



Asignatura: Termodinámica de los Procesos Industriales
Código: 19342
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Grado en Ingeniería Química
Curso Académico: 2016-2017
Tipo: Formación Obligatoria
Nº de créditos: 6 ECTS

ASIGNATURA / COURSE TITLE

Termodinámica de los Procesos Industriales / [Chemical Engineering Thermodynamics](#)

1.1. Código / Course number

19342

1.2. Materia / Content area

Energía y Mecánica de Fluidos (Módulo Común de la Rama Industrial)

1.3. Tipo / Course type

Formación obligatoria / [Compulsory subject](#)

1.4. Nivel / Course level

Grado / [Bachelor \(first cycle\)](#)

1.5. Curso / Year

2º / 2nd

1.6. Semestre / Semester

1º / 1st ([Fall semester](#))

1.7. Idioma / Language

Español. Se emplea también Inglés en material docente / [In addition to Spanish, English is also extensively used in teaching material](#)

1.8. Requisitos previos / Prerequisites

Conocimientos previos recomendados: Se recomienda tener conocimientos previos de Cálculo, Álgebra, Física y Química así como nociones sobre Ingeniería Química.

Asignaturas previas recomendadas: Se recomienda haber superado las asignaturas Matemáticas I, Matemáticas II, Física I y Física II, Química y Fundamentos de Ingeniería Química.



Asignatura: Termodinámica de los Procesos Industriales
Código: 19342
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Grado en Ingeniería Química
Curso Académico: 2016-2017
Tipo: Formación Obligatoria
Nº de créditos: 6 ECTS

1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / **Minimum attendance requirement**

La asistencia a las clases teóricas es muy recomendable. La asistencia a las clases prácticas en aula y prácticas con medios informáticos es obligatoria.

1.10. Datos del equipo docente / **Faculty data**

Docente(s) / **Lecturer(s)**: Noelia Alonso (coordinadora)
Departamento de / **Department of**: Química Física Aplicada
Facultad / **Faculty**: Ciencias
Despacho - Módulo / **Office - Module**:
Teléfono / **Phone**: +34 91 497 6717
Correo electrónico/**Email**: noelia.alonso@uam.es
Página web/**Website**: <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/ingquim/>
Horario de atención al alumnado/**Office hours**: Previa petición de hora.

El resto del profesorado implicado en la asignatura puede consultarse en la página web del título:

<http://www.uam.es/ss/Satellite/Ciencias/es/1242671470698/listadoCombo/Profesorado.htm>

1.11. Objetivos del curso / **Course objectives**

El objetivo de la asignatura es dotar a los estudiantes de una base firme de Termodinámica Técnica desde un punto de vista clásico que les permita su aplicación en asignaturas posteriores. Así, se desarrollarán los fundamentos termodinámicos de las operaciones de separación, las aplicaciones de los procesos con reacción química y termo-técnicas, pero sin entrar en los detalles de los desarrollos prácticos e industriales de las mismas. Esto último se desarrollará en las asignaturas Ingeniería Energética y Transmisión de Calor, Ingeniería de la Reacción Química y Operaciones de Separación entre otras. Se insistirá en la integración de los contenidos, revelando sistemáticamente la naturaleza del método termodinámico (naturaleza, alcance, limitaciones) a lo largo de todo el curso.

A través de la metodología docente empleada y las actividades formativas desarrolladas a lo largo del curso, se busca conseguir que el estudiante, al finalizar el mismo sea capaz de:

- Conocer los fundamentos y la estructura del método termodinámico clásico y aplicarlo a la evaluación y/o diseño de procesos de interés químico-industrial.
- Evaluar cuantitativamente los intercambios de energía en procesos, operaciones y dispositivos elementales propios de la industria química y



aplicarlo a sistemas/procesos complejos compuestos por varias operaciones, equipos, unidades, etc.

- Definir y evaluar los rendimientos energéticos y exergéticos de equipos, operaciones y/o procesos de la industria química y derivar de ellos conclusiones para la mejora y optimización de los mismos.
- Seleccionar los modelos termodinámicos adecuados para describir el estado de un componente puro o una mezcla para unas condiciones dadas y utilizar adecuadamente ecuaciones de estado, tablas, diagramas, nomogramas y herramientas computacionales para la evaluación termodinámica de estos sistemas en el diseño de operaciones y procesos de interés industrial
- Aplicar el método termodinámico clásico a la predicción de transformaciones espontáneas, su extensión y la distribución de productos en el equilibrio en procesos con cambio de fase y/o reacción química y derivar de ello información útil para la evaluación de operaciones y procesos de la industria química.
- Reconocer el alcance y las limitaciones del método termodinámico clásico en la evaluación y el diseño de procesos industriales.
- Desarrollar una actitud crítica y productiva en relación con el ahorro y uso racional de la energía en procesos de interés industrial, derivando el concepto de integración energética en base a los aspectos cuantitativos y cualitativos de la energía.

Estos resultados de aprendizaje contribuyen a la adquisición de las siguientes competencias del título:

CE7. Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

CB1. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

CB2. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CG4. Capacidad de 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 Industrial.

CT5. Reconocer la necesidad y tener la capacidad para desarrollar voluntariamente el aprendizaje continuo.



Asignatura: Termodinámica de los Procesos Industriales
Código: 19342
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Grado en Ingeniería Química
Curso Académico: 2016-2017
Tipo: Formación Obligatoria
Nº de créditos: 6 ECTS

1.12. Contenidos del programa / Course contents

Contenidos Teóricos y Prácticos

La asignatura introduce el método termodinámico clásico (incluyendo el método de los potenciales termodinámicos) aplicándolo a compuestos puros para posteriormente generalizar su aplicación a los sistemas de composición variable a través del concepto de potencial químico, que es utilizado en los procesos con cambios de fase y reacción química.

Temario

Tema 1. El método termodinámico clásico.

Objeto, estructura y alcance de la termodinámica. Evolución histórica y estructura del método termodinámico clásico. Propiedades termodinámicas, estados y procesos. Estado de equilibrio y proceso reversible. Primer principio de la termodinámica y conservación de la energía. Calor, trabajo y energía interna. Entalpía. Balances de energía en sistemas cerrados y abiertos: masa y volumen de control. Segundo principio de la termodinámica. Procesos espontáneos y no espontáneos. Entropía. Balances de entropía en sistemas cerrados y abiertos. Análisis energético de ciclos. Ciclos de potencia y refrigeración. Ciclo ideal de Carnot. Consecuencias prácticas del segundo PTD; energía disponible y no disponible. Ecuaciones termodinámicas fundamentales; método de los potenciales termodinámicos. Energía libre de Gibbs como potencial termodinámico. Concepto de Exergía. Cálculo de la exergía en los principales procesos termodinámicos. Fuentes de irreversibilidad en procesos reales.

Tema 2. Estudio termodinámico de compuestos puros.

Diagramas P-v-T de sustancias puras. El equilibrio de fases en compuestos puros. Diagramas de equilibrio. Condición termodinámica del cambio y el equilibrio de fases. Entalpías de los cambios de fase: Ecuaciones de Clapeyron y Clausius-Clapeyron. Evaluación de propiedades termodinámicas con tablas de vapor y nomogramas. Ecuación de estado de los gases ideales: límites de validez. Factor de compresibilidad. Fugacidad y coeficiente de fugacidad en gases. Ecuaciones de estado en sistemas reales. Ecuación de estado de Van der Waals. Ecuaciones de estado cúbicas. Ecuaciones de Lee-Kesler-Plocker y otras.

Tema 3. Estudio termodinámico de mezclas

Mezclas ideales y reales. Magnitudes molares y molares parciales. Propiedades de mezcla y exceso. Potencial químico de un componente en una mezcla. Estado de referencia. Fugacidad de un componente en una mezcla. Actividad y coeficientes de actividad. Determinación experimental de los coeficientes de actividad. Modelos termodinámicos para mezclas reales. Método de las funciones de exceso. Modelos termodinámicos de actividad.



Asignatura: Termodinámica de los Procesos Industriales
Código: 19342
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Grado en Ingeniería Química
Curso Académico: 2016-2017
Tipo: Formación Obligatoria
Nº de créditos: 6 ECTS

Tema 4. Procesos termodinámicos en mezclas sin reacción química. Equilibrios y cambios de fase.

Equilibrios y cambios de fases en sistemas bi-, tri- y multi-componentes. Equilibrios LG, LV, LL y SL. Estados de referencia. Diagramas de equilibrio. Leyes de Henry y Raoult. Solubilidad y miscibilidad. Puntos característicos de los diagramas de equilibrio: puntos de rocío y burbuja, azeótropos, eutécticos, etc. Los datos de equilibrio en la evaluación de los parámetros de modelos termodinámicos. Introducción a las operaciones de separación.

Tema 5. Termodinámica de los procesos con reacción química.

El calor en las reacciones químicas, Termoquímica. Ley de Hess. Entalpías de formación y reacción. El estado de referencia en los procesos con reacción química. Coordenada de reacción. Aplicación de criterios de equilibrio a reacciones químicas. Variación de la energía libre de Gibbs estándar y constante de equilibrio. Relación de las constantes de equilibrio con la composición y la presión. Dependencia con la temperatura. Diferentes formas de expresar la constante de equilibrio. Conversiones de equilibrio para reacciones únicas en una o varias fases. Regla de las fases para sistemas con transformaciones químicas. Equilibrios en reacciones múltiples.

Tema 6. Análisis termodinámico de procesos industriales del aire.

Conceptos básicos y definiciones de psicrometría. Propiedades termodinámicas aplicadas a psicrometría. Diagrama psicrométrico. Ejemplos de procesos psicrométricos. Licuefacción de gases. Diagrama de Hausen para el aire.

1.13. Referencias de consulta / **Course bibliography**

Referencias básicas:

- Moran, M.J., Shapiro, H. N. Fundamentos de Termodinámica Técnica. 2005. Editorial Reverté. 2ª ed.
- Koretsky, Milo D. Engineering and chemical thermodynamics. 2004. Editorial John Wiley & Sons. 1ª ed.

Libros de consulta:

- Smith, J.M., Van Ness, H.C y Abbott, M.M. 2007. "Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química", Mc Graw-Hill, 7ª ed.
- Prausnitz, J.M.; Lichtenhaler, R.N. and Gomes de Acevedo, E. 2000. "Termodinámica molecular de los equilibrios de fases". Prentice-Hall, Inc. 3ª ed.
- Poling, B.E., Prausnitz, J.M. and. O'Connell, J.P. 2001. "The Properties of Gases and Liquids". McGraw Hil. 5ª ed.
- Levenspiel, O., "Understanding engineering thermo". Prentice-Hall PTR, NJ.1996 Traducido al castellano: "Fundamentos de Termodinámica". Prentice-Hall. 1997.



Asignatura: Termodinámica de los Procesos Industriales
Código: 19342
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Grado en Ingeniería Química
Curso Académico: 2016-2017
Tipo: Formación Obligatoria
Nº de créditos: 6 ECTS

2. Métodos docentes / Teaching methodology

Actividades formativas y dinámica docente:

- Clases magistrales: consistirán de forma prioritaria en lecciones magistrales en las que se expondrá de forma ordenada y sistemática el temario de la asignatura y se resolverán de forma detallada problemas seleccionados que ejemplifiquen la puesta en práctica de los contenidos teóricos, cuyos enunciados estarán a disposición del alumnado con la suficiente antelación. Se utilizarán de manera habitual materiales multimedia que estarán a disposición de los alumnos en la página virtual de la asignatura. De esta actividad deriva un trabajo personal del estudiante que se estima en 1-3h por cada hora de clase.
- Clases prácticas en aula: Las clases se dedicarán a la resolución y discusión de ejercicios y supuestos prácticos organizados en torno a casos de interés práctico-industrial. Estas clases tienen como objetivo la participación activa del alumnado, tanto en la reflexión y trabajo previo a la clase, como en la discusión en el aula.
- Prácticas con medios informáticos: Las prácticas se dedicarán a abordar el estudio, mediante paquetes informáticos y programas de simulación (Aspen Plus y Aspen HYSYS), de casos de interés práctico-industrial cuya complejidad excede a lo abordable en ejercicios de aula. El objetivo de estas clases es que el estudiante aprenda a analizar y derivar información útil para la evaluación de operaciones y procesos de la industria química reconociendo el alcance y las limitaciones del método termodinámico clásico en la evaluación y el diseño de procesos
- Tutorías: Se realizarán de forma individual o en grupos reducidos. En ellas, el profesor hará un seguimiento del proceso de aprendizaje y se resolverán las dudas de los alumnos orientándolos sobre los métodos de trabajo más útiles para alcanzar los resultados de aprendizaje previstos.



3. Tiempo de trabajo del estudiante / Student workload

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases magistrales	48 h (32,0%)	71 horas (47,4%)
	Clases prácticas en aula	5 h (3,3%)	
	Prácticas con medios informáticos	6 h (4%)	
	Tutorías programadas	2h (1,4%)	
	Actividades de evaluación	10 h (6,7%)	
No presencial	Estudio de teoría, ejemplos y resolución de problemas	50 h (33,3%)	79 horas (52,6%)
	Preparación de clases prácticas en aula	5 h (3,3%)	
	Preparación de prácticas con medios informáticos	6 h (4%)	
	Preparación de exámenes	18 h (12%)	
Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS		150 h	

4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / Evaluation procedures and weight of components in the final grade

Los resultados de aprendizaje serán evaluados a lo largo del curso mediante diferentes métodos de evaluación, cuya contribución a la calificación final será la siguiente:

Sistema de Evaluación	Convocatoria Ordinaria	Convocatoria Extraordinaria
Clases Prácticas en aula	15%	15%
Prácticas con medios informáticos	15%	15%
Exámenes final	70%	70%

Clases prácticas en aula: La propuesta de trabajo estará a disposición de los alumnos con suficiente antelación. Los estudiantes trabajarán en grupos entregando por escrito la tarea propuesta, que se resolverá, discutirá o ampliará en clase. Se evaluará tanto el trabajo realizado por el estudiante con anterioridad a la clase como la participación activa en la misma. En esta actividad se evaluarán fundamentalmente los resultados de aprendizaje relacionados con la aplicación de



Asignatura: Termodinámica de los Procesos Industriales
Código: 19342
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Grado en Ingeniería Química
Curso Académico: 2016-2017
Tipo: Formación Obligatoria
Nº de créditos: 6 ECTS

los contenidos teóricos a la resolución de problemas abiertos, el razonamiento crítico y la capacidad de argumentación (competencias CG4 y CT5).

Prácticas con medios informáticos: La propuesta de trabajo estará a disposición de los alumnos con suficiente antelación. Los estudiantes trabajarán en grupos. Con posterioridad a la realización de las prácticas en aula los alumnos cumplimentarán utilizando la plataforma Moodle un cuestionario con preguntas seleccionadas entre las incluidas en la propuesta de trabajo. En esta actividad se evaluarán fundamentalmente los resultados de aprendizaje relacionados con la aplicación de los contenidos teóricos a la capacidad de análisis, el razonamiento crítico, la valoración de alternativas técnicas y la toma de decisiones (competencias CG4, y CT5)

Examen final: se realizará un examen a la finalización del semestre, en la fecha aprobada por la Junta de Facultad y publicada en el horario. En esta prueba se evaluarán los resultados de aprendizaje relacionados con la asimilación de contenidos teóricos y su aplicación a la resolución de problemas concretos, fundamentalmente relacionados con las competencias CB1, CB2 y CE7

En la convocatoria extraordinaria se mantendrá la puntuación obtenida en las clases prácticas y prácticas con medios informáticos realizados durante el curso.

El estudiante que haya participado en conjunto, en menos de un 10% de las actividades prácticas (clases prácticas en aula y prácticas con medios informáticos) y de la evaluación frecuente (entrega de problemas e informes) será calificado en la convocatoria ordinaria como "No Evaluado".

5. Cronograma* / Course calendar

Semana	Tema
1	1
2	1 y 2
3	2
4	2 y 3
5	3
6	4
7	4
8	4
9	4 y 5
10	5 y 6
11	6

*Este cronograma tiene carácter orientativo