

1. Identificación de la asignatura

NOMBRE	Operaciones con Sólidos		CÓDIGO	GIQUIM01-4-013
TITULACIÓN	Graduado o Graduada en Ingeniería Química	CENTRO	Facultad de Química	
TIPO	Optativa	Nº TOTAL DE CREDITOS	6.0	
PERIODO	Segundo Semestre	IDIOMA	Español	
COORDINADOR/ES		EMAIL		
BUENO DE LAS HERAS JULIO LUIS MARIA		jlbueno@uniovi.es		
PROFESORADO		EMAIL		
BUENO DE LAS HERAS JULIO LUIS MARIA		jlbueno@uniovi.es		

2. Contextualización

La asignatura *Operaciones con sólidos* es una asignatura optativa de cuarto curso impartida por el área de Ingeniería Química, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente.

El seguimiento de esta asignatura junto con las asignaturas *Combustibles y Energía en Ingeniería Química* e *Ingeniería de polímeros* de cuarto curso, justificaría la Mención C (Ingeniería de Procesos).

La asignatura de *Operaciones con sólidos* pretende ampliar conocimientos en el campo de los sólidos desde una perspectiva transversal, como protagonistas que han sido de múltiples operaciones y procesos ya estudiados, llevando la atención hacia analogías y diferencias fenomenológicas e incidiendo en la extensión de los principios y metodología diferenciales de la ingeniería Química a un campo de estudio que enlaza operaciones primigenias, de tratamiento empírico, con el refinamiento de los procesos de la ingeniería química de los nuevos materiales.

La asignatura aporta nuevos conocimientos a otras asignaturas previamente cursadas, especialmente a las asignaturas de *Termodinámica Aplicada*, *Análisis Instrumental*, *Operaciones Básicas de Flujo de Fluidos* y *Operaciones de separación*. Al mismo tiempo refuerza aspectos ya conocidos como los fenómenos de transporte y reactividad en interfases, con nuevas aplicaciones a los aspectos ingenieriles de las operaciones básicas analíticas y de tecnología de materiales, en las que el sólido no sólo es fase implicada, sino incógnita y objeto de diseño. [*VER 4: Resultados aprendizaje]

De esta forma se contribuye a que el alumno adquiera capacidad suficiente para una extensión y organización autónoma y rigurosa del conocimiento teórico y práctico -diseño en función de mecanismos, cinética, transporte, contacto e interacciones, distribuciones poblacionales de propiedad y tiempos de residencia - frente a cualquier tipo de operación básica en el ámbito de la Ingeniería Química,

3. Requisitos

Para cursar la asignatura no es necesario ningún prerrequisito que no esté implícito en el supuesto normal aprovechamiento de las etapas curriculares previas.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

De acuerdo con la memoria de verificación del Título de Grado en Ingeniería Química:

Las **competencias generales** que se trabajarán en esta asignatura son:

CG1(i) Capacidad para realizar análisis y síntesis de un proceso en un entorno bien o parcialmente definido.

CG2(i) Capacidad para organizar y planificar la formulación y resolución de problemas de carácter investigador o productivo.

CG5(i) Capacidad de obtener, gestionar y almacenar de forma ordenada información relevante de su campo de estudio.

CG8(i) Conocimientos para realizar mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

CG13(p) Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Química.

CG14(s) Capacidad para el aprendizaje autónomo, el entrenamiento y la readaptación continua a nuevos tiempos, nuevos retos, nuevas tecnologías, nuevos equipos y nuevas condiciones de trabajo, así como para la interacción sinérgica con expertos de áreas afines o complementarias, de forma crítica y autocrítica.

CG15(s) Capacidad para el estudio, la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en el ámbito de la Ingeniería Química, de forma creativa y continua.

CG16(s) Capacidad para realizar trabajo como experto y, para liderar equipos de trabajo, en plantas industriales donde se desarrollen operaciones y/o procesos de naturaleza física y/o química.

CG20(s) Conocimiento en materias básicas y tecnológicas que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

Las **competencias específicas** son:

CE1(a) Capacidad para interiorizar, por vía de comprensión crítica, los conceptos fundamentales de las ciencias básicas experimentales e incorporarlos de forma fluida al pensamiento crítico y experto, fuera y dentro del ámbito del trabajo.

CE23(p) Capacidad para la realización de operaciones básicas de flujo de fluidos, de transmisión de calor y de transferencia de materia, así como para hacer funcionar los equipos correspondientes a las mismas.

CE27(p) Capacidad para el diseño y gestión de procedimientos de experimentación aplicada, especialmente, para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte, y modelización de sistemas y procesos en el ámbito de la Ingeniería Química, sistemas con flujo de fluidos, transmisión de calor, transferencia de materia, cinética de reacciones y reactores químicos.

CE28(p) Capacidad para concebir, modelizar y diseñar transformaciones físicas y químicas de interés práctico en el laboratorio y en la industria.

CE33(p) Capacidad para implementar buenas prácticas de medida y experimentación.

Las **competencias específicas asociadas a las materias optativas** son:

CEOP2(p) Conocimientos y capacidad para el desarrollo de procesos de naturaleza física o química, con evaluación técnica de su rendimiento material, su seguridad, su vida media y su relación con el entorno natural y social (Seguridad y Gestión de Proyectos, Operaciones con Sólidos, Combustibles y Energía, Ingeniería de Polímeros).

CEOP4(p) Capacidad para configurar, dimensionar y hacer construir procesos a cualquier escala donde llevar a cabo transformaciones físicas y químicas de forma segura, fiable y respetuosa con el entorno medioambiental.

Los **resultados de aprendizaje** son:

[*Ver 2, Contextualización como complemento de otras asignaturas]

*RTA2 Conocer los distintos estados de agregación de la materia, sólido, líquido y gas, y la evolución de los cambios reversibles e irreversibles que en ellos se producen.

*RFT3 Conocer los fundamentos en que se basa la clasificación de las diferentes operaciones básicas existentes en Ingeniería Química.

*RLIQ1 Manejar los conceptos de los tres fenómenos de transporte.

*RFF5 Conocer el cálculo y diseño de las operaciones básicas de agitación y mezcla, filtración, sedimentación, clasificación hidráulica, flotación, atomización, así como el flujo de dos fases y las operaciones a alto vacío y a altas presiones.

*RMO10 Explicar los fundamentos, la instrumentación y las aplicaciones más relevantes de las técnicas analíticas de mayor relevancia en el campo medioambiental.

Propios:

RMO18 Definir, modelizar y calcular los fenómenos y operaciones con macrofluidos en el contexto de los procesos químicos

industriales.

RMO19 Utilizar correctamente la terminología más frecuente en el ámbito de la ciencia y tecnología de partículas.

RMO20 Elegir, formular e interrelacionar adecuadamente los descriptores estadísticos, con implicaciones y utilidad instrumental más allá del ámbito de la ciencia y tecnología de partículas. RMO21 Conocer los modelos descriptores del estado de la materia y de sus cambios en función de la escala de descripción.

RMO22 Interpretar de forma integral las operaciones con macrofluidos en ingeniería química. RMO23 Diseñar y utilizar de forma ventajosa las operaciones básicas de caracterización de sólidos de mayor utilidad práctica: granulométrica, superficial, porosimétrica, hidrodinámica, termocinética.

5. Contenidos

Conceptos generales

MODULO I. Introducción y contextualización curricular

Operaciones con sólidos. Sólidos en Ingeniería Química. Ciencia y tecnología de partículas. Fenómenos con fases sólida. Análisis y síntesis de operaciones con sólidos. Operaciones de proceso, operaciones de diseño y operaciones analíticas con sólidos. Generalización del modelo de diseño.

MODULO II. Escala de tamaños y descripciones poblacionales

Niveles de descripción de fenómenos y propiedades. Bases del estudio analógico y diferenciado de fenómenos y operaciones. Fundamentos estadísticos de la caracterización de conjuntos de partículas por sus propiedades.

Fundamentos de las operaciones básicas

MODULO III. Propiedades intrínsecas de los sólidos particulados

Termodinámica de fases sólidas e interfases sólido-sólido y sólido-fluido. Tensión interfacial. Cohesión. Mojabilidad y capacidad de adsorción. Adherencia. Solubilidad. Humectación. Fenómenos de transporte y reactividad superficial. Propiedades termomecánicas. Propiedades electrostáticas y electrocinéticas.

MODULO IV Propiedades morfológicas y texturales

Tamaño y forma de partículas. Descripción de partículas singulares: coeficientes, factores e índices de forma. Descripción de conjuntos de partículas. Sentido físico y correlaciones entre valores medios y valores representativos. Áreas superficiales. Tipos de porosidad. Formas de la densidad,

MODULO V. Estática y dinámica de macrofluidos

Propiedades reológicas de sólidos particulados. Comportamiento estático y dinámico de macrofluidos, dispersiones y masas granulares. Distribuciones de presiones y tensiones en graneles. Diagramas y correlaciones. Distribución de presiones y tensiones en sistemas partícula fluido. Coeficientes de transporte de energía dinámica. Integración de conceptos.

Operaciones con sólidos

MODULO VI. Caracterización de sólidos

Captación y muestreo significativo. Elementos de las operaciones y técnicas: adecuación, discriminación, medición, computación y procesado. Operaciones de análisis termomecánico: Dilatometría. Operaciones de análisis térmotáticos: tensiometría, densitometría y

calorimetría de inmersión. Operaciones de análisis termodinámicos: Calorimetrías DTA, DSC, ATG y DTG. Técnicas de análisis granulométrico directo. Análisis granulométrico fenomenológico en campos gravitacionales, inerciales y electrodinámicos. Determinación de texturas: áreas superficiales BET y porosimetría de Hg. Superficies activas. Electroforesis.

MODULO VII. Diseño de sólidos

Operaciones y técnicas de creación de forma y tamaño. Molienda. Agregación. Operaciones conformacionales. Operaciones y técnicas de creación de porosidades y áreas superficiales. Fraccionamiento. Formulación de sólidos. Criterios de calidad.

MODULO VIII. Sólidos en proceso

Fundamentos, elementos, analogías y diferencias en la formulación de ecuaciones de dimensionado y requerimiento energético. Almacenamiento, empaquetado y transporte de graneles. Acarreamiento, desplazamiento fluidización y arrastre neumático e hidrodinámico. Mezclado. Fraccionamiento y clasificación seca de sólidos. Separaciones gravitacionales: clarificación, elutriación, sedimentación, flotación y espesamiento. Separaciones inerciales: Centrifugación y ciclonado. Filtración. Separaciones electrostáticas y electrocinéticas. Sólidos como elementos pasivos e intervinientes en operaciones de transferencia. Los sólidos en las reacciones químicas como reactivos, coadyuvantes o catalizadores.

6. Metodología y plan de trabajo

Clases expositivas

Se utilizarán los medios convencionales de exposición basados en presentaciones proyectivas complementadas por el uso de pizarra y ocasionales accesos a la red. Se facilita información previa consistente en la Guía Docente desarrollada, el programa detallado y apuntes originales del profesor en forma de fascículos por temas (a fotocopiar por el alumno a lo largo del curso), modulados en cada momento y circunstancia por material complementario correlacionado en forma de apéndices, donde se recoge información extra de las clases y de la bibliografía recomendada (facilitados a lo largo del curso, en el momento oportuno, través de la red o del campus virtual).

Prácticas en aula

Se realizarán problemas y ejercicios referidos a los temas más propicios, cuyos enunciados se proporcionarán al alumno con la debida antelación. La resolución de los ejercicios será llevada a cabo por el profesor valorándose la entrega previa del trabajo hecho por parte de los alumnos. Según circunstancias se facilitará a través de la red las resoluciones más ilustrativas

Tutorías en grupo

Se propondrán tareas individuales (Análisis de artículos, localización de ítems, y propuesta de temas teórico o prácticos de desarrollo original) cuyo contenido y calidad expositiva serán evaluables. Se tratarán también las cuestiones que las tutorías individuales sugieran como más interesantes con carácter general. Previamente a cada sesión, y con suficiente antelación a la misma, los estudiantes dispondrán de los enunciados de las cuestiones y ejercicios que deben resolver de forma individual, o colectiva, así como instrucciones precisas para la realización de presentaciones y cualquiera otra actividad requerida..

7. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

El valor de cada uno de los sistemas de evaluación **tanto en convocatorias ordinarias como extraordinarias**, expresado en porcentaje, será el siguiente:

Sistemas de evaluación	Resultados de aprendizaje	Porcentaje
Evaluación (PA, TG y OA)	Todos	20%
valuación final	Todos	80%

Condiciones: Es obligatoria la asistencia a las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales, si bien, **en casos debidamente justificados será válida una asistencia superior al 80%**. Se tendrá también en cuenta la participación activa en todas ellas, así como el trabajo realizado por cada estudiante en las mismas. Un 20% de la calificación final del estudiante se corresponderá con la valoración de estos aspectos.

• **Evaluación final:** Al final del curso se realizará un examen escrito para comprobar el dominio de las materias correspondientes al curso, consistente en la respuesta a cinco/seis cuestiones de carácter teórico y la resolución de dos problemas. Un 80% de la calificación final del

estudiante corresponderá a la nota obtenida en el examen.

En **convocatorias extraordinarias que tengan lugar durante un curso académico, con anterioridad al semestre en el que habitualmente se imparte la asignatura** en dicho curso académico, la calificación final **se calculará con la nota obtenida en las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales del curso académico inmediatamente anterior** en el que fue impartida la asignatura **y la nota obtenida en la evaluación final correspondiente a la convocatoria extraordinaria, teniendo en cuenta los porcentajes de ponderación** señalados para cada uno de ellos en la tabla anterior.

8. Recursos, bibliografía y documentación complementaria

Se fomentará que los estudiantes complementen por su cuenta la información que pueda resultarles académica y profesionalmente a partir de las notas de profesor (que pretenden servir de estructura soporte), las fotocopias y transparencias, y la consulta de la bibliografía especializada realizada autónomamente a través de la red de bibliotecas de la Universidad de Oviedo (BUO), localizada especialmente en la Facultad de Química.

Se recuerda y encarece la necesaria utilización de de medios reglados de descarga y reproducción dentro de la normativa vigente.

Bibliografía básica

Notas de Clase

BUENO J.L. “**Operaciones con sólidos**”, *Editorial Síntesis*, Serie Universitaria (Proyecto 2016)

Bibliografía de referencia

- BROWN G.G. “**Operaciones básicas de la Ingeniería Química**”, *Marín 1965* (*Disponible en web*)
- COULSON J.M., RICHARDSON, J.F., BACKHURST, J.R. “**Ingeniería Química**”, *Reverté 1981* (*Disponible en web*)
- McCABE W.L., SIMTH , J.C., HARRIOT P . “**Operaciones Unitarias en Ingeniería Química**”, *McGraw Hill 2001* (*Disponible en web*)
- VIAN A., OCON J. “**Elementos de Ingeniería Química**”, *Marín 1967* (*Disponible en web*)

Bibliografía complementaria

- ALLEN, T., DAVIES, R.,**Evaluation of Instruments for Particle Size Analysis**. *Dupont Engineering Services, Wilmington, Delaware. USA.,13-18.1981*
- BUENO J.L. “**Termodinámica para Ingeniería Química**”, Mods. I, III y V. EdiUnO, 2016
- BEDDOW, J.K., **Particulate Science & Tecnology**. Chemical Publishing Co. Inc. New York. USA, **1981**
- LOWEL, S., SHIELDS J.E., **Powder Surface Área and Porosity**. Chapman &Hall Co. London, Eng., **1984**

- RHODES, M. **Principles of Powder Technology**. *John Wiley & Sons. West Sussex. England, 1990.*
- SVAROVSKY, L. **Handbook of Powder Technology**. Volumen 5. *Elsevier Science Publishers B.V.-Amsterdam, 1985.*