



Guía Docente.

Escenarios 1, 2 y 3 :

INGENIERÍA QUÍMICA



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2021-2022



ESCENARIO 1. PRESENCIAL

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	Ingeniería Química
NÚMERO DE CRÉDITOS:	9
CARÁCTER:	Obligatoria
MATERIA:	Complementos fundamentales de Química
MÓDULO:	Fundamental
TITULACIÓN:	Grado en Química
SEMESTRE/CUATRIMESTRE:	Segundo (segundo curso)
DEPARTAMENTO/S:	Ingeniería Química y de Materiales

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

Coordinador de la asignatura	Profesor: MARÍA ISABEL GUIJARRO GIL Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-B70 e-mail: migg@quim.ucm.es
-------------------------------------	---

Grupo A

Teoría Seminario Tutoría	Profesora: MERCEDES MARTÍNEZ RODRÍGUEZ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QAB 58A e-mail: mmr1@quim.ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: ABDERRAHIM BOUAID Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-B71 e-mail: abderra@quim.ucm.es

Grupo B

Teoría Seminario Tutoría	Profesor: Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: e-mail:
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: e-mail:

Grupo C



Teoría Seminario Tutoría	Profesora: Departamento: Despacho: e-mail:	ELENA DE LA FUENTE GONZÁLEZ Ingeniería Química y de Materiales QB501 helenafg@quim.ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesora: Departamento: Despacho: e-mail:	CONCEPCIÓN MONTE LARA Ingeniería Química y de Materiales QB501 cmonte@quim.ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: Departamento: Despacho: e-mail:	ANA BALEA MARTIN Ingeniería Química y de Materiales QB501 anabalea@ucm.es
Grupo D		
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: Departamento: Despacho: e-mail:	SANTIAGO TORRECILLA VELASCO Ingeniería Química y de Materiales QB532 jstorre@quim.ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: Departamento: Despacho: e-mail:	ANTONIO TIJERO CRUZ Ingeniería Química y de Materiales QB501 atijero@quim.ucm.es
Grupo E		
Teoría Seminario Tutoría	Profesora: Departamento: Despacho: e-mail:	DAVID LORENZO FERNÁNDEZ Ingeniería Química y de Materiales QAB-60 dlorenzo@ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: Departamento: Despacho: e-mail:	VICTORIA RIGUAL HERNÁNDEZ Ingeniería Química y de Materiales QB-536 vicrigua@ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: Departamento: Despacho: e-mail:	MARÍA MARTÍN MARTÍNEZ Ingeniería Química y de Materiales QA-145 mariam74@ucm.es
Grupo F		
Teoría Seminario Tutoría	Profesora: Departamento: Despacho: e-mail:	MARÍA ISABEL GUIJARRO GIL Ingeniería Química y de Materiales QA-B70 migg@quim.ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: Departamento: Despacho: e-mail:	PEDRO YUSTOS CUESTA Ingeniería Química y de Materiales QP-109 pyustosc@quim.ucm.es



II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

Proporcionar a los estudiantes una base de conocimientos de las distintas áreas que componen la Ingeniería Química (operaciones básicas, ingeniería de la reacción química e ingeniería de procesos) que les permita entender las principales operaciones y los fundamentos de los equipos que hacen funcionar una instalación químico-industrial. Generar en los alumnos la capacidad de valorar la importancia de la Química en el contexto industrial y medioambiental.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los principales hitos de la evolución de la industria química, así como su situación actual en el mundo, en Europa y en España.
- Comprender las vías de aprovechamiento clásicas de la industria química, las formas de operar y sus objetivos, así como entender que es una materia prima y sus características más importantes.
- Aprender los conceptos básicos subyacentes en los balances de materia y energía, así como los aspectos prácticos que permiten la resolución de problemas basados en la ley de conservación de materia y energía.
- Ser capaz de plantear y resolver problemas de balance de materia en estado estacionario, tanto de unidades aisladas como de varias unidades de proceso conectadas entre sí.
- Entender el concepto de operación unitaria, así como conocer las principales operaciones básicas y los equipos en los que se llevan a cabo.
- Comprender la naturaleza de los fenómenos de transporte, así como su relación con las operaciones unitarias. Conocer los distintos fenómenos de transporte y sus mecanismos.
- Conocer el objetivo de la fluidodinámica, el concepto de fluido y de flujo y sus tipos y aplicar correctamente la ecuación de Bernoulli o de la conservación de la energía mecánica en fluidos incompresibles.
- Conocer los elementos principales que constituyen una red de tuberías: bombas, medidores de caudal, tuberías y válvulas.
- Comprender los diversos mecanismos de transmisión de calor y resolver problemas sencillos relacionados con la conducción y la convección.
- Entender la ecuación de diseño de intercambiadores de tubos concéntricos y su diferencia con las de los intercambiadores industriales de carcasa y tubo y de placas. Resolver problemas de intercambiadores de calor y de evaporadores orientados al cálculo del área de intercambio.
- Conocer las principales operaciones basadas en el intercambio de cantidad de movimiento: sedimentación, centrifugación, filtración y agitación. Entender el objeto de cada operación y su fundamento, así como conocer los equipos en los que se opera y las diferencias entre ellos.
- Conocer los fundamentos y aplicaciones de la destilación por etapas, así como los equipos en los que se lleva a cabo. Entender y aplicar el método de McCabe-Thiele para diseñar columnas de rectificación simples, así como los principales parámetros de diseño de este tipo de equipos.



- Entender el objeto de la Ingeniería de la Reacción Química, así como sus herramientas principales para estudiar sistemas en reacción.
- Comprender las diferencias entre sistemas homogéneos y heterogéneos donde se dan reacciones químicas. Conocer, a partir de las ecuaciones de velocidad, la evolución temporal de los compuestos en sistemas homogéneos con reacciones elementales y con redes de reacciones simples: reacciones en equilibrio, conectadas en paralelo y conectadas en serie.
- Aplicar estos conceptos en la resolución de una serie de problemas tipo orientados a la aplicación de los métodos diferencial e integral para el estudio de la cinética del sistema en reacción.
- Comprender y conocer la importancia y los conceptos fundamentales de las reacciones catalizadas por sólidos: importancia de los fenómenos de transporte asociados, modelos cinéticos más representativos y aplicaciones más relevantes.
- Conocer las diferencias y semejanzas de los distintos tipos de reactores ideales, así como saber diseñar reactores ideales isotermos.
- Entender la diferencia entre los reactores homogéneos y heterogéneos, así como conocer la importancia de estos últimos en la Industria Química.
- Conocer los procesos y materias primas para la fabricación del amoníaco.
- Conocer los procesos y materias primas para la fabricación del ácido sulfúrico.
- Conocer las vías de aprovechamiento del crudo de petróleo y del gas natural.
- Aprender las medidas para el control y corrección de la contaminación.

III.- CONOCIMIENTOS Y REQUISITOS PREVIOS

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Nomenclatura y formulación química inorgánica y orgánica. Estequiometría. Conversión de unidades. Termodinámica. Conocimientos básicos de química inorgánica y orgánica. Conceptos básicos de cinética química.

■ RECOMENDACIONES:

Haber superado las asignaturas *Química General* y *Matemáticas* pertenecientes al grupo de Materias Básicas.

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Conceptos generales: operaciones continuas y discontinuas. Diagramas de flujo. Balances de materia y energía. Procesos químicos de interés industrial. Energía y medio ambiente. Operaciones básicas. Flujo de fluidos. Transmisión de calor. Transferencia de materia. Operaciones de separación. Ingeniería de la reacción química. Cinética química aplicada. Reactores químicos.

**■ PROGRAMA:****BLOQUE 1 INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES****Tema 1: La industria química y la ingeniería química**

Desarrollo histórico de los procesos químicos y de la industria química en España. Estructura de la industria química. Aprovechamiento de materias primas de naturaleza inorgánica y orgánica. Productos y aplicaciones.

Tema 2: Conceptos básicos en ingeniería química

Estequiometría (concepto de mol, reactivo en defecto, conversión, rendimiento, selectividad, composición de corrientes). Estudio de las principales variables en un proceso químico y sus cambios de unidades.

Tema 3: Conceptos de operación y transporte de propiedad

Operaciones continuas y discontinuas. Régimen estacionario y no estacionario. Tipos de contacto entre las fases. Fundamento y clasificación de operaciones. Transportes molecular y turbulento. Ecuaciones básicas de transporte. Coeficientes de transporte.

BLOQUE 2 BALANCES MACROSCÓPICOS DE MATERIA**Tema 4: Balances macroscópicos de magnitudes extensivas**

Ecuación general de conservación. Balances de materia y balances entálpicos. Resolución de casos prácticos de balances de materia.

BLOQUE 3 FLUJO DE FLUIDOS**Tema 5: Flujo de fluidos**

Definiciones y clasificación. Régimen laminar y turbulento. Transporte de fluidos por conducciones. Ecuación de Bernoulli. Bombas, medidores de caudal y otros accidentes de flujo en tuberías. Operaciones basadas en el flujo de fluidos: agitación, filtración, sedimentación y centrifugación.

BLOQUE 4 TRANSMISIÓN DE CALOR**Tema 6: Transmisión de calor**

Mecanismos: conducción, convección y radiación. Ecuaciones básicas de transporte. Cambiadores de calor. Evaporación.

BLOQUE 5 TRANSFERENCIA DE MATERIA**Tema 7: Transferencia de materia**

Difusión y convección. Ecuaciones básicas de transporte. Operaciones de separación basadas en la transferencia de materia: destilación simple y rectificación.

BLOQUE 6 INGENIERÍA DE LA REACCIÓN Y REACTORES**Tema 8: La ingeniería de la reacción química**

Clasificación de las reacciones químicas. Modelos cinéticos: esquemas de reacción y velocidad de reacción. Reacciones homogéneas y simples: determinación de modelos cinéticos. Reacciones heterogéneas catalíticas: catalizadores sólidos y fenomenología.

**Tema 9: Reactores químicos**

Clasificación: número de fases, tipo de operación y grado de mezcla. Reactores ideales para reacciones homogéneas: reactor discontinuo y reactor continuo. Reactores heterogéneos: descripción y aplicaciones.

BLOQUE 7 QUÍMICA INDUSTRIAL**Tema 10: El amoníaco como producto principal de la Industria Química Inorgánica**

Procesos y materias primas para la fabricación del amoníaco. Aplicaciones del amoníaco.

Tema 11: Fabricación del ácido sulfúrico

Materias primas y procesos. Los sulfuros metálicos como materia prima químico-industrial. Composición y características. Tostación de la pirita.

Tema 12: Aprovechamiento del crudo de petróleo y del gas natural

Origen, composición y caracterización. Tratamiento del crudo y sus fracciones. Productos de la refinería. Industria petroquímica de base. Industrias derivadas.

Tema 13: La industria química y el medio ambiente

Tipos, origen y caracterización de la contaminación. Medidas correctoras internas y externas. Minimización de residuos y de emisiones. Depuración, gestión y aprovechamiento de residuos.

V.- COMPETENCIAS**■ GENERALES:**

- **CG1-MF1:** Reconocer y valorar los procesos químicos en la vida diaria.
- **CG2-MF1:** Relacionar la Química con otras disciplinas.
- **CG3-MF1:** Continuar sus estudios en áreas multidisciplinares.
- **CG5-MF1:** Demostrar el conocimiento y comprensión de los hechos esenciales, conceptos, principios y teorías relacionadas con las áreas de la Química.
- **CG6-MF1:** Analizar y resolver problemas cualitativos y cuantitativos.
- **CG7-MF1:** Reconocer y analizar nuevos problemas y planear estrategias para solucionarlos.
- **CG8-MF1:** Consultar y utilizar información científica y técnica de forma eficaz.

■ ESPECÍFICAS:

- **CE30-MFCQ1:** Describir los procesos más significativos de la Industria Química.
- **CE30-MFCQ2:** Reconocer la importancia de la planificación y del desarrollo de los procesos químicos realizados a través de la Ingeniería Química.



- **CE31-MFCQ1:** Explicar e interpretar cualitativa y simplificada diagramas de flujo de procesos industriales, identificando operaciones y equipos básicos de una planta química.
- **CE31-MFCQ2:** Plantear y resolver los balances de propiedad que describen el cambio en un sistema debido al intercambio de materia y calor.
- **CE31-MFCQ3:** Clasificar los procesos de separación en función de los principios fisicoquímicos y termodinámicos que intervienen en el proceso químico industrial.
- **CE31-MFCQ4:** Describir el funcionamiento de reactores químicos y reconocer la importancia de la cinética de las reacciones en su diseño.

■ TRANSVERSALES:

- **CT2-MF1:** Cooperar con otros estudiantes mediante el trabajo en equipo.
- **CT3-MF1:** Aplicar el razonamiento crítico y autocrítico.
- **CT5-MF1:** Utilizar información química, bibliografía y bases de datos especializadas.
- **CT6-MF1:** Identificar la importancia de la química en el contexto industrial, medioambiental y social.
- **CT11-MF1:** Desarrollar el aprendizaje autónomo.
- **CT12-MF1:** Reconocer la problemática energética actual y su importancia.
- **CT12-MF2:** Desarrollar la sensibilidad por temas medioambientales.

VI.- RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al final de la asignatura el estudiante debería ser capaz de:

- Diferenciar entre los procesos llevados a cabo a pequeña escala, en el laboratorio, y aquellos que se llevan a escala industrial, en términos de volumen, rendimientos, materia prima utilizada, aprovechamiento de recursos, presencia de fenómenos controlantes diferentes a la propia reacción química, etc.
- Describir el concepto y metodología general de la Ingeniería Química y su relación básica con distintas disciplinas científicas y técnicas.
- Interpretar cualitativa y simplificada diagramas de flujo de procesos industriales, identificando operaciones y equipos básicos de una planta química.
- Plantear y resolver problemas de balance de materia sencillos, con y sin reacciones químicas, tanto en unidades de proceso aisladas como en procesos simples con un número limitado de recirculaciones y purgas.
- Explicar la importancia del proceso químico-físico industrial, de la existencia de operaciones unitarias debidamente ordenadas, de la forma de operar en cada una de ellas y de la naturaleza de las mismas.
- Definir en sus aspectos básicos los fenómenos subyacentes a la operación de cada unidad de proceso, que determinan el diseño de la misma, y ligar las leyes físicas y las ecuaciones empíricas que describen dichos fenómenos con las ecuaciones de diseño de algunas operaciones unitarias seleccionadas.
- Describir las diferencias y similitudes entre distintos fluidos y flujos, y el concepto de viscosidad y su connotación física.



- Deducir la ecuación de conservación de la energía mecánica o ecuación de Bernoulli y explicar sus términos. Aplicarla a sistemas sencillos, estimando los términos de la misma y la potencia necesaria para el bombeo.
- Explicar la transmisión de calor y cuáles son los mecanismos que permiten este fenómeno, conociendo y aplicando las ecuaciones empíricas y leyes que permiten deducir flujos y caudales de energía calorífica para geometrías sencillas, además de los perfiles de temperatura correspondientes.
- Diseñar intercambiadores de calor sensible y latente de doble tubo e industriales, para casos simples.
- Explicar la transferencia de materia (concepto y mecanismos) y los equilibrios entre fases, en especial los existentes entre fases fluidas.
- Explicar la destilación como ejemplo de operación unitaria basada en el equilibrio líquido-vapor, además de las leyes de Raoult y Dalton. Describir las distintas formas de llevar a cabo esta operación.
- Diseñar columnas de rectificación sencillas para sistemas binarios, tanto ideales como reales, para distintos tipos de alimentación, aplicando el método de McCabe-Thiele (gráfico), para condensadores totales y parciales y para condiciones operativas y extremas de la columna de rectificación.
- Aplicar los balances de materia globales y de volátil en las distintas secciones y platos de una columna de rectificación para comprender las bases materiales del método de McCabe-Thiele.
- Explicar el concepto de Ingeniería de la Reacción Química, sus herramientas y su importancia en el escalado de reactores químicos.
- Definir conceptos de la Cinética Química Aplicada como la velocidad de reacción, las variables que sobre ella influyen y las ecuaciones (modelos) que permiten ligarla con dichas variables.
- Resolver problemas simples de cinética aplicada: relación entre unidades de las constantes y órdenes de reacción, cálculo de constantes por método diferencial y/o integral y cálculo de las energías de activación.
- Diseñar reactores químicos ideales: discontinuos y continuos, y apreciar las diferencias entre ellos, comparándolos cualitativa y cuantitativamente.
- Aplicar los conceptos de tiempo de reacción, tiempo muerto y tiempo de residencia.
- Describir la importancia y objetivo de las diferentes operaciones y procesos en la fabricación de amoníaco, sulfúrico y productos de refinería.
- Diferenciar las características básicas de las materias primas usadas en los anteriores ejemplos de procesos en la industria química.
- Describir los distintos reactores y tecnologías aplicados en los procesos-ejemplo de la industria química anteriormente mencionados.
- Explicar la gestión medioambiental actual, los problemas que suscita la industria química e industrias similares en el medioambiente y los procesos tecnológicos básicos para evitar la contaminación o limitar los efectos indeseables de los contaminantes en la atmósfera, la hidrósfera, la litósfera y la biósfera.



VII. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	42	88	5,2
Seminarios	24	26	2,0
Tutorías y Trabajos dirigidos	4	6	0,4
Actividades prácticas	6	9	0,6
Preparación de trabajos y exámenes	6	14	0,8
Total	82	143	9

VIII.- METODOLOGÍA

Los contenidos de la asignatura se presentan a los estudiantes mediante clases teóricas, seminarios, pruebas de evaluación programadas (tutorías) y actividades prácticas.

Las **clases teóricas** consistirán, de forma prioritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrá de forma ordenada el temario completo de la asignatura. En algunos de los temas se incluye la resolución de problemas tipo. En el desarrollo de las clases de teoría se utilizará material audiovisual para una óptima comprensión de cada tema. Los esquemas, tablas, figuras y cualquier otro tipo de material y/o información necesaria se pondrán a disposición de los estudiantes en soporte papel o informático utilizando principalmente el espacio del Campus Virtual.

Los **seminarios** consistirán en el desarrollo completo y detallado de un conjunto de problemas seleccionados, cuyos enunciados se distribuirán con suficiente antelación para que el estudiante los intente resolver por su cuenta.

Las **pruebas de evaluación programadas (tutorías)** son el marco donde al estudiante se le presentarán cuestiones teóricas, cuestiones prácticas abiertas y ejercicios numéricos a plantear y/o a desarrollar y resolver. Estos ejercicios cubrirán, en cada sesión, un determinado número de temas, estando los estudiantes informados con la suficiente antelación de las fechas y temas a tratar.

Se desarrollarán **actividades prácticas** en grupos reducidos. Se dedicará una sesión a la exposición de vídeos de procesos industriales y a explicar los distintos tipos de bombas, medidores de caudal, y otros equipos básicos utilizados en instalaciones industriales. En otra sesión se utilizará el aula informática para mostrar a los estudiantes algunas herramientas de software aplicadas a la Ingeniería Química.

Se utilizará el **Campus Virtual** para permitir una comunicación fluida entre profesores y estudiantes y como instrumento para poner a disposición de los estudiantes el material que se utilizará en las clases tanto teóricas como de problemas. También podrá utilizarse como foro en el que se presenten algunos temas complementarios cuyo contenido, aunque importante en el conjunto de la materia, no se considere oportuno presentarlo en las clases presencial.



IX.- BIBLIOGRAFÍA

Al principio de curso se comentará la bibliografía recomendada, indicando los aspectos más relevantes de cada texto y el grado de adecuación a la asignatura. No se va a seguir un libro de texto concreto para el desarrollo de la asignatura.

■ BÁSICA:

- Aguado, J. y col.: *“Ingeniería de la Industria Alimentaria”*, Ed. Síntesis, Madrid, 1999.
- Calleja, G. y col.: *“Introducción a la Ingeniería Química”*, Volumen I: Conceptos básicos. Ed. Síntesis, Madrid, 1999.

■ COMPLEMENTARIA:

- Himmelblau, D. M.: *“Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química”*, 6ª edición, Pearson–Prentice Hall, Madrid, 1997.
- Felder, R. M.; Rousseau, R. W.: *“Principios Elementales de los Procesos Químicos”*, 3ª edición, Ed. Limusa., México D.F., 2003.
- Ruíz Palacín, J.: *“Problemas resueltos de balances de materia en estado estacionario”*, Ed. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2009.
- Izquierdo, J.F., Costa, J., Martínez de la Ossa, E., Rodríguez, J., Izquierdo, M. *“Introducción a la Ingeniería Química: Problemas resueltos de balances de materia y energía”*, Ed. Reverté, 2011.
- Levenspiel, O.: *“Ingeniería de las reacciones químicas”*, Ed. Reverté; Barcelona, 1984.
- Levenspiel, O.: *“Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor”*, Ed. Reverté. Barcelona, 1993.
- McCabe, W.L. y col.: *“Operaciones básicas de la Ingeniería Química”*, Ed. McGraw Hill, Madrid, 1991.
- Vian Ortuño, Á.: *“Introducción a la Química Industrial”*, 2ª ed., Ed. Reverté; Barcelona, 1994.

Además de los textos básicos y complementarios, puntualmente, se podrá indicar a los estudiantes bibliografía específica para cada tema.

X.- EVALUACIÓN

La evaluación del rendimiento del estudiante y de las competencias adquiridas en la asignatura se llevará a cabo mediante una evaluación global, que considerará por una parte los exámenes que se realicen y por otra el trabajo personal efectuado por el alumno.

Es obligatorio asistir a todas las pruebas de evaluación y a todas las actividades prácticas programadas, ya sean de forma individual o en grupos reducidos. Para poder acceder a la evaluación final será necesario, además, que el estudiante haya participado al menos en el 70 % de las clases de teoría y seminarios.



El rendimiento académico del estudiante y la calificación final de la asignatura se computarán, de forma ponderada, atendiendo a los porcentajes y condiciones que se muestran en cada uno de los aspectos recogidos a continuación. Este criterio se mantendrá en todas las convocatorias.

■ EXÁMENES ESCRITOS:

70%

Todos los **exámenes** consistirán en un conjunto de cuestiones de desarrollo o aplicación directa de la teoría y de problemas más elaborados.

Se realizará un **examen parcial** escrito hacia mitad del cuatrimestre. Los estudiantes que obtengan una **calificación de al menos 4 puntos sobre 10 en el examen parcial**, siendo necesario que se obtenga un mínimo de 4 sobre 10 en cada parte del examen (cuestiones teóricas y problemas numéricos), no estarán obligados a presentarse a la parte del programa evaluada en el examen final de la convocatoria ordinaria. Para estos estudiantes la calificación del examen será la media aritmética entre la obtenida en el examen parcial y la de la parte no evaluada del programa del examen final. La calificación obtenida, en cualquier caso, representará el 70 % de la evaluación global.

Se realizarán **dos exámenes finales**, uno correspondiente a la convocatoria ordinaria y otro a la extraordinaria. En ambos casos, serán objeto de examen todos los temas que componen el temario de la asignatura.

En ambas convocatorias el estudiante deberá obtener al menos un 4 sobre 10 en cada parte del examen (cuestiones teóricas y problemas numéricos) para poder contabilizar las prácticas y las pruebas de evaluación programadas.

Con los exámenes escritos se valorarán las competencias generales CG1-MF1, CG2-MF1, CG5-MF1, CG6-MF1, CG7-MF1, las competencias específicas CE30-MFCQ1, CE30-MFCQ2, CE31-MFCQ1, CE31-MFCQ2, CE31-MFCQ3, CE31-MFCQ4, y las competencias transversales CT3-MF1, CT5-MF1, CT6-MF1, CT12-MF1, CT12-MF2.

■ PRUEBAS DE EVALUACIÓN PROGRAMADAS (TUTORÍAS):

20%

A lo largo del curso se realizarán **cuatro pruebas de evaluación programadas (tutorías)** que se desarrollarán de forma individual. Serán el marco donde al estudiante se le plantearán cuestiones teóricas, cuestiones prácticas abiertas y ejercicios numéricos a plantear y/o a desarrollar y resolver. Estos ejercicios cubrirán, en cada sesión, un determinado número de temas, estando los estudiantes informados con la suficiente antelación de las fechas y temas a tratar.

Las calificaciones obtenidas por el estudiante en las pruebas de evaluación se mantendrán en las dos convocatorias, ordinaria y extraordinaria.

La evaluación de estos aspectos permitirá conocer el grado de consecución de las competencias generales CG1-MF1, CG2-MF1, CG3-MF1, CG6-MF1, CG7-MF1, CG8-MF1, de las competencias específicas CE30-MFCQ2, CE31-MFCQ1, CE31-MFCQ2, CE31-MFCQ3 y de las competencias transversales CT2-MF1, CT3-MF1, CT5-MF1, CT6-MF1, CT11-MF1, CT12-MF1, CT12-MF2.

**■ ACTIVIDADES PRÁCTICAS:****10%**

La participación en las actividades prácticas es obligatoria y será evaluada mediante un ejercicio tipo test de aplicación directa de los contenidos explicados en estas sesiones. Esta actividad reforzará los conocimientos adquiridos por el estudiante, tanto en las clases presenciales de teoría y seminarios, como en las restantes actividades del curso, lo que redundará en el afianzamiento de todas las competencias generales, específicas y transversales.

Las calificaciones obtenidas por el estudiante en las prácticas programadas se mantendrán en las dos convocatorias, ordinaria y extraordinaria.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura (pruebas de evaluación y prácticas) se comunicarán a los estudiantes con la antelación suficiente antes de la realización del examen final, para que puedan planificar adecuadamente el estudio de ésta u otras asignaturas.

En todo caso, se respetará el plazo mínimo de siete días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
1. La industria química y la ingeniería química	Teoría	1	1	1ª semana	1ª semana
2. Conceptos básicos en ingeniería química	Teoría y Seminario	4	1	1ª semana	1ª semana
3. Conceptos de operación y transporte de propiedad	Teoría	4	1	2ª semana	2ª semana
4. Balances macroscópicos de magnitudes extensivas	Teoría y Seminario	10	1	2ª semana	6ª semana
5. Flujo de fluidos	Teoría y Seminario	8	1	3ª semana	5ª semana
6. Transmisión de calor	Teoría y Seminario	7	1	5ª semana	7ª semana
7. Transferencia de materia	Teoría y Seminario	7	1	7ª semana	8ª semana
8. La reacción química	Teoría y Seminario	8	1	9ª semana	10ª semana



TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
9. Reactores químicos	Teoría y Seminario	7	1	10ª semana	12ª semana
10. El amoniaco como producto principal de la Industria Química Inorgánica	Teoría	2	1	12ª semana	12ª semana
11. Fabricación del ácido sulfúrico	Teoría	2	1	12ª semana	13ª semana
12. Aprovechamiento del crudo de petróleo y del gas natural	Teoría	4	1	13ª semana	14ª semana
13. La industria química y el medio ambiente	Teoría	2	1	14ª semana	14ª semana
TUTORÍAS Y PRÁCTICAS					
Pruebas de evaluación programadas	Prueba 1	1	1	4ª semana	4ª semana
	Prueba 2	1	1	7ª semana	7ª semana
	Prueba 3	1	1	9ª semana	9ª semana
	Prueba 4	1	1	13ª semana	13ª semana
Prácticas	2 Sesiones prácticas	6	2	Semana 14ª	Semana 14ª



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Clases de teoría	CG1-MF1, CG2-MF1, CG3-MF1, CG5-MF1, CE30-MFCQ1, CE30-MFCQ2, CE31-MFCQ3, CE31-MFCQ4, CT6-MF1, CT12MF1, CT12-MF2	Exposición de conceptos teóricos. Resolución de problemas.	Atención y participación activa en el desarrollo de la clase.	Exámenes escritos.	42	88	130	
Seminarios	CG6-MF1, CG7-MF1, CE31-MFCQ1, CE31-MFCQ2, CE31-MFCQ4	Planteamiento y resolución de ejercicios y problemas.	Discusión y resolución de las cuestiones y problemas propuestos.	Calificación de las respuestas (planteamiento y resultado) realizadas por escrito para la resolución de ejercicios prácticos y problemas numéricos.	24	26	50	20%
Tutorías programadas y trabajos dirigidos	CG1-MF1, CG2-MF1, CG6-MF1, CG7-MF1, CG8-MF1, CE30-MFCQ2, CE31-MFCQ1, CE31-MFCQ2, CE31-MFCQ3, CT2-MF1, CT3-MF1, CT5-MF1, CT6-MF1, CT11-MF1	Propuesta de ejercicios numéricos en las tutorías. Dirección y supervisión de las actividades del alumno.		Valoración de la participación activa y del trabajo realizado.	4	6	10	



Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Actividades Prácticas	CG1-MF1, CG2-MF1, CG6-MF1, CG7-MF1, CG8-MF1 CE30-MFCQ2 CE31-MFCQ1 CE31-MFCQ2 CE31-MFCQ3 CT2-MF1 CT3-MF1 CT5-MF1 CT6-MF1 CT11-MF1	Explicación de la actividad. Dirección y supervisión de las actividades del alumno.	Atención y desarrollo de las actividades propuestas.	Calificación del cuestionario	6	9	15	10%
Exámenes	CG1-MF1, CG2-MF1, CG5-MF1, CG6-MF1, CG7-MF1 CE30-MFCQ1 CE30-MFCQ2 CE31-MFCQ1 CE31-MFCQ2 CE31-MFCQ3 CE31-MFCQ4 CT3-MF1 CT5-MF1 CT6-MF1 CT12-MF1 CT12-MF2	Elaboración, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno.	Preparación y realización del examen.	Calificación del examen.	6	14	20	70%
P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación								



ESCENARIO 2. SEMIPRESENCIAL

VIII.- METODOLOGÍA

- **Clases de teoría y seminarios** impartidos por el profesor en el régimen habitual, como en el Escenario 1, y con el mismo contenido. Atendiendo al principio de *máxima presencialidad* aprobado por el Rectorado de la UCM, la sesión será seguida presencialmente por los alumnos en el aula, hasta aforo completo considerando distancia social. Los alumnos ubicados en aulas provistas de cámaras, y que no quepan en el aula, seguirán la sesión virtualmente, bien desde su domicilio o en las zonas de uso público habilitadas por la Facultad para este fin, que estarán debidamente publicitados en el CV. Para las aulas que no tienen cámara, se establecerá un turno rotatorio de alumnos presenciales en el aula, atendiendo a la numeración del DNI. Este procedimiento podrá ser modificado por el profesor a lo largo del curso, según considere oportuno, para ir ajustando el aforo del aula con los estudiantes asistentes a su clase.
 - El material docente utilizado será las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en el Escenario 1, así como vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Todo el material estará con antelación a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización.
 - Los medios telemáticos utilizados para que los alumnos sin presencialidad en el aula sigan virtualmente las sesiones serán las plataformas: Microsoft Teams disponible en el CV, Google Meet o Zoom. El profesor mantendrá abierta una sesión de este tipo para mantener una relación directa y fluida con los estudiantes que asisten virtualmente, pudiendo así proyectarse simultáneamente la presentación .ppt y seguir las tradicionales explicaciones que se den en la pizarra.
- **Prácticas de laboratorio** previstas con una presencialidad general mínima del 60% para poder cumplir con la distancia social necesaria. Atendiendo a las particularidades de cada práctica, si es posible en algún caso la presencialidad podrá verse modificada ligeramente. La organización docente experimental se sustenta en los siguientes aspectos:
 - Serán impartidas atendiendo a alguno de estas situaciones, o combinaciones entre ellas:
 - (a) Presenciales en un aula, manteniendo así mayor distancia social.
 - (b) Virtuales en sesiones síncronas
 - (c) Virtuales en sesiones asíncronas.
 - El material docente empleado será el mismo que el utilizado en el Escenario 1, además de material escrito en forma de manuales, resultados numéricos y gráficos y/o presentaciones en PowerPoint acompañadas de explicaciones.
 - Todo el material estará a disposición de los alumnos con antelación a través del Campus Virtual.
- **Tutorías Individuales**
Se realizarán por video conferencia y/o correo electrónico.
- **Seguimiento del alumnado**
En la parte de docencia que se realiza de forma presencial se seguirán las mismas técnicas empleadas de forma tradicional.



En la parte de docencia virtual el seguimiento se realizará por diversas técnicas, según considere el profesor: mediante la herramienta de registro de actividades de cada sesión (Microsoft Teams), el nombre de los asistentes (Google meet), hoja de firmas habilitada en el CV a modo de cuestionario, análisis de descargas efectuadas por los alumnos en el CV, etc.

X.- EVALUACIÓN

Se realizarán exámenes presenciales con el procedimiento descrito en el Escenario 1.



ESCENARIO 3. TOTALMENTE VIRTUAL

VIII.- METODOLOGÍA

- **Clases de teoría y seminario** que serán impartidas de forma combinada en sesiones: (a) síncronas, en el horario oficial establecido y (b) asíncronas.
 - El material docente utilizado será las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en los Escenarios 1 y 2, presentaciones PowerPoint acompañadas de grabaciones de voz donde se incluyen las explicaciones necesarias como si fuese una clase presencial, así como vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Como en los Escenarios anteriores, todo el material estará con antelación a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización.
 - Los medios telemáticos utilizados serán las plataformas ya mencionadas en el Escenario 2: Microsoft Teams disponible en el CV, Google Meet o Zoom.
- **Prácticas de laboratorio** que se desarrollarán como en el Escenario 2, pero el procedimiento presencial será reemplazado por distintas posibles alternativas: material escrito a modo de tutorial donde se describa detalladamente el procedimiento, grabaciones previas y videos de experiencias similares que garanticen la adquisición de las habilidades y competencias que se pretende.
- **Las tutorías individuales** se realizarán como en el Escenario 2.
- **Seguimiento del alumnado**
Se realizará igual que lo descrito en el Escenario 2 para la docencia virtual.

X.- EVALUACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN

- **Identificación de estudiantes:**
En los minutos anteriores al inicio del examen, los alumnos deberán entregar un documento de compromiso escrito a mano y digitalizado en formato PDF, aceptando las normas para la realización de la prueba. El texto del documento, elaborado por el Departamento, estará disponible en el espacio de la asignatura del Campus Virtual. En dicho documento se deberá hacer constar: nombre y apellidos, firma, lugar y copia del DNI. La identificación de los alumnos que realicen el examen se llevará a cabo a través de: (i) entrada al Campus Virtual para poder visualizar los enunciados del examen, (ii) imagen de video a través de Google Meet o Microsoft Teams (desde la cámara del ordenador o del móvil), (iii) documento de compromiso, y (iv) posible comprobación telemática a lo largo del examen por parte del profesor.
- **Tipo de examen:**
El examen se diseñará en el Campus Virtual (Moodle) a través de la herramienta de Tareas, de tal manera que diferentes estudiantes pueden acceder a exámenes distintos.
El examen estará dividido en dos bloques. El primer bloque, 45 minutos de duración, será de cuestiones teóricas obtenidas de un banco de preguntas, por lo que los cuestionarios serán diferentes para cada estudiante. En el segundo bloque, 90 minutos de duración, los



estudiantes deberán desarrollar ejercicios numéricos presentados de forma secuencial como tareas en el CV,

- **Seguimiento de estudiantes durante la prueba:**

Durante la realización de la prueba, los alumnos deberán tener conectada una cámara (del ordenador o del móvil) que haga posible la comprobación por parte del profesor del cumplimiento del compromiso firmado por el alumno para realizar el examen de forma individual y con los medios indicados.

- **Revisión de exámenes:**

Los estudiantes que deseen revisión se pondrán en contacto con los profesores de su grupo mediante correo electrónico y se establecerá el horario de revisión individual mediante Microsoft Teams/Google Meet. El estudiante conservará copia de los ficheros PDF enviados como respuesta del examen para facilitar la revisión. Por otra parte, el profesor podrá requerir del alumno la revisión y discusión interactiva de su examen dentro del plazo que se establezca para la revisión de los mismos que se notificará en el CV.

- **Mecanismo empleado para la documentación/grabación de las pruebas de evaluación para su posterior visualización y evidencia:**

El profesor conservará los ficheros (en el formato electrónico que se especifique) del ejercicio de examen enviados por el estudiante, con las calificaciones parciales que estime oportunas. Además, si se estima oportuno, se podrá proceder a la grabación de la sesión del examen, con las limitaciones establecidas por la UCM, para posterior revisión si fuera necesario. Dicha grabación, de efectuarse, se almacenará con las medidas de seguridad necesarias en equipos de UCM y será eliminada pasado el tiempo de revisión.