



Guía Docente. Escenarios 1, 2 y 3:

ANÁLISIS AVANZADO DE REACCIONES Y REACTORES



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2020-2021



ESCENARIO 1. PRESENCIAL

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	Análisis Avanzado de Reacciones y Reactores
CARÁCTER:	Obligatoria
MATERIA:	Análisis Avanzado de Reacciones y Reactores
MÓDULO:	Ingeniería de Procesos y Productos
TITULACIÓN:	Master en Ingeniería Química: Ingeniería de Procesos
SEMESTRE/CUATRIMESTRE:	Anual (primer curso)
DEPARTAMENTO/S:	Ingeniería Química y de Materiales
PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:	

Teoría Seminario Tutoría	Profesor: JOSE MANUEL TOLEDO GABRIEL Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-B61. Planta baja Edificio A e-mail: jmtoledo@ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: MIGUEL LADERO GALÁN Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-B64. Planta baja Edificio A e-mail: mladerog@ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: EMILIO GÓMEZ CASTRO Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QP-114. Planta 1ª Planta Piloto Químicas. e-mail: emgomez@ucm.es
Seminario Laboratorio	Profesor: JUAN MANUEL BOLIVAR BOLIVAR Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QP-114. Planta 1ª Planta Piloto Químicas. e-mail: juanmbol@ucm.es

II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de la asignatura es dotar al estudiante de conocimientos avanzados y aplicados referentes a reacciones y reactores químicos, así como de herramientas que le permitan resolver problemas de cinética aplicada de sistemas complejos y diseñar reactores multifásicos. Para ello, se partirá de conceptos fundamentales de estequiometría, termodinámica química, cinética química aplicada y diseño de reactores, introduciendo la complejidad propia de sistemas multifásicos y autocatalíticos



en los que tienen lugar múltiples reacciones. También se considerarán reactores donde se utiliza una forma de energía impulsora como electroquímicos, fotoquímico y nucleares.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer y saber aplicar la metodología de estudio de redes de reacciones: estequiometría, termodinámica y determinación y validación de modelos cinéticos.
- Ser capaz de analizar la cinética y la fenomenología de transformaciones químicas complejas de diversa naturaleza: catalíticas, poliméricas, bioquímicas, electroquímicas, fotoquímicas, sonoquímicas, nucleares.
- Ser capaz de obtener datos experimentales de transformaciones químicas complejas y ser capaz de formular modelos cinéticos a partir de dichos datos.
- Ser capaz de elaborar informes técnico-científicos tanto a partir de información obtenida de fuentes bibliográficas como de la elaborada por el propio alumno.
- Saber elegir y diseñar los reactores adecuados para las transformaciones químicas complejas en función de su naturaleza.

III.- CONOCIMIENTOS Y REQUISITOS PREVIOS

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Conocimientos básicos de cinética química aplicada y de diseño de reactores químicos. Haber cursado asignaturas básicas de introducción a la ingeniería química, de fenómenos de transporte y de fundamentos de ingeniería de la reacción química.

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Reacciones múltiples y reactores multifásicos G-L y G-L-S. Reacciones enzimáticas y microbianas. Bioprocesos y reactores enzimáticos y con microorganismos y células. Procesos y reactores de polimerización. Reacciones y reactores electroquímicos, fotoquímicos y sonoquímicos. Reactores nucleares y residuos radiactivos.

■ PROGRAMA:

Tema 1: Bases del diseño de reactores químicos.

Análisis de las reacciones químicas. Sistemas bifásicos y multifásicos. Reactores químicos: tipos. Principios de diseño y de cambio de escala.

Tema 2: Análisis de Redes de reacciones químicas.

Estequiometría y Termodinámica. Modelos cinéticos. Métodos de cálculo de parámetros. Discriminación de modelos cinéticos.

Tema 3: Reacciones y reactores gas-líquido y líquido-líquido.

Modelos para la descripción del transporte de materia. Coeficiente volumétrico de transporte: Correlaciones empíricas y predicción teórica. Principios de diseño de reactores fluido-fluido. Casos en estudio.

Tema 4: Reacciones y reactores gas-líquido-sólido y líquido-líquido-sólido.



Modelos para la descripción del transporte de materia. Coeficiente volumétrico de transporte: correlaciones empíricas. Principios de diseño de reactores trifásicos.

Tema 5: Análisis de bioprocesos y biorreactores.

Biotecnología: aplicaciones. Tipos de bioprocesos y de biorreactores. Fenomenología. Principios de desarrollo de bioprocesos. Cambio de escala.

Tema 6: Procesos enzimáticos.

Mecanismo de las reacciones enzimáticas. Inmovilización de enzimas: métodos y fenómenos de transporte asociados. Modelos cinéticos para reacciones enzimáticas. Mecanismos y modelos de desactivación. Casos en estudio.

Tema 7: Procesos con microorganismos y células.

Procesos con microorganismos. Metabolismo celular, transporte entre fases y en la membrana. Stress hidrodinámico y oxidativo. Condiciones y formas de operación. Modelos cinéticos para transformaciones microbianas. Transporte y consumo de oxígeno. Acople de fenómenos. Stress hidrodinámico, oxidativo y daño celular.

Tema 8: Diseño de biorreactores

Reactores enzimáticos: tipos. Diseño de reactores discontinuos y continuos. Lechos con enzimas inmovilizadas. Biorreactores microbianos. Diseño de reactores discontinuos, semicontinuos (*fed-batch*) y continuos. Tanques agitados y columnas de burbujeo (*airlift*). Casos en estudio.

Tema 9: Reacciones y reactores de polimerización.

Procesos de polimerización: tipos y aplicaciones. Características de los polímeros: Distribución de pesos moleculares y de longitud de cadena. Fenomenología de las reacciones de polimerización. Estequiometría, Termodinámica y Cinética de las reacciones de polimerización. Diseño de reactores de polimerización.

Tema 10: Reacciones y reactores electroquímicos, fotoquímicos y sonoquímicos.

Procesos electroquímicos. Aplicaciones. Cinética de los procesos electroquímicos. Fenomenología de los procesos electroquímicos. Tipos de reactores electroquímicos. Células de combustible. Procesos fotoquímicos. Aplicaciones. Catálisis fotoquímica. Cinética de los procesos fotoquímicos. Fenomenología de los procesos fotoquímicos. Diseño de reactores fotocatalíticos. Procesos sonoquímicos. Aplicaciones. Cinética de los procesos sonoquímicos. Fenomenología de los procesos sonoquímicos. Tipos de reactores sonoquímicos.

Tema 11: Reactores nucleares.

Producción de energía eléctrica. Otras aplicaciones de la energía nuclear. Tipos de reactores nucleares. Diseño de reactores nucleares. Residuos radiactivos: gestión.

V.- COMPETENCIAS

■ GENERALES:

- **CG1** Capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía, para formular y resolver problemas complejos en procesos, equipos, instalaciones y servicios, en los que la materia experimente cambios



en su composición, estado o contenido energético, característicos de la industria química y de otros sectores relacionados entre los que se encuentran el farmacéutico, biotecnológico, materiales, energético, alimentario o medioambiental.

- **CG2** Concebir, proyectar, calcular, y diseñar procesos, equipos, instalaciones industriales y servicios, en el ámbito de la ingeniería química y sectores industriales relacionados, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente.
- **CG5** Saber establecer modelos matemáticos y desarrollarlos mediante la informática apropiada, como base científica y tecnológica para el diseño de nuevos productos, procesos, sistemas y servicios, y para la optimización de otros ya desarrollados.
- **CG10** Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor.
- **CG11** Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión.

■ ESPECÍFICAS:

- **CE1** Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia, y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas técnicos.
- **CE2** Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización de otros ya desarrollados, tomando como base tecnológica las diversas áreas de la ingeniería química, comprensivas de procesos y fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones químicas, nucleares, electroquímicas y bioquímicas.
- **CE3** Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas.
- **CE8** Dirigir y gestionar la organización del trabajo y los recursos humanos aplicando criterios de seguridad industrial, gestión de la calidad, prevención de riesgos laborales, sostenibilidad, y gestión medioambiental.

■ TRANSVERSALES:

- **CT1** Desarrollar el trabajo de forma autónoma.
- **CT2** Trabajar en equipo fomentando el desarrollo de habilidades en las relaciones humanas.



- **CT3** Desarrollar sensibilidad y responsabilidad sobre temas energéticos, medioambientales y éticos.
- **CT4** Demostrar razonamiento crítico y autocrítico en busca de la calidad y rigor científicos
- **CT5** Elaborar y escribir informes y otros documentos de carácter científico y técnico.
- **CT6** Aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos multidisciplinares, los conceptos, principios, teorías o modelos relacionados con la Ingeniería Química
- **CT7** Gestionar información científica, bibliografía y bases de datos especializadas y otros recursos accesibles a través de Internet.
- **CT11** Desarrollar la capacidad de organización y planificación

VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

■ PRIMER CUATRIMESTRE:

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas y seminarios	30	45	3,0
Actividades formativas: visitas	4	6	0,4
Tutorías	2	3	0,2
Actividades prácticas	18	27	1,8
Exámenes y Trabajos dirigidos	6	9	0,6
Total	60	90	6

■ SEGUNDO CUATRIMESTRE:

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas y seminarios	15	22,5	1,5
Actividades formativas: visitas	-	-	-
Tutorías	-	-	-
Actividades prácticas	12	18	1,2
Exámenes y Trabajos dirigidos	3	4,5	0,3
Total	30	45	3



VII.- METODOLOGÍA

Los contenidos de la asignatura se presentan a los estudiantes mediante clases teóricas, seminarios, tutorías programadas, trabajos dirigidos y actividades prácticas, como visitas a empresas.

Las **clases teóricas** consistirán, esencialmente, en lecciones magistrales en las que se expondrá de forma ordenada el temario completo de la asignatura, incluyendo el desarrollo avanzado de aspectos puntuales de la asignatura como, por ejemplo, los casos en estudio. 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 alumnos 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 alumno los intente resolver por su cuenta. Además, se darán **conferencias** relacionadas con los contenidos de la asignatura y orientadas a la aplicación de dichos contenidos en algunos procesos industriales y comerciales de interés.

Las **tutorías programadas** se desarrollarán en grupos reducidos. Las tutorías 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 en grupos reducidos. Estos ejercicios prácticos cubrirán, en cada sesión, un determinado número de temas, estando los estudiantes informados con la suficiente antelación de los temas a tratar. En estas sesiones, el estudiante contará con la orientación del profesor encargado.

En las **prácticas de laboratorio** y los **trabajos dirigidos** se planteará el trabajo en grupos reducidos. Los **trabajos dirigidos** se centrarán en el estudio de redes de reacción en casos de interés industrial, con un estudio exhaustivo de aspectos tales como la estequiometría, la termoquímica y la cinética química aplicada. Los alumnos tendrán asignado un tutor/a que les convocará en varias ocasiones para comprobar su progreso y orientarles en cada una de las etapas del trabajo. Los estudiantes harán una presentación final de su trabajo. En cuanto a las **prácticas de laboratorio**, estas se dividen en un trabajo experimental a realizar en el laboratorio y el cálculo e interpretación de resultados que se llevará a cabo en aula de informática. Cada estudiante realizará dos prácticas y presentará un informe por práctica.

Además de las **tutorías clásicas** (consultas) a las que el estudiante tiene derecho, 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 para la apertura y gestión de **foros** en el que se presente material complementario y se planteen discusiones y reflexiones sobre el contenido de la asignatura.

VIII.- 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:

- Fogler, H.S. "Elements of Chemical Reaction Engineering", 3ª ed. Prentice-Hall, 2006.
- Salmi, T.O., Mikkola, J-P, Warma, J.P. "Chemical Reaction Engineering and Reactor Technology". CRC Press, 2010.
- Tiscareño, F. "Reactores Químicos con Multireacción". Ed. Reverte, 2008.
- Doran, P.M. "Principios de Ingeniería de los Bioprocesos". Acribia, 1998.
- Díaz, M. "Ingeniería de Bioprocesos". Paraninfo. 2012.
- McGreavy, C. Polymer Reaction Engineering. Blackie Academia and Professional. Londres, 1994.

■ COMPLEMENTARIA:

- Ranade, V.V., Chaudhari, R.V., Gunjal, P.R. "Trickle-bed Reactors: Reactor Engineering & Applications". 1ª ed. Elsevier, 2011.
- Asenjo, J.A. y Merchuk, J.C.: "Bioreactor system Design". M. Dekker, 1995.
- Nielsen, J. y Villadsen, J.: "Bioreaction Engineering Principles". Plenum Press. 1994.
- Glasstone, S., Sesonske, A.: "Nuclear Reactor Engineering". 4ª ed. Chapman and Hall. 1994.
- Ramachandran, P.A., Chaudari, R.V. "Three Phase Catalytic Reactors", Gordon and Breach Sci. Pub, Nueva York. 1983.
- Nauman, E.B. "Chemical Reactor Design, Optimization and Scale-up". John Wiley & Sons. Hoboken (NJ, USA), 2008.

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

IX.- EVALUACIÓN

Es obligatorio asistir a todas las tutorías dirigidas y a todas las actividades prácticas programadas en grupos reducidos, tanto en lo referente a los trabajos dirigidos como en lo que respecta a las prácticas de laboratorio. Para poder acceder a la evaluación final será necesario que el alumno haya participado al menos en el 70 % de las demás actividades presenciales (clases teóricas y seminarios). El rendimiento académico del alumno y la calificación final de la asignatura se computarán, de forma ponderada, atendiendo a los porcentajes que se muestran en cada uno de los aspectos recogidos a continuación. Este criterio se mantendrá en todas las convocatorias.

■ EXÁMENES ESCRITOS:

65%

Se realizarán dos exámenes: un examen final ordinario y otro extraordinario. Estos exámenes consistirán en un conjunto de cuestiones de desarrollo o aplicación directa de los conocimientos explicados a lo largo de la asignatura y de problemas numéricos similares a los ya comentados previamente.

Para aprobar cada examen, será necesario que el alumno obtenga, al menos, un 4 sobre 10 en cada parte del examen: cuestiones teóricas y problemas numéricos.



A las convocatorias extraordinarias solo podrán presentarse aquellos alumnos que hayan participado y superado el resto de actividades de la asignatura, habiendo satisfecho los mínimos de asistencia antes comentados.

Con los exámenes escritos se valorarán las competencias generales CG1, CG2, CG5 y CG11, las competencias específicas CE1, CE2 y CE3, y las competencias transversales CT1, CT3, CT4, CT6, CT7 y CT11.

■ TRABAJO PERSONAL Y ACTIVIDADES DIRIGIDAS: 35%

La evaluación del trabajo de aprendizaje individual realizado por el alumno y de las actividades dirigidas se hará teniendo en cuenta:

- La destreza del alumno en la resolución de los problemas y ejercicios propuestos, que se recogerán periódicamente en los seminarios.
- La evaluación de las tutorías y actividades prácticas, de asistencia obligatoria, y a las cuales serán citados los alumnos periódicamente a lo largo del cuatrimestre.
- Se evaluará la resolución de trabajos propuestos y de problemas numéricos por parte de pequeños grupos de estudiantes relativos a un número limitado de lecciones del temario. Se evaluará a cada estudiante en función del trabajo de grupo y de su aportación personal durante el desarrollo de las tutorías.
- Se evaluará el trabajo desarrollado y los informes realizados en las prácticas por cada alumno.
- Se evaluará la elaboración y presentación de trabajos encargados sobre temas y casos en estudio relacionados con la materia.

La evaluación de estos aspectos permitirá conocer el grado de consecución de las competencias generales CG1, CG2, CG5, CG10 y CG11, de las competencias específicas CE1, CE2, CE3 y CE8 y de las todas competencias transversales mencionadas en esta guía.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
1. Bases del diseño de reactores químicos	Teoría	2	1	1ª semana	1ª semana
	Seminario	-	-	-	-
2. Análisis de Redes de reacciones químicas	Teoría	2	1	1ª semana	2ª semana
	Seminario	-	-	-	-
3. Reacciones gas-líquido y líquido-líquido	Teoría	2	1	2ª semana	2ª semana
	Seminario	1	-	3ª semana	3ª semana
4. Reacciones gas-líquido-sólido y líquido-líquido-sólido	Teoría	3	1	3ª semana	4ª semana
	Seminario	1	1	4ª semana	4ª semana
5. Análisis de bioprocesos y biorreactores	Teoría	3	1	4ª semana	5ª semana
	Seminario	-	-	-	-
6. Procesos enzimáticos	Teoría	6	1	5ª semana	7ª semana
	Seminario	2	1	7ª semana	8ª semana
7. Procesos con microorganismos y células	Teoría	7	1	8ª semana	10ª semana
	Seminario	2	1	10ª semana	11ª semana
8. Diseño de Biorreactores	Teoría	4	1	11ª semana	12ª semana
	Seminario	4	1	12ª semana	13ª semana
9. Reacciones y reactores de polimerización	Teoría	5	1	14ª semana	15ª semana
	Seminario	1	1	15ª semana	15ª semana
10. Reacciones y reactores electroquímicos, fotoquímicos y sonoquímicos	Teoría	5	1	15ª semana	16ª semana
	Seminario	0	1	-	-
11. Reactores nucleares	Teoría	3	1	17ª semana	17ª semana
	Seminario	0	1	-	-
TUTORÍAS					
Tutorías	Teoría	1	3		
	Seminario	1	3		



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Clases de teoría	CG5 y CG11 CE1 y CE8 CT1, CT3, CT4, CT6 y CT7	Exposición de conceptos teóricos.	Atención y participación activa en el desarrollo de la clase.	Exámenes escritos.	45	67,5	112,5	10%
Seminarios	CG1, CG2 y CG5 CE1, CE2 y CE3 CT1, CT2, CT3, CT4, CT6 y CT11	Planteamiento y resolución de ejercicios y problemas. Conferencias.	Discusión y resolución de las cuestiones y problemas propuestos. Elaboración por escrito de problemas numéricos.	Calificación de las respuestas (planteamiento y resultado) realizadas por escrito para la resolución de ejercicios prácticos y problemas numéricos.				
Tutorías programadas y trabajos dirigidos	CG1, CG2, CG3, CG4 y CG11 CE1, CE2, CE3 y CE8 CT1, CT2, CT3, CT4, CT6, CT7 y CT11	Propuesta de trabajos y prácticas de laboratorio. Dirección y supervisión del estudio y actividades del alumno.	Lectura y discusión de artículos técnicos de actualidad. Elaboración por escrito de un trabajo en grupo. Elaboración de informes de práctica individuales.	Valoración de la participación activa y del trabajo realizado por cada estudiante y por el grupo.	36	54	90	25%
Exámenes	CG1, CG2, CG5 y CG11 CE1, CE2 y CE3 CT1, CT3, CT4, CT6, CT7,y CT11	Elaboración, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno.	Preparación y realización del examen.	Calificación del examen.	9	13,5	22,5	65%
P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación								



ESCENARIO 2. SEMIPRESENCIAL

VII.- 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 estará constituido por las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en el Escenario 1, vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideren de relevancia e interés. Todo el material se pondrá a disposición de los estudiantes con antelación a través del Campus Virtual.

Los medios telemáticos utilizados para que los alumnos no presentes en el aula sigan virtualmente las sesiones serán las plataformas: Collaborate disponible en el CV, Google Meet, Microsoft Teams 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.

- **Tutorías individuales de apoyo y tutorías de grupo (seminario de redes)**
Se realizarán por video conferencia, utilizando las herramientas antes mencionadas, y/o correo electrónico.
- **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, se maximizará la presencialidad para el desarrollo de los experimentos de laboratorio necesarios. La parte de cálculos se hará online, mediante el uso de Excel y otros programas accesibles al alumnado (Berkeley-Madonna). De forma previa a las prácticas, se organizarán seminarios de explicación metodológica de cada práctica y relativos a la utilización de los programas de cálculo apropiados.
- **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 (Collaborate), 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.

IX.- EVALUACIÓN

La evaluación del trabajo personal y los exámenes se realizarán de la misma manera descrita en el escenario 1.

ESCENARIO 3. TOTALMENTE VIRTUAL

VII.- 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 a disposición de los estudiantes con antelación a través del Campus Virtual.
 - Los medios telemáticos utilizados serán las plataformas ya mencionadas en el Escenario 2: Collaborate disponible en el CV, Google Meet, Microsoft Teams o Zoom.
- **Las tutorías individuales y grupales y los trabajos de grupo** se realizarán como en el Escenario 2.
- **Las prácticas de laboratorio** serán totalmente online, a través de seminarios explicativos del procedimiento que incluyan videos de la realización de las prácticas y seminarios de introducción a las herramientas de cálculo. Los estudiantes dispondrán de datos experimentales reales para trabajar con ellos y elaborarán los informes de forma idéntica a los dos escenarios anteriores.
- **Seguimiento del alumnado**
Se realizará igual que lo descrito en el Escenario 2 para la docencia virtual.

IX.- EVALUACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN

- **Exámenes:** se realizarán dos exámenes finales de manera virtual, uno en la convocatoria ordinaria y otro en la convocatoria extraordinaria. Cada examen constará de dos partes claramente diferenciadas, correspondientes a los dos bloques



de la asignatura y será idéntico al realizado en condiciones presenciales, con una adaptación simple a los medios telemáticos a utilizar en este escenario virtual. Los exámenes se llevarán a cabo de acuerdo a las siguientes pautas:

○ **Conexión, Identificación y firma comportamiento ético.**

La identificación de los alumnos que realicen el examen deberá ser llevada a cabo a través de:

- Su acceso al Campus Virtual (usuario y contraseña UCM), lo cual queda registrado.
- Envío de DNI, pasaporte, o carnet de estudiante UCM (escaneado o foto).
- Imagen de video a través de Google Meet o Collaborate (desde la cámara del ordenador o del móvil).

La identificación debe realizarse antes del inicio del examen. Así, se les debe convocar con suficiente tiempo para que puedan acceder al campus virtual (usuario y contraseña UCM), lo cual queda registrado. También puede programarse una TAREA en el espacio del Campus virtual de la asignatura para que los estudiantes envíen una imagen escaneada o una foto de su carnet de estudiante UCM, del DNI, NIE o PASAPORTE junto a una declaración manuscrita y firmada indicando que su comportamiento durante el examen va a ser ético aceptando las normas a tener en cuenta respecto a la utilización o cooperación en procedimientos fraudulentos. El profesor incluirá en la tarea el texto del documento que tienen que escribir y firmar. El documento enviado por los estudiantes para la identificación se albergará en el Campus Virtual bajo la protección legal de la UCM y, transcurrido el plazo legalmente establecido, se procederá a su borrado permanente. Adicionalmente pueden realizarse comprobaciones telemáticas a lo largo del examen por parte del profesor mediante la cámara y en cualquier momento el profesor podrá requerir a cualquier estudiante que identifique su presencia mediante voz y vídeo.

En este periodo antes del examen el profesor recordará en qué va a consistir el examen y como pueden contactar los estudiantes si hay eventualidades: por correo electrónico o a través de los chats disponibles en Moodle, Google Meet, etc.

○ **Tipo de Examen:**

Los profesores subirán con antelación suficiente al Campus Virtual de su asignatura, las instrucciones detalladas en las que se informe detalladamente a los estudiantes del formato de examen a utilizar. Además deberá indicar los recursos y material necesario así como el tipo de identificación antes y durante el examen y cómo debe realizarse la entrega. Se llevará a cabo con suficiente antelación un simulacro telemático, utilizando las mismas herramientas que en el examen final, en fecha anterior a la del examen, de carácter explicativo, a fin de que se puedan adelantar y solucionar distintos problemas técnicos que los alumnos puedan encontrar durante el desarrollo de la prueba. El propósito del simulacro es que los estudiantes comprendan y se familiaricen con la metodología con la que se realizará el examen y comprueben que todo funciona.

El examen comenzará con un cuestionario de una pregunta para la identificación de los estudiantes o una tarea de identificación, en donde deberán adjuntar su DNI escaneado, así como un documento firmado de aceptación de las condiciones del



examen que estará disponible en el Campus Virtual. La duración será de 30 minutos y se realizará previamente a la hora de inicio del examen.

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

El seguimiento de estudiantes durante la prueba se podrá efectuar tanto de forma síncrona mediante conexión abierta de Collaborate en Moodle o mediante Google Meet, así como de forma asíncrona, comprobando el correcto desarrollo de la prueba mediante la sección de registros de actividad de la asignatura en el Campus Virtual. Google Meet dispone de dos extensiones que pueden resultar de utilidad y se instalan en el navegador con facilidad: Grid View (para poder ver un mosaico en pantalla con todos los que están conectados) y Meet Attendance (para obtener un Excel con la lista de asistentes). Los alumnos podrán dirigir al profesor sus dudas y preguntas durante la realización del examen por vía telemática utilizando el correo electrónico del Campus Virtual o el chat disponible en la herramienta de teleconferencia.

○ **Revisión de exámenes:**

Consistirá en revisiones síncronas previa solicitud razonada de los estudiantes, asignando un espacio de tiempo a cada uno; el estudiante tiene el derecho a revisar todas las evidencias que se hayan usado para decidir su calificación. Para ello, se creará la pertinente actividad en el Campus Virtual haciendo uso de Collaborate o Google Meet. Si ha sido necesaria la realización de alguna prueba oral a algún estudiante, se dispondrá de la correspondiente grabación. Las videoconferencias de las revisiones serán grabadas.

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

Los exámenes y demás evidencias utilizadas para la evaluación se grabarán y almacenarán en el Campus Virtual, de manera que sean accesibles para todos los profesores de la asignatura. Dichas grabaciones no se podrán utilizar para fines distintos que la identificación de los estudiantes o el seguimiento de la realización de los exámenes. Las grabaciones realizadas durante la entrevista para la revisión de las calificaciones solicitada por un estudiante sólo podrán utilizarse para este fin. Todas las sesiones grabadas se mantendrán únicamente durante el tiempo previsto en la normativa académica para la conservación de las pruebas de evaluación y para futuras auditorías externas y serán almacenadas en los servidores de la UCM con las medidas de seguridad adecuadas, nunca en dispositivos privados.

- **Trabajos de grupo:** las actividades de evaluación y seguimiento del trabajo personal se llevarán a cabo vía campus virtual y Google Meet o herramientas de teleconferencia similares. En particular, el trabajo de grupo se expondrá a los compañeros y profesores mediante estas últimas herramientas en fecha a determinar al final del periodo lectivo, siguiendo un turno de preguntas abierto a todos los asistentes a la exposición de trabajos de la asignatura. Tanto el archivo de exposición como el trabajo escrito en formato Word o PDF serán entregados en fecha a determinar, pues constituyen también elementos de la evaluación del trabajo grupal.
- **Problemas propuestos y prácticas de laboratorio:** se evaluarán como en los dos escenarios anteriores, mediante propuestas y entregas en el Campus Virtual.