentalmente en Fenómenos de Transporte y Termodinámica.

Se desarrollan ejemplos con la participación activa de los estudiantes, en aquellos casos en que el tema lo permite. Luego, los estudiantes resuelven problemas típicos de una guía de problemas propuestos para cada tema.



### MODALIDAD DE EVALUACIÓN:

Para la evaluación de los resultados conseguidos se establece un régimen de regularidad y promoción de la materia que se detalla a continuación:

#### **A) Asistencia**

Se considera obligatoria la asistencia al 80 % de las clases Teórico – Prácticas y una asistencia del 100% a las Prácticas de Planta Piloto y/o Laboratorio.

#### **B) Modalidad de evaluación**

##### Promoción y Regularización:

La promoción y la regularidad de la materia se obtienen reuniendo los siguientes puntajes, que se detallan a continuación, a través de tres Exámenes Parciales Teóricos y tres Exámenes Parciales Prácticos.

	Regularidad	Promoción práctico	Promoción Materia
Parte teórica (3 notas)	15	20	21
Parte práctica (3 notas)	15	21	21

##### Para la regularidad:

- Se exige una calificación mínima de 5 puntos en cada uno de los exámenes parciales teóricos y prácticos. Además, se exigirá la aprobación de los informes de la Práctica de Planta Piloto.
- Existirán tres exámenes parciales recuperatorios, uno para cada examen parcial.

##### Para la Promoción:

-Se contempla la posibilidad de promoción total de la materia. Para alcanzar la promoción se deberá cumplir con los siguientes requisitos, tanto en el práctico como en el teórico:

a) Deberá obtener una calificación promedio de 7 puntos (sin registrar instancias evaluativas de aprobaciones con notas inferiores a 5 puntos). Un estudiante que no hubiere alcanzado la nota mínima de 5 puntos, tendrá derecho a recuperar cada instancia evaluativa, definida como requisito para la obtención de la promoción, cualquiera sea la calificación obtenida.

b) Se exigirá la aprobación de los informes de la Práctica de Planta Piloto.

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

##### Examen Final:

-El alumno que regularice la materia deberá rendir un examen final escritos para la aprobación definitiva. Dicho examen constará de una parte teórica y una parte práctica, en donde se evaluará el grado de asimilación de los conceptos teóricos así como la capacidad de resolver problemas.

-El alumno que rinda como libre tienen iguales requisitos que aquellos en condición de regular.



-El alumno que obtenga promoción total de la materia, su examen final será la preparación y aprobación grupal de un video educativo con el tema asignado por el docente Responsable. Los grupos deben ser de 2 personas. La grabación del video será empleando el celular haciendo uso de las herramientas didácticas que considere necesarias y el tiempo de duración del mismo será de 10 minutos. En el video deben incluirse conceptos básicos sobre el tema, una aplicación y bibliografía pertinente. Para desarrollar el video, deben pensar que el video debe ser comprensible/ entendible por alumnos de distintos años de Ingeniería, para lo cual deben utilizar un lenguaje claro y técnico.

**Cronograma de Actividades: Año 2019**

<b>Marzo</b>					
Lunes (8 a 11)		Martes (10 a 13)		Miércoles (8 a 12)	
Flujo Incompresible (T)	11	Flujo Incompresible (T)	12	Flujo Incompresible (P)	13
Flujo Incompresible (P)	18	Flujo Incompresible (T)	19	Medición de Caudal (T)	20
Medición de Caudal (T)	25	Medición de Caudal (P)	26	Medición de Caudal (P)	27
<i>Laboratorio Rotámetro</i>					
<b>Abril</b>					
Lunes		Martes		Miércoles	
Bombas (T)	01	<b>FERIADO</b>	<b>02</b>	Bombas (T)	03
Bombas (P)	08	Bombas (P)	9	<i>Laboratorio Bombas</i>	10
Agitación (T)	15	<b>1er Parcial (P)</b>	16	Agitación (P)	17
<b>1er Parcial (T)</b>					
Agitación (T)	22	Agitación (P)	23	Caract. Partículas (T)	24
Reducción Tamaño-Molienda (P)	29	Caract. Partículas (P)	30	Reducción Tamaño-Molienda (T)	
<b>Mayo</b>					
Lunes		Martes		Miércoles	
				<b>FERIADO</b>	<b>01</b>
Sedimentación (libre) (T)	06	Sedimentación (libre) (P)	07	Sedimentación (imp.) (T)	08
Sedimentación (imp.) (P)	13	Separación Centrífuga (T)	14	<i>Laboratorio Sedimentación y Elutriación</i>	15
Separación Centrífuga (T)	20	Separación Centrífuga (P)	21	Separación Centrífuga (P)	22
<b>2do Parcial (P)</b>	27	Medios porosos (T)	28	Medios Porosos (P)	29
		<b>2do Parcial (T)</b>			
<b>Junio</b>					
Lunes		Martes		Miércoles	
Filtración (T)	03	Filtración (T)	4	Filtración (P)	5
Parcial OU II	10	Filtración (P)	11	<b>3er Parcial (T y P)</b>	<b>12</b>
<b>FERIADO</b>	17	Fluidización y Transp. Neumático (T)	18		19



		Flujo Compresible (T)		
	24		25	Recuperatorios
				26

1<sup>er</sup> Parcial, Temas: Flujo Incompresible, Medición de Caudal y Bombas.

2<sup>do</sup> Parcial, Temas: Agitación, Caracterización de Partículas, Molienda y Sedimentación.

3<sup>er</sup> Parcial, Temas: Separación Centrífuga, Flujo en medios porosos y Filtración.

**HORARIOS DE CLASES:**

Lunes de 08 a 11 h.

Martes de 10 a 13 h.

Miércoles de 08 a 12 h.

**HORARIOS DE CONSULTA:**

Lunes y Martes de 10 a 12 h. (M. GAYOL)

Lunes y Martes de 10 a 12 h. (M. PRAMPARO)

Miércoles de 09 a 11 h. (T. PALACIOS)

Martes de 14 a 16 h. y Jueves de 10 a 12 h. (M. SOSA)

Martes de 14 a 18 h. (S. ROBLEDO)

**BIBLIOGRAFÍA:**

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemplares disponibles
Chemical Engineering, V1: Fluid flow, heat transfer and mass transfer 4th. ed	Coulson, J., J. Richardson, J. Backhurst & J. Harker	Butterworth Heinemann	1999	Biblioteca:1 66.01 C 855e4 v.1
Chemical Engineering, V2: Particle technology and separation processes 4th. ed	Coulson, J., J. Richardson, J. Backhurst & J. Harker	Butterworth Heinemann	1991	Biblioteca:1 66.01 C 855e4 v.2
Manual del Ingeniero Químico, 6ta. edición	Perry & Green	Mc Graw-Hill	1974	Biblioteca:2 66.01 P 464Ie6
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: - (no se dispone)
Particle technology	Rumpf H.	Chapman & Hall	1990	Biblioteca:1 66.01 R 937
Centrifugal pumps and allied machinery - 4th ed.	Anderson, H.	Elsevier	1994	Biblioteca:1 621.65 A 546e4
Pump Handbook, 2 <sup>nd</sup> ed.	Karassik I.J et al.	McGraw-Hill	1986	Biblioteca:1 621.65 K 19Ie2
Pump and pumping operations	Cheremisinof N.P. & Cheremisinof P.N.	Prentice Hall	1992	Biblioteca:1 621.65 Ch 524



Bombas: teoría, diseño y aplicaciones	Viejo Zubicaray, M.	Limusa	1994	Biblioteca:1 621.65 V 657 Z 90e2
Filters and filtration handbook, 4th ed.	Dickenson, T. Ch.	Elsevier	1997	Biblioteca:1 66.067.1 D552e4
Filtration : principles and practices, 2nd ed.	Matteson, M.J.	M. Dekker	1987	Biblioteca:1 66.022 M 438
Particle classification	Heiskanen H.	Chapman & Hall	1993	Biblioteca:1 66.01 H 469
Mixing in the process industries, 2nd ed.	Harnby, N. - Edwards, M.F. - Nienow, A.W.	Butterworth Heinemann	1997	Biblioteca:1 66.021.2 H 289e2
Scaleup and design of industrial mixing processes	Tatterson, G.B.	McGraw-Hill	1994	Biblioteca:1 66.015 T 221
Flujo de fluidos para ingenieros químicos	Holland F.H.	Géminis	1980	Biblioteca:1 66.01 H737
Mecánica de fluidos – 2ª edic.	White, Frank M.		2008	Biblioteca:1 532 W583e2
Modeling and simulation for chemical engineers: theory and practice	Simmant R, Upretiklaiti	John Wiley & Sons.		2017**
Simulación de procesos en ingeniería química	Dominic Ch. Y. Foo	Elsevier		2017**
Fluid Mechanics	Fox R. McDonald A. Mitchell J.	John Wiley & Sons		2016**
Elementary Principles of Chemical Processes	Felder, R. - Rousseau, R.	John Wiley & Sons 4th ed.		2015**
Fluid mechanics	White F.	Editorial McGraw-Hill		2015**
Ejercicios de clase y problemas de examen resueltos en mecánica de fluidos	De Castro Hernandez E.	Parainfo Ed.		2014**
Basic principles and calculations in chemical engineering	Himmelblau D, Riggs J.	International Edition Addison- Wesley 8th ed.		2012**
Fluid mechanis	Granger R.	Dover Publications Inc.		2012**

\*\* EN CATEDRA

Firma Docente Responsable

Firma Secretario Académico