

Guía docente de la asignatura

**Reología Aplicada a Productos Industriales (22011B2)**

Fecha de aprobación: 20/06/2022

<b>Grado</b>	Grado en Ingeniería Química	<b>Rama</b>	Ingeniería y Arquitectura				
<b>Módulo</b>	Módulo: Complementos de Formación	<b>Materia</b>	Reología Aplicada a Productos Industriales				
<b>Curso</b>	3º	<b>Semestre</b>	2º	<b>Créditos</b>	6	<b>Tipo</b>	Optativa

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

- Se recomienda tener cursadas las asignaturas: Física I, Mecánica de Fluidos.
- Tener conocimientos básicos sobre: Mecánica de fluidos.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Grado)**

- Viscosimetría. Viscoelasticidad. Técnicas experimentales en reología. Aplicación a: suspensiones cerámicas y farmacéuticas; polímeros, biopolímeros y elastómeros; lubricantes multigrado; emulsiones alimentarias y farmacéuticas.

**COMPETENCIAS ASOCIADAS A MATERIA/ASIGNATURA****COMPETENCIAS GENERALES**

- CG02 - Saber aplicar los conocimientos de Ingeniería Química al mundo profesional, incluyendo la capacidad de resolución de cuestiones y problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad y razonamiento crítico.
- CG03 - Adquirir la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes dentro del área de la Ingeniería Química, así como de extraer conclusiones y reflexionar críticamente sobre las mismas.
- CG04 - Saber transmitir de forma oral y escrita información, ideas, problemas y soluciones relacionados con la Ingeniería Química, a un público tanto especializado como no especializado.
- CG06 - Capacidad de organizar y planificar
- CG07 - Capacidad de gestión de la información
- CG08 - Trabajo en equipo
- CG10 - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica



## COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE08 - Conocimientos de los principios básicos de la mecánica de fluidos y su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería. Cálculo de tuberías, canales y sistemas de fluidos.
- CE09 - Conocimientos de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales. Comprender la relación entre la microestructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales.
- CE22 - Capacidad para el análisis, diseño, simulación y optimización de procesos y productos.
- CE24 - Capacidad para el diseño y gestión de procedimientos de experimentación aplicada, para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte, y modelado de fenómenos y sistemas en el ámbito de la ingeniería química, sistemas con flujo de fluidos, transmisión de calor, operaciones de transferencia de materia, cinética de las reacciones químicas y operación de reactores.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- Al finalizar esta asignatura el alumno deberá ser capaz de:
  - Comprender el significado físico de las magnitudes que describen la deformación y flujo de materiales bajo la acción de esfuerzos mecánicos.
  - Describir fenomenológicamente el flujo de líquidos no-newtonianos y conocer las ecuaciones constitutivas que describen su comportamiento.
  - Describir fenomenológicamente la deformación y flujo de materiales viscoelásticos y las ecuaciones constitutivas y modelos que describen su comportamiento.
  - Medir la viscosidad de fluidos utilizando viscosímetros rotacionales.
  - Medir los módulos mecánicos que describen el comportamiento de materiales viscoelásticos.
  - Reconocer fenómenos de deformación/flujo no-lineales de interés tecnológico.
  - Relacionar el comportamiento de materiales viscoelásticos con la estructura microscópica de fluidos o sólidos complejos.
  - Aplicar lo anterior a suspensiones, emulsiones y polímeros de interés industrial.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

#### Tema 1. Introducción. 10 horas

1. ¿Qué es la Reología?
2. Modelos de líquido viscoso y sólido elástico.
3. ¿Sólidos o líquidos?: Número de Deborah.
4. Líquidos elásticos y sólidos viscosos.
5. Viscoelasticidad lineal y no-lineal.
6. Tensor de esfuerzos: esfuerzos normales y tangenciales.
7. Medidas reológicas: grupos adimensionales.
8. Macromoléculas y coloides.

#### Tema 2. Líquidos no-newtonianos: viscosidad. 10 horas



1. Introducción.
2. Variables que afectan a la viscosidad.
  - 2.1. Variación con la velocidad de deformación.
  - 2.2. Variación con la temperatura.
  - 2.3. Variación con la presión.
  - 2.4. Clasificación de los líquidos no-newtonianos.
3. Líquidos no-newtonianos con propiedades independientes del tiempo.
  - 3.1. Fluidificantes.
  - 3.2. Espesantes.
4. Líquidos no-newtonianos con propiedades dependientes del tiempo.
  - 4.1. Tixotropía.
  - 4.2. Reopexia.
5. Viscosimetría.
  - 5.1. Reometría/viscosimetría: tipos de reómetros y condiciones de medida.
  - 5.2. Viscosímetros rotacionales.
  - 5.3. Otros viscosímetros: capilares; por caída de bola.
6. Elección del viscosímetro óptimo: ejemplos.
7. Métodos y técnicas experimentales en viscosimetría: medidas en estado estacionario.

### Tema 3. Viscoelasticidad lineal. 10 horas

1. Introducción.
2. Viscoelasticidad lineal: ecuación constitutiva general.
3. Módulo de fluencia (“compliance o creep modulus”) y módulo de rigidez.
4. Modelos viscoelásticos lineales elementales.
  - 4.1. Sólido de Kelvin-Voigt.
  - 4.2. Líquido de Maxwell.
5. Modelos de Kelvin-Voigt y de Maxwell generalizados.
6. Materiales viscoelásticos lineales en régimen oscilatorio.
  - 6.1. Potencia almacenada y disipada en régimen oscilatorio.
7. Métodos y técnicas experimentales.
  - 7.1. Métodos estáticos: fluencia-recuperación (“creep-recovery”); curva de relajación.
  - 7.2. Métodos dinámicos: deformación oscilatoria.

### Tema 4. Viscoelasticidad no-lineal. 10 horas

1. Introducción: fenómenos no-lineales.
2. Origen y naturaleza de las diferencias entre esfuerzos normales ( $N_1$  y  $N_2$ ).
3. Comportamiento típico de  $N_1$  y  $N_2$ .
4. Efectos observables de  $N_1$  y  $N_2$ : efecto Weissenberg; efecto sifón; hinchamiento de vena líquida; vórtices en procesos de mezcla.
5. Métodos de medida de  $N_1$  y  $N_2$ .
6. Relación entre funciones viscosimétricas y funciones viscoelásticas.

### Tema 5. Reología de suspensiones, emulsiones y espumas. Aplicación en industria cerámica, farmacéutica y alimentaria (opcional). 2,5 horas

1. Introducción.
  - 1.1. Comportamiento general de la viscosidad de suspensiones.
  - 1.2. Fuerzas de interacción entre partículas en suspensión.
  - 1.3. Estructuras en reposo.
  - 1.4. Estructuras inducidas por flujo.
2. Viscosidad de suspensiones de partículas sólidas en líquidos newtonianos.



- 2.1. Suspensiones diluidas.
- 2.2. Empaquetamiento máximo.
- 2.3. Suspensiones concentradas newtonianas.
- 2.4. Suspensiones concentradas fluidificantes.
- 2.5. Suspensiones concentradas espesantes.
- 3. Contribución de las interacciones entre partículas coloidales a la viscosidad.
  - 3.1. Fuerzas repulsivas.
  - 3.2. Fuerzas atractivas.
- 4. Propiedades viscoelásticas de suspensiones.
- 5. Interacción entre partículas en suspensión y moléculas de polímero disueltas.
- 6. Reología de emulsiones.
  - 6.1 Preparación de emulsiones.
  - 6.2. Viscosidad, viscoelasticidad lineal y no-lineal.
  - 6.3. Reología en emulsiones con elevada fracción de volumen de gotas.
- 7. Reología de espumas.
  - 7.1. Modelos de conformación de espumas.

Tema 6. Reología de polímeros. Aplicación en industria de lubricantes, biopolímeros, elastómeros y productos alimentarios (opcional). 2,5 horas

1. Introducción.
2. Comportamiento general.
3. Efecto de la temperatura sobre el comportamiento reológico de polímeros.
4. Efecto del peso molecular.
5. Efecto de la concentración sobre la reología de disoluciones de polímeros.
6. Geles poliméricos.
7. Cristales líquidos.
8. Teorías moleculares.
  - 8.1. Conceptos básicos.
  - 8.2. Modelos de esferas-muelles: modelos lineales de Rouse-Zimm.
  - 8.3. Modelos no-lineales de Giesekus-Bird.
  - 8.4. Modelos en red.
  - 8.5. Modelos de movimiento reptante.
9. Método de las variables reducidas.
10. Relaciones empíricas entre funciones reológicas.
11. Aplicaciones prácticas.
  - 11.1. Procesado de polímeros.
  - 11.2. Lubricantes multigrado.
  - 11.3. Extracción de petróleo.
  - 11.4. Adición de polímeros como espesantes en productos acuosos.

## PRÁCTICO

Seminarios / Trabajos monográficos (a título orientativo):

- Reología extensiométrica.
- Reología de emulsiones y suspensiones alimentarias.
- Reología de productos farmacéuticos y cosméticos: cremas, pomadas, geles.
- Reología de asfaltos, aceites, grasas, lubricantes multigrado.
- Hemorreología: propiedades reológicas de la sangre y derivados.
- Reología de derivados de la industria química: pinturas, tinta, papel, cerámicas, detergentes líquidos.
- Fluidos electrorreológicos y magnetorreológicos.



## Prácticas

- Se realizarán medidas con un reómetro de las propiedades de uno de los materiales elegidos para el trabajo final de curso:
- Medidas en estado estacionario: viscosidad y esfuerzo umbral.
- Medidas bajo esfuerzo de cizalla oscilante: módulos elástico y viscoso.
- Medidas en régimen transitorio: módulos de fluencia-recuperación.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Barnes, H. A., J. F. Hutton, K. Walters. An Introduction to Rheology. Elsevier. Amsterdam. 1989.
- Goodwin, J. W., R. W. Hughes. Rheology for Chemists. An Introduction. Royal Society for Chemistry. Cambridge. 2000.
- Larson, R. G. The Structure and Rheology of Complex Fluids. Oxford University Press. Nueva York. 1999.
- Macosko, C. W. Rheology. Principles, Measurements, and Applications. VCH. Nueva York. 1994.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Boger, D. V., K. Walters. Rheological Phenomena in Focus. Elsevier. Amsterdam. 1993.
- Dickinson, E. An Introduction to Food Colloids. Oxford University Press. Oxford. 1992.
- Huilgol, R. R., N. Phan-Thien. Fluid Mechanics of Viscoelasticity. Elsevier. Amsterdam. 1997.
- Hunter, R. J. Foundations of Colloid Science. Clarendon Press. Oxford. 1987.
- Owens, R., T. N. Phillips. Computational Rheology. Imperial College Press. Londres. 2002.
- Schramm, G. Introducción a la Viscosimetría Práctica. Gebrüder Haake GmbH. Kalsruhe. 1994.
- Schramm, G. A Practical Approach to Rheology and Rheometry. Gebrüder Haake GmbH. Kalsruhe. 1994.
- Steffe, J. F. Rheological methods in food process engineering. Freeman Press. East Lansing, MI (USA). 1996.

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 - Lección magistral/expositiva
- MD02 - Resolución de problemas y estudio de casos prácticos o visitas a industrias

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

- Se realizará en evaluación continua mediante:



1. Ejercicios y actividades en clase
  2. Trabajos monográficos dirigidos por los profesores
  3. Presentación escrita y oral de trabajos
  4. Presentación oral y escrita de informes de laboratorio.
- La calificación final responderá al siguiente baremo:
    - Ejercicios y actividades en clase: 20%.
    - Prácticas, elaboración de informes escritos: 20%
    - Examen: evaluación de presentaciones orales de breves trabajos monográficos al final de cada tema y de un trabajo final de curso sobre un material de interés industrial supervisados por los profesores: 60%

#### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

- La evaluación en convocatoria extraordinaria se basará en:
  - Examen teórico-práctico y/o trabajo monográfico: 100 %.

#### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

- La evaluación en convocatoria extraordinaria se basará en:
  - Examen teórico-práctico y/o trabajo monográfico: 100 %.

