



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

55001013 - Termodinamica

PLAN DE ESTUDIOS

05IQ - Grado En Ingeniería Química

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	15
9. Otra información.....	16

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	55001013 - Termodinamica
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Tercer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05IQ - Grado en Ingeniería Química
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
M. Celina Gonzalez Fernandez	T3	celina.gonzalez@upm.es	Sin horario. Cita previa
Jose Luis Rapun Jimenez	T4	jl.rapun@upm.es	Sin horario. Cita previa
Rafael Nieto Carlier	T1	rafael.nieto@upm.es	Sin horario. Cita previa

Angel Jimenez Alvaro	T5	a.jimenez@upm.es	Sin horario. Cita previa
Ignacio Lopez Paniagua	T2	ignacio.lopez@upm.es	Sin horario. Cita previa
Fernando Herrero Acebes	T4	fernando.herrero@upm.es	Sin horario. Cita previa
Susana Sanchez Orgaz (Coordinador/a)	T6	susana.sanchez.orgaz@upm .es	Sin horario. Cita previa
Javier Rodriguez Martin	T6	javier.rodriguez.martin@upm .es	Sin horario. Cita previa

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Fisica General I
- Calculo I
- Calculo Ii

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Manejo de derivadas parciales

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE 7 - Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería

CG 1 - Conocer y aplicar los conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industria

CG 2 - Poseer la capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos industriales, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas

CG 4 - Comprender el impacto de la ingeniería en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable

CG 5 - Comunicar conocimientos y conclusiones, tanto de forma oral como escrita, a públicos especializados y no especializados de modo claro y sin ambigüedades

4.2. Resultados del aprendizaje

RA127 - Aplicar los Principios de la Termodinámica Clásica en sistemas cerrados.

RA128 - Formular relaciones diferenciales entre variables termodinámicas.

RA130 - Resolver problemas de equilibrio polifásicos en sistemas de un componente

RA239 - Aplicación de los Principios Termodinámicos a sistemas abiertos

RA129 - Determinar propiedades termodinámicas de componentes puros

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura Termodinámica presenta los Principios Cero, Primero y Segundo y su aplicación en sistemas y procesos de utilidad en el ámbito industrial.

Hace uso para ello de las variables de estado introducidas por las Leyes ya citadas, como son la entalpía la entropía y la exergía.

Ademas se aborda la determinación de cualquier propiedad termodinámica de sustancias puras en sistemas homogéneos o heterogéneos.

5.2. Temario de la asignatura

1. Principios de la Termodinámica en sistemas cerrados
 - 1.1. Conceptos básicos
 - 1.2. Principios Cero, Primero y Segundo
 - 1.3. Exergía, potenciales, coeficientes y relaciones derivadas parciales
2. Propiedades termodinámicas de sustancias puras
 - 2.1. Equilibrio y estabilidad de sistemas termodinámicos
 - 2.2. Sistemas heterogéneos y ecuaciones de estado
 - 2.3. Fugacidad
3. Principios de la Termodinámica en sistemas abiertos
 - 3.1. Balances de masa, energía, entropía y exergía
 - 3.2. Procesos estacionarios
 - 3.3. Procesos no estacionarios

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Conceptos básico. Principio Cero. Temperatura Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Trabajo. Primer Principio en sistemas cerrados. Postulados del Segundo Principio. Ejercicios Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Balance de entropía en sistemas cerrados. Generación entrópica externa. Exergía Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Problemas. Ecuación de Gibbs. Coeficientes térmicos y calóricos Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	Gas ideal. Procesos en gases ideales Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Gases reales. Relaciones entre derivadas parciales Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
7	Problemas de gases reales Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
8	Problemas de gases reales. Equilibrio y estabilidad Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
9	Superficie PvT de una sustancia pura. Transiciones de fase. Ecuaciones de estado Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Primera prueba de evaluación continua. Sistemas cerrados homogéneos. EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:30
10	Sistemas heterogéneos. Fugacidad Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas			

11	Balances en sistemas abiertos. Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas			
12	Exergía de flujo. Procesos de derrame Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas			
13	Procesos con trabajo. Procesos no-estacionarios Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas			
14	Problemas de sistemas abiertos Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
15				
16				Segunda prueba de evaluación continua. Sistemas cerrados heterogéneos, fugacidad y sistemas abiertos. EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:30
17				Examen escrito EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Primera prueba de evaluación continua. Sistemas cerrados homogéneos.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	50%	3 / 10	CG 1 CG 2 CG 4
16	Segunda prueba de evaluación continua. Sistemas cerrados heterogéneos, fugacidad y sistemas abiertos.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	50%	3 / 10	CG 2 CG 5 CE 7

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen escrito	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG 1 CG 2 CG 4 CG 5 CE 7

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen escrito	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG 1 CG 2 CG 4 CG 5 CE 7

7.2. Criterios de evaluación

1. Normas generales de las pruebas de evaluación

- En todas las pruebas, se recuerda que el alumno tiene obligación de acudir provisto del material necesario, incluyendo las tablas y el diagrama de Mollier (indicados en el curso), y calculadora, así como de un documento legal (DNI, carnet de la Escuela, etc) que permita identificarlo.
- Los teléfonos móviles deberán estar **apagados y guardados**, nunca encima de la mesa.

2. Realización de los exámenes escritos convencionales.

Los **exámenes escritos convencional** (tanto en convocatoria ordinaria como en extraordinaria) constarán de dos ejercicios.

- Un ejercicio constará de un problema de aplicación y el otro ejercicio tendrá cuatro cuestiones de temas diferentes para englobar la mayor parte de la asignatura. La puntuación y tiempo de cada ejercicio se indicarán en la hoja del enunciado.
- Igualmente, en la hoja del enunciado se indicarán las fechas previstas de publicación de notas y de revisión del examen. En la medida de lo posible, se intentará respetar dichas fechas.
- Durante la realización del examen no se podrá tener encima de la mesa más material que el que se indique, que será habitualmente: bolígrafo(s); calculadora; tablas; carnet; hoja de examen. Tampoco se podrán tener móviles encendidos, ni siquiera guardados. No está permitido comunicarse con nadie durante el examen salvo con los profesores y personal de apoyo. El incumplimiento de cualquiera de estas normas implicará la expulsión del examen y la puntuación de 0 en el mismo.
- El alumno no podrá irse del examen sin entregar los dos ejercicios, aunque sea en blanco. Si algún alumno quiere abandonar el examen antes de que haya empezado el segundo ejercicio, deberá indicarlo a los profesores para que tomen nota de que abandona el examen. Se recuerda que además, según normativa UPM, tampoco puede abandonarse un examen hasta pasados **20 min**.
- Cualquier pregunta sobre los enunciados se hará por escrito. Si es de interés, se contestará en voz alta para todos los alumnos, y si no, no se contestará.
- Finalizado el tiempo de cada ejercicio, se avisará. El alumno deberá entregar inmediatamente su examen cuando se le solicite

3. Realización de los exámenes tipo test

Cada una de las dos Pruebas de Evaluación Distribuida (PED) consistirá en un examen tipo test que constará de seis ejercicios, aleatoriamente escogidos de la base de datos, acerca de los temas indicados en la descripción de la prueba. Cada PEC tendrá una duración de 1 h 30 min

- El alumno deberá ir provisto de calculadora, lápiz blando o bolígrafo negro para escribir y goma o tipex para borrar. Se suministrará a los alumnos una hoja de examen y dos de borrador; solo deberá entregarse la hoja del examen.
- Los alumnos deberán entrar al aula cuando los profesores se lo indiquen y tomar lugar sin volver las hojas de enunciado hasta que se les diga.
- Una vez empezado el examen, lo primero que deberán hacer es rellenar el nombre y número de matrícula. No se admitirá ninguna reclamación sobre exámenes a los que les falten dichos datos.
- En las respuestas numéricas, cada fila es una cifra, con las opciones de 0 a 9. Deberán de rellenarse totalmente los cuadrados que corresponda, dejándolos lo más negro posible; siempre deberá rellenarse una y solo una casilla por cada fila, completando en su caso con ceros tanto a la izquierda (primeras filas) como a la derecha de la coma (últimas filas); si no está escrita explícitamente la coma decimal, la fila de más abajo será la de las unidades; si hay casilla para signo, deberá marcarse siempre la que corresponda (aunque sea +).
- Si se comete un error, se borrará procurando dejar lo más blanco posible el espacio erróneamente marcado (puede taparse el cuadrado impreso sin problema).
- Cuando los profesores avisen de que se ha acabado el tiempo del examen, los alumnos dejarán de escribir inmediatamente y entregarán enseguida su hoja de examen al personal del departamento que pase a recogerlas. De no hacerlo así, no se recogerá su examen.
- La publicación de las notas de las pruebas de evaluación continua se hará en el plazo más breve posible, que será típicamente al día siguiente de la prueba. Igualmente, se comunicará el plazo y procedimiento para pedir revisiones.

No se admitirá ninguna reclamación por problemas debidos al incumplimiento de estas normas por parte del alumno.

4. Criterios generales de evaluación en todas las pruebas

En la evaluación de todas las pruebas no se podrá tener en cuenta más información que la entregada por el alumno en la prueba; están explícitamente descartados borradores u otras hojas que pueda presentar el alumno con posterioridad a que se haya recogido el examen.

Unidades. Es obligación del alumno saber manejar las unidades del Sistema Internacional. Además, se recuerdan

las siguientes conversiones, cuyo conocimiento es obligatorio:

$$1 \text{ l} = 0,001 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atmósfera} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 101\,325 \text{ Pa}$$

$$t \text{ (}^\circ\text{C)} = T \text{ (K)} - 273,15$$

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

En caso de que pueda determinarse que un resultado es erróneo por un mal manejo de unidades, dicho error será

considerado grave y la puntuación obtenida en el apartado correspondiente se perderá completamente.

Valores de las constantes físicas. Dado que el valor exacto de la constante R tiene muchos decimales, se tomará en todos los exámenes como valor correcto 8,314 J/mol K; los resultados obtenidos con dicho valor se considerarán como exactos. Respecto a otras constantes, como la constante de Boltzmann o el número de Avogadro, se darán los valores que deban tomarse en el propio enunciado cuando sea necesario. Cualquier imprecisión debida a no utilizar estos valores, sino otras aproximaciones, será considerada como error numérico del alumno, con las consecuencias que se deriven según el tipo de examen y el error resultante en el resultado final.

5. Criterios específicos en la evaluación de los exámenes tipo tradicional

Toda fórmula que se utilice debe estar demostrada, partiendo de:

- las definiciones de las funciones, de los procesos (politrópico, etc.) y de los modelos (gas ideal, mezcla ideal) que se empleen
- los balances de masa, cantidad de sustancia, energía, entropía, exergía y de ímpetu como energía
- las ecuaciones de Gibbs.

Quedan exceptuadas lógicamente las fórmulas que provienen de Mecánica o Matemáticas, tales como la expresión de la energía cinética o la aplicación del teorema de Euler sobre funciones homogéneas.

No se tendrán en cuenta en la evaluación fórmulas que no estén demostradas, ni siquiera las que estén demostradas en el libro de la asignatura, ya que la finalidad de la enseñanza no es la memorización por parte del alumno de innumerables fórmulas, sino el saber razonar a partir de unos conocimientos fundamentales.

Los errores de concepto serán considerados muy graves y anularán totalmente la puntuación de la parte del ejercicio en que se cometan.

Se considerarán también errores de concepto todos aquellos resultados numéricos manifiestamente absurdos o

que contradigan la Termodinámica, sea cual sea su causa. Por citar algunos ejemplos: generaciones entrópicas negativas, destrucciones exergéticas negativas, temperaturas absolutas negativas, aplicación del modelo de gas ideal a algo a lo que no sea aplicable. También serán considerados errores de concepto los errores en las dimensiones, tanto en las fórmulas como en las unidades.

Cuando un resultado dependa de un dato cuyo valor numérico no se dé, sino que solo se dé de forma literal, el resultado lógicamente será literal, en función de dicho dato. Todos los resultados cuyo valor numérico no dependa de algún dato cuyo valor numérico no se haya dado, deberán ser numéricos. La falta del resultado numérico, incluso con la fórmula necesaria demostrada, implicará una fuerte reducción de la nota adjudicada al resultado, cuya cuantía decidirá el profesor en función del ejercicio en concreto, pero que será al menos equivalente a la de un resultado numérico muy alejado del real.

6. Criterios específicos en la evaluación de los exámenes tipo test

En la evaluación de las pruebas tipo test solo se considerará el resultado escrito en la hoja; cualquier posible error de transcripción será responsabilidad del alumno y se evaluará con lo estrictamente escrito en la hoja.

Las preguntas podrán tener cada una su propio rango de error admitido (absoluto y/o relativo), decidido por los profesores en función del tipo y características de la pregunta. Para obtener el resultado correcto, debe tenerse en cuenta lo dicho antes en los criterios generales. El valor exacto se redondeará en todo caso al número de decimales que indique la pregunta. Cuando la diferencia entre el valor exacto y el dado por el alumno supere el máximo permitido en su caso, se considerará errónea la respuesta.

Como indicaciones para el alumno, deben evitarse operaciones intermedias cuando no son necesarias. Si son

imprescindibles, debe tenerse cuidado con los redondeos de dichos valores intermedios; como el alumno debe saber por matemáticas elementales, deberá tomarse siempre un número de cifras significativas igual o mayor que el número de cifras significativas que pueda tener el resultado (dado por el número de cifras en el cajetín de la respuesta) más uno. Por ejemplo, si se pide un resultado sin decimales y hay cinco filas en el cajetín de respuesta, deberán usarse al menos 6 cifras significativas en los resultados intermedios.

Por su naturaleza, al haber prácticamente infinitas combinaciones posibles, es imposible publicar la solución de los exámenes tipo test. No obstante, se le enviará, al alumno que lo solicite, la solución particular de su examen. La revisión de los exámenes tipo test consistirá en el envío de dicha solución a los alumnos que la soliciten al profesor de su grupo, y las posteriores explicaciones en tutorías con el mismo. En caso de detectarse cualquier anomalía en la corrección, los profesores de la asignatura la valorarán y, si procede, corregirán las notas de todos

los alumnos afectados.

7. Evaluación de la asignatura

En el procedimiento establecido por defecto, la Evaluación de la asignatura se llevará a cabo mediante un Examen Final (EF) escrito, tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria.

La nota del examen final será la suma de las notas de los dos ejercicios del examen con un decimal.

Independientemente de lo anterior, y para facilitar el sistema de Evaluación a aquellos alumnos que alcancen un

buen rendimiento académico de forma continuada a lo largo de todo el curso, se establecerá un mecanismo de dos Pruebas de Evaluación Distribuida que los alumnos podrán realizar en caso de que lo deseen. Recibirán una exención de realizar el EF aquellos alumnos que satisfagan simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- La calificación de ambas PEDs sea superior a 3/10.
- La nota media de las actividades de Evaluación Distribuida, calculada mediante $NPED = (NPED1 + NPED2) / 2$ sea igual o superior a 5/10, donde NPED1 y NPED2 representan las notas sobre 10 de cada una de las dos PEDs. La no concurrencia a alguna de las dos pruebas implica un resultado nulo en la misma.

Nótese que por la primera condición, si un(a) alumno/a no se presenta a alguna de las dos PEDs, no podrá obtener la exención del examen final (incluso aunque se haya obtenido un 10 en la otra PED).

Los alumnos que no satisfagan los requisitos anteriores, serán evaluados por el procedimiento por defecto (EF solamente).

Los alumnos que hayan satisfecho las condiciones para la exención del EF, podrá presentarse al EF si lo desean.

En este caso serán evaluados por el procedimiento por defecto, y calificados en Acta mediante la nota del EF. En caso contrario, es decir, si habiendo cumplido ambas condiciones de exención el/la alumno/a no se presenta al EF, la calificación de la asignatura en el Acta será la recogida en la siguiente tabla:

NPED redondeada a un decima	ACTA
5	5,5
5,8	6,3
6,7	7,3
7,5	8,2
8,3	9

9,2	9,7
10	10

En caso de que, por algún motivo derivado de alguna situación excepcional se produzca alguna NPED no contemplada en esta tabla, se procederá mediante interpolación lineal, en todo caso redondeando el resultado numérico a un decimal.

Según normativa de evaluación de la UPM, todos los alumnos que hayan realizado alguna prueba evaluable (EF, PEDs o PL en esta asignatura) figurarán como presentados en el Acta en la convocatoria correspondiente. De entre éstos, los alumnos que no se presenten las PL y los que, no habiendo alcanzado los requisitos de aprobado mediante las PEDs, no se presenten al EF, obtendrán una calificación de "0,0" en el Acta. Sólo los alumnos que no hayan realizado ninguna prueba evaluable en la convocatoria figurarán en el Acta como "No Presentado"

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Cuestiones de Termodinámica. Ed Síntesis	Bibliografía	Colección de cuestiones que ayudan a la comprensión de la asignatura
Problemas de Termodinámica. ISBN 84-7484-081-3	Bibliografía	Colección de problemas de la asignatura

Termodinámica para Ingenieros Químicos. ISBN:978-84-16397-16-7	Bibliografía	Libro con todos los contenidos teóricos de la asignatura
Exámenes de Termodinámica. ISBN 978-84-15302-37-7	Bibliografía	Exámenes comentados de la asignatura
Tablas de Termodinámica (Edición 2019)	Bibliografía	Tablas de datos
Diagrama de Mollier	Otros	Diagrama h-s del agua

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Debe tenerse en cuenta que las fechas de los ejercicios de evaluación continua son meramente orientativas; las fechas reales serán las que se publiquen en el Proyecto de Organización Docente de la ETSII.

Se recuerda a los alumnos la conveniencia de haberse leído los temas que se van a explicar ANTES de la clase; pueden encontrarse con bastante aproximación en el cronograma. El cronograma también es meramente orientativo. El profesor adaptará el ritmo y el momento de realizar los problemas según las necesidades del grupo. El alumno no debe estudiar para los exámenes o pruebas de evaluación, sino para entender los conceptos a medida que se exponen durante el curso. Por tanto, las actividades de evaluación no deberían generar ninguna punta de trabajo para el alumno, salvo por las dos horas adicionales, dedicadas al examen, en esta asignatura. Se estima que por cada hora de clase el alumno debería dedicar aproximadamente hora y media al estudio personal, que tendría el mismo reparto temporal prácticamente que las clases, es decir una carga de unas 8 horas semanales de trabajo durante todo el semestre, de forma uniforme.

Tribunal de evaluación: se propone que esté formado, para todas las pruebas de evaluación de este curso, por los profesores:

Rafael Nieto Carlier

Celina González Fernández

Susana Sánchez Orgaz

Como miembro suplente, se propone al profesor Ignacio López Paniagua