



Guía Docente.

Escenarios 1, 2 y 3 :

SIMULACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS



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



ESCENARIO 1. PRESENCIAL

I.- IDENTIFICACIÓN

| | |
|---------------------------------|--|
| NOMBRE DE LA ASIGNATURA: | Simulación y Control de Procesos |
| NÚMERO DE CRÉDITOS: | 9 |
| CARÁCTER: | Obligatoria |
| MATERIA: | Ingeniería de la Producción Química |
| MÓDULO: | Tecnología Química |
| TITULACIÓN: | Grado en Ingeniería Química |
| SEMESTRE/CUATRIMESTRE: | Segundo cuatrimestre (tercer curso) |
| DEPARTAMENTO/S: | Ingeniería Química y de Materiales |

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

| Grupo Único | |
|--------------------------------|---|
| Teoría Seminario Tutoría | Profesor: JOSÉ ANTONIO DELGADO DOBLADEZ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-144 e-mail: jadeldob@quim.ucm.es |
| | Profesor: V. ISMAEL ÁGUEDA MATÉ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-168 e-mail: viam@quim.ucm.es |
| | Profesor: MARCOS LARRIBA MARTÍNEZ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QP-B07 e-mail: marcoslarriba@ucm.es |
| | Profesor: PEDRO YUSTOS CUESTA Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QP-109 e-mail: pyustosc@quim.ucm.es |
| | Profesora: MARÍA ISABEL GUIJARRO GIL Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-B70A e-mail: migg@quim.ucm.es |
| Laboratorio | Profesor: V. ISMAEL ÁGUEDA MATÉ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-168 e-mail: viam@quim.ucm.es |



II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de la simulación es la descripción y utilización de una herramienta fundamental para el ingeniero químico: la simulación de procesos. Por otra parte, el objetivo del control es proporcionar al alumno un conocimiento extenso y profundo sobre los fundamentos de los sistemas de control automático y la instrumentación industrial.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los fundamentos de los programas de simulación de procesos químicos.
- Aprender a manejar ASPEN PLUS.
- Diseñar y optimizar procesos de la industria química en presencia de incertidumbre.
- Comprender y dominar las herramientas matemáticas utilizadas en la descripción de la dinámica de procesos en lazo abierto y lazo cerrado.
- Comprender y dominar los mecanismos y principios básicos de operación de la instrumentación y las características básicas de señales estándar usadas en los sistemas de control analógicos y digitales.
- Saber diseñar los circuitos y las acciones y lazos de control con las especificaciones de respuesta y estabilidad más adecuadas.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Nociones básicas de informática (manejo de Windows, Word, PowerPoint) y de matemáticas (ecuaciones diferenciales, transformadas de Laplace).

■ RECOMENDACIONES:

Se recomienda haber cursado las asignaturas de *Fundamentos de Ingeniería Química*, *Termodinámica Aplicada* y *Mecánica de Fluidos*, así como estar cursando las asignaturas de tercer curso *Operaciones de Separación e Ingeniería de la reacción Química*.

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Dominio del tiempo. Dominio de Laplace. Dominio de la frecuencia. Especificaciones y normas. Terminología. Diagramas P&ID. Instrumentación analógica y digital. Instrumentación virtual. Entorno MATLAB-SIMULINK. Medidores de temperatura, presión, caudal, nivel. Análisis industrial. Control. Niveles de automatización. Lazo abierto y lazo cerrado. Acciones de control. Elemento final. Sintonización y estabilidad. Aplicaciones a control de presión y temperatura con programas informáticos comerciales. Modelos. Simulación de procesos mediante programas. Optimización.



■ PROGRAMA:

BLOQUE 1: SIMULACIÓN DE PROCESOS

Tema 1. Introducción a la Estrategia y Simulación de Procesos

Conceptos básicos. Aplicaciones de la simulación en la industria química. Modelos. Modelos matemáticos. Sistemas. Construcción de modelos matemáticos. Simuladores comerciales. Arquitectura de un simulador. Simulación estacionaria y dinámica.

Tema 2. Simulación de procesos en régimen estacionario

Desarrollo del diagrama de flujo para la simulación. Relación Modelo / operación. Sistemas de Unidades. Componentes. Tipos de Componentes. Sistemas termodinámicos. Métodos para la estimación del equilibrio LV y LL. Grados de libertad y especificaciones de diseño. Tipos de problemas relacionados con la simulación de procesos. Simuladores secuenciales y simultáneos.

Tema 3. La estrategia modular secuencial para la simulación de procesos en régimen estacionario

Métodos iterativos en simulaciones secuenciales. Resolución de problemas con reciclo y especificaciones de diseño. Corrientes de corte. Criterio de fin de procesos iterativos. Ventajas y desventajas de la resolución secuencial modular. Métodos para renovación de hipótesis (directa, sobrerelajación, Wegstein, Newton y Broyden)

Tema 4. Simulación de procesos en estado estacionario con ASPEN PLUS

Características fundamentales del paquete de "software" comercial ASPEN PLUS. Utilización del "interface" gráfico. Requerimientos para llevar a cabo una simulación de un proceso. Modelos de operación unitaria. Estimación de propiedades físicas. Tipos de variables. Análisis de sensibilidad de variables. Especificaciones de diseño.

BLOQUE 2: CONTROL DE PROCESOS

Tema 5. Dinámica. Dominio del tiempo

Dinámica de sistemas. Sistemas lineales de primer orden. Sistemas lineales de segundo orden. Sistemas no lineales y linealización.

Tema 6. Dominios de Laplace y de la Frecuencia

Transformada de Laplace. Funciones de transferencia. Diagramas de bloques. Álgebra de bloques. Respuesta de frecuencia. Diagramas de Bode.

Tema 7. Lazos de control

Acciones de control. Elemento final de control. Lazos "feedback" y "feedforward". Estabilidad absoluta y relativa. Aplicaciones a operaciones y procesos.

Tema 8. Instrumentación

Especificaciones, normas. Instrumentación analógica. Instrumentación digital. Medidores, transmisores, controladores, actuadores e instrumentación industrial.



V.- COMPETENCIAS

■ GENERALES:

- **CG1-TQ1:** Utilizar conceptos para el aprendizaje autónomo de nuevos métodos y teorías.
- **CG5-TQ1:** Analizar, diseñar, simular y optimizar procesos y productos.

■ ESPECÍFICAS:

- **CE19-IP1:** Realizar balances de materia y energía macroscópicos.
- **CE21-IP1:** Analizar los componentes de un proceso químico bajo los aspectos preferentes termodinámicos, cinéticos y operativos y establecer la integración óptima de los mismos.
- **CE23-IP1:** Saber plantear y optimizar modelos que permitan la simulación de procesos.
- **CE23-IP2:** Utilizar los programas comerciales de simulación en Ingeniería Química.
- **CE23-IP3:** Utilizar las herramientas matemáticas utilizadas en el control dinámico en lazo abierto y lazo cerrado.
- **CE23-IP4:** Definir, reconocer y contrastar la exactitud y sensibilidad de instrumentos de medida industriales.
- **CE23-IP5:** Usar paquetes comerciales de supervisión (SCADA) y de I&C, interpretar y definir especificaciones, diagramas de bloques y esquemas P&ID.

■ TRANSVERSALES:

- **CT1-TQ1:** Desarrollar capacidad de análisis y síntesis.
- **CT2-TQ1:** Resolver problemas en el área de la Tecnología Química.
- **CT6-TQ1:** Utilizar herramientas y programas informáticos para calcular, simular y aproximar.
- **CT8-TQ1:** Demostrar capacidad para el razonamiento crítico y autocrítico.



VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

| Actividad | Presencial (horas) | Trabajo autónomo (horas) | Créditos |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|----------|
| Clases teóricas | 42 | 63 | 4,2 |
| Seminarios | 18 | 27 | 1,8 |
| Laboratorio | 30 | 22,5 | 2,1 |
| Tutorías | 3 | 4,5 | 0,3 |
| Preparación de trabajos y exámenes | 6 | 9 | 0,6 |
| Total | 99 | 126 | 9 |

VII.- METODOLOGÍA

El tiempo lectivo del curso se divide en clases teóricas, seminarios, laboratorios, y tutorías.

Las **clases teóricas** que se desarrollen en aula se impartirán a un solo grupo y las que se desarrollen en sala de informática se impartirán a dos grupos. Consistirán, de forma mayoritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrán conocimientos teóricos generales sobre la simulación y control de procesos. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno las siguientes competencias: CG1-TQ1, CE21-IP1, CE23-IP2, CE23-IP3, CE23-IP4 y CE23-IP5.

Las **clases de seminario** se impartirán en dos grupos. En el bloque de control de procesos, en estas clases se abordarán tanto la resolución de problemas previamente propuestos como algunos temas de carácter complementario y eminentemente prácticos. En el bloque de simulación, se realizarán en aulas de informática. En estas clases se explicará el manejo del programa ASPEN PLUS y herramientas matemáticas empleadas en el control, centrándose en los elementos que se requieran para resolver los casos prácticos asignados a los alumnos. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno las siguientes competencias: CG5-TQ1, CE19-IP1, CE23-IP2, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT6-TQ1 y CT8-TQ1

En el **laboratorio** de la parte de simulación de procesos los alumnos resolverán distintos casos prácticos con ASPEN PLUS con el asesoramiento del profesor. Los alumnos harán también una práctica de control (presión y temperatura) dotada de SCADA. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno las siguientes competencias: CE23-IP2, CE23-IP4, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT6-TQ1, CT8-TQ1.

En las **tutorías** se supervisará el progreso de los alumnos, resolviendo sus dudas sobre lo aprendido en las clases teóricas, y sobre la resolución de los casos prácticos planteados. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno la competencia CT8-TQ1.



Se utilizará el **Campus Virtual** como instrumento para poner a disposición de los alumnos el material que se utilizará en las clases teóricas y prácticas, y como medio de comunicación entre el profesor y los alumnos.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

■ BÁSICA:

- ASPEN PLUS, “*Manuales de usuario del programa*”.
- OLLERO DE CASTRO, P., “*Control e Instrumentación de los procesos químicos*”. Ed Síntesis, 2006.
- LUYBEN, W. L., “*Process Modelling, Simulation, and Control for Chemical Engineers*”, 2nd ed., McGraw-Hill, 1990.
- OGATA, K., “*Ingeniería de Control Moderna*”, 5º ed., Prentice Hall, 2010.

■ COMPLEMENTARIA:

- RAMIREZ, W.F., “*Computational Methods for Process Simulation*, Butterworths, 1989.
- EIDER, WARREN D.; SEADER, J.D. y LEWIN, DANIEL R., “*Process Design Principles. Synthesis, Analysis and Evaluation*”, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1999.
- ALEXANDRE C. DIMIAN, “*Integrated Design and Simulation of Chemical Processes*”, Elsevier, 2003.
- CREUS, A., “*Instrumentación Industrial*”, Marcombo-Boixareu, 1993.
- OGATA, K., “*Sistemas de Control en Tiempo Discreto*”, 2ª ed., Prentice Hall, 1996.
- ACEDO, J., “*Instrumentación y control avanzado de procesos*”, Díaz de Santos, 2006.

IX.- EVALUACIÓN

La evaluación del rendimiento del alumno 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 las actividades dirigidas y el trabajo personal efectuado por el alumno.

Para poder realizar la evaluación global de la asignatura y presentarse al examen final, el estudiante deberá haber participado al menos en el 70% de las actividades presenciales de aula (teoría, seminarios y tutorías). La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es **obligatoria**.

El rendimiento académico y la calificación final serán el resultado de las calificaciones obtenidas en el Bloque de Simulación de Procesos (45%), y en el Bloque de Control de Procesos (55%), ponderadas de la siguiente forma en cada uno de los bloques:

| Simulación de Procesos: | |
|-------------------------|-----|
| Examen: | 30% |
| Actividades dirigidas: | 35% |



| | |
|---------------------------|-----|
| Prácticas de laboratorio: | 35% |
| <hr/> | |
| Control de Procesos: | |
| Examen: | 70% |
| Actividades dirigidas: | 15% |
| Prácticas de laboratorio: | 15% |

Será necesario obtener una calificación mínima de cuatro en cada bloque para realizar la media.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura (exámenes parciales, laboratorios, tutorías, entrega de problemas) 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 especial, las notas de los exámenes parciales se comunicarán en un plazo máximo de 20 días, salvo en el caso del segundo parcial, en el que el plazo puede ser menor para adaptarse al examen final.

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, aunque podría verse alterado en función de la planificación anual de los laboratorios del tercer curso.

■ EXAMEN ESCRITO:

52%

La evaluación de las competencias adquiridas en la asignatura (CG1-TQ1, CE21-IP1, CE23-IP2, CE23-IP3, CE23-IP4 y CE23-IP5) se realizará mediante dos exámenes parciales escritos, así como un examen final, en las convocatorias ordinaria (junio) y/o extraordinaria (julio). Los exámenes del Bloque de Simulación de Procesos consistirán en un conjunto de cuestiones de desarrollo o aplicación directa de teoría y de problemas numéricos. Los exámenes del Bloque de Control de Procesos constarán de una parte de teoría y otra de problemas.

El primer parcial, de carácter principalmente práctico, se corresponde con el Bloque de Simulación de Procesos y se realizará a mediados del semestre. El segundo parcial se corresponde con el Bloque de Control de Procesos y se realizará finalizado el semestre.

En el examen parcial del Bloque de Control de Procesos es necesario obtener una calificación mínima de 4 en cada parte (teoría y problemas).

Para aprobar por curso será necesario obtener una calificación mínima de cuatro en cada bloque para realizar la media y la nota global debe ser superior a 5. Los estudiantes que aprueben por curso no necesitan realizar el examen final

Aquellos estudiantes que no superen por curso la asignatura deberán realizar el examen final. Este examen final consta de dos bloques: Simulación de procesos (Bloque 1) y Control de Procesos (Bloque 2). Será necesario obtener una puntuación mínima de 5,0 puntos sobre 10,0 (con un mínimo de 4 puntos tanto en teoría como en problemas) en el Bloque 2 del examen final para acceder a la calificación global de la asignatura.



Los alumnos que superen los dos exámenes parciales no estarán obligados a presentarse al examen final. La calificación obtenida en los exámenes parciales, o en su caso en el examen final, representará el 52% de la evaluación global.

En el caso de no superar la asignatura realizando el examen final en la convocatoria ordinaria, se podrá efectuar éste en la convocatoria extraordinaria. En este caso, a efectos de la evaluación global, el examen representará igualmente un 52% de la calificación, aplicándose los mismos criterios de calificación de la convocatoria ordinaria y la misma evaluación para las restantes actividades realizadas en el curso.

■ TRABAJOS DIRIGIDOS Y PARTICIPACIÓN EN SEMINARIOS: 24%

La evaluación de las actividades dirigidas permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG5-TQ1, CE19-IP1, CE23-IP2, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT6-TQ1 y CT8-TQ1. Para la convocatoria extraordinaria se mantendrá la calificación de las actividades dirigidas.

Los alumnos han de entregar, según plazos que se fijen a principio del curso, la resolución de alguno de los problemas de la colección y realizarán además dos pruebas escritas cortas en el Bloque de Control de Procesos para medir el grado de consecución de las competencias y destrezas en la realización del ejercicio desde las especificaciones del problema hasta los resultados obtenidos tanto en el bloque de Simulación como en el bloque de Control de Procesos.

Una vez obtenida esta calificación se mantendrá en todas las convocatorias en ambas partes.

■ PRÁCTICAS: de un trabajo dirigido 24%

Con el fin de fomentar el aprendizaje cooperativo se organizarán grupos reducidos.

La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es **obligatoria**. La evaluación en la convocatoria ordinaria se realizará teniendo en cuenta la aptitud y actitud del alumno en las sesiones prácticas, sus respuestas a cuestiones concretas planteadas por el profesor, así como la calidad del informe escrito presentado por grupo de trabajo sobre la resolución del caso práctico y de la práctica de laboratorio. Dicho informe se entregará a los profesores de la asignatura para su evaluación. Además, los alumnos realizarán un trabajo en grupo sobre un caso práctico de control en un ámbito de la industria química más general, publicándose en el campus virtual las condiciones y el calendario para que se haga dicho trabajo.

La evaluación permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CE23-IP2, CE23-IP4, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT6-TQ1 y CT8-TQ1. En la convocatoria extraordinaria, aquellos alumnos que tengan una nota inferior a 4 deberán repetir el informe escrito. Las prácticas de laboratorio representan el 24% de la evaluación global.

En la parte correspondiente al bloque de simulación, para poder recibir calificación del caso práctico el alumno debe obtener una calificación mínima de cuatro en el examen escrito.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

| BLOQUE | ACTIVIDAD | HORAS | GRUPOS | INICIO | FIN |
|----------------------------------|-----------------------|-------|--------|----------------------|------------|
| 1. SIMULACIÓN DE PROCESOS | Teoría | 19 | 2 | 2ª semana | 15ª semana |
| | Seminario | 8 | 2 | | |
| 2. CONTROL DE PROCESOS | Teoría | 23 | 1 | 1ª semana | 15ª semana |
| | Seminario | 10 | 2 | | |
| BLOQUE 1 y 2. | Tutorías programadas* | 3 | 4 | Semanas 6ª, 13ª, 15ª | |
| 1. SIMULACIÓN DE PROCESOS | Laboratorio | 15 | 4 | 12ª semana | 14ª semana |
| 2. CONTROL DE PROCESOS | Laboratorio | 15 | 10 | 8ª semana | 13ª semana |

* Las tutorías programadas están sujetas a posibles modificaciones según la planificación conjunta del curso.



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

| Actividad docente | Competencias asociadas | Actividad Profesor | Actividad alumno | Procedimiento de evaluación | P | NP | Total | C |
|-------------------|--|---|--|--|----|------|-------|-----|
| Clases de teoría | CG1-TQ1 CE21-IP1 CE23-IP1 CE23-IP2 CE23-IP3 CE23-IP4 CE23-IP5 | Exposición de los conocimientos teóricos necesarios para resolver los casos prácticos | Toma de apuntes | | 42 | 63 | 105 | - |
| Seminarios | CG5-TQ1, CE19-IP1, CE23-IP2, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT6-TQ1, CT8-TQ1 | Explicación del manejo de ASPEN PLUS | Toma de apuntes Manejo del ordenador | Evaluación del programa entregado para resolver el caso asignado | 18 | 27 | 45 | 24% |
| Laboratorios | CE23-IP2, CE23-IP4, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT6-TQ1, CT8-TQ1. | Asesoramiento a los alumnos en los casos prácticos asignados. Realización de prácticas de laboratorio | Aplicación de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas y seminarios. Manejo de equipos comerciales de control | Evaluación del informe sobre el caso asignado y de las aptitudes en el laboratorio | 30 | 22,5 | 52,5 | 24% |
| Tutorías | CT8-TQ1 | Supervisión del progreso de los alumnos | Preparación de las preguntas para el profesor, asimilación y aplicación de las explicaciones recibidas | | 3 | 4,5 | 7,5 | - |
| Exámenes | CG1-TQ1, CE21-IP1, CE23-IP3 | Propuesta, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno | Estudio y realización | Examen sobre los contenidos expuestos en las clases teóricas | 6 | 9 | 15 | 52% |

P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación



ESCENARIO 2. SEMIPRESENCIAL

VIII.- METODOLOGÍA

BLOQUE I

- **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: 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.

- **Prácticas de laboratorio** previstas con una presencialidad general mínima del 60% para poder cumplir con la distancia social necesaria. La organización docente las prácticas se sustenta en los siguientes aspectos:
 - La impartición de cada sesión práctica se estructura en dos partes: explicación caso práctico, y resolución de problemas por parte de los estudiantes.
 - La resolución de un caso práctico se desarrollará de forma presencial o remota. En los casos en los que esto no pueda ser viable se prevé la utilización de material grabado.
 - La resolución de problemas será impartido atendiendo a alguna 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, 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.

BLOQUE 2

- **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: 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.
- **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. Habrá prácticas presenciales en un aula, manteniendo así mayor distancia social, virtuales en sesiones síncronas y 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, 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

BLOQUE I

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

BLOQUE 2

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



ESCENARIO 3. TOTALMENTE VIRTUAL

VIII.- METODOLOGÍA

BLOQUE I

- **Clases de teoría virtual** para cada grupo se realizarán publicando en el Campus archivos con el contenido teórico del tema y presentaciones de Power Point provistas de notas y/o de audios explicativos del profesor. Asimismo, se impartirán algunas clases online mediante el empleo de plataformas como Google Meet que permiten la participación de los alumnos y la interacción de los alumnos con el profesor.
- **Seminarios virtuales** consistirán en el desarrollo completo y detallado de un conjunto de problemas seleccionados, cuyos enunciados ya se han distribuido para que el estudiante los intente resolver por su cuenta una vez impartido el tema. Las soluciones de dichos problemas se les facilitará a los alumnos perfectamente explicados a través del Campus Virtual.
- **Tutorías virtuales** para la resolución de dudas se programarán y llevarán a cabo de forma individual o en grupos reducidos que se podrán realizar en horas diferentes al horario de clases establecido empleando distintas plataformas como Skype, Zoom o bien a través del chat del Campus virtual o mediante correo electrónico dirigido directamente al profesor.
- Las **prácticas de laboratorio** serán sustituidas por **sesiones sincrónicas** virtuales apoyadas por presentaciones explicativas. Al tratarse de prácticas de Simulación empleando programas comerciales, se plantea la instalación de dichos programas en los equipos de los estudiantes y realizar las prácticas en remoto.
- **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.

BLOQUE 2

- **Clases de teoría virtual**, mediante sesiones sincrónicas, preferentemente, a través del empleo de plataformas como Google Meet que permiten la participación de los alumnos y la interacción de los alumnos con el profesor. Estas sesiones se grabarán y estarán disponibles en el CV. También estarán disponibles archivos (presentaciones de Power Point o documentos pdf) con el contenido del tema. Si en algún tema no se realizan clases sincrónicas se dotará a los archivos correspondientes de notas y/o de audios explicativos del profesor.
- **Seminarios virtuales** consistirán en el desarrollo completo y detallado de un conjunto de problemas seleccionados, cuyos enunciados ya se han distribuido para que el estudiante los intente resolver por su cuenta una vez impartido el tema. Las soluciones de dichos problemas se les facilitará a los alumnos perfectamente explicados a través del Campus Virtual, preferentemente mediante clases sincrónicas a través del empleo de plataformas como Google Meet, que quedarán grabadas en el CV.



- **Tutorías virtuales** para la resolución de dudas se programarán y llevarán a cabo de forma individual o en grupos reducidos que se podrán realizar en horas diferentes al horario de clases establecido empleando distintas plataformas como Skype, Zoom o bien a través del chat del Campus virtual o mediante correo electrónico dirigido directamente al profesor.
- Las **prácticas de laboratorio** serán sustituidas por **sesiones síncronas** virtuales apoyadas por presentaciones explicativas.

Se emplea el material que se detalla a continuación y que está disponible en el CV de cada subgrupo de prácticas:

- Guion de la práctica.
- Presentación explicativa en forma de ejercicio.
- 1 sesión síncrona con Google Meet.
- Grabación de la sesión síncrona

El estudiante deberá realizar antes de la sesión síncrona un cuestionario sobre la práctica, que deberá superar para que la práctica pueda ser calificada.

Tras la realización de la práctica se realizará un examen de la práctica en forma de cuestionario.

Las indicaciones para realizar ambos cuestionarios estarán disponibles con antelación en el CV.

El estudiante entregará la memoria de la práctica a través de una tarea en el CV.

- **Seguimiento del alumnado**
Se realizará igual que lo descrito en el Escenario 2 para la docencia virtual.



X.- EVALUACIÓN

BLOQUE I

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN

- **Antes del examen: 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 (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 del chat de Moodle.

- **Tipo de examen:**

Los profesores subirán con antelación suficiente al Campus Virtual de su asignatura, las instrucciones detalladas en las que se informe correctamente 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 recomienda llevar a cabo 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 virtual tendrá distintos formatos dependiendo de la actividad y de las competencias a evaluar y se diseñará en el Campus Virtual (Moodle) a través de las herramientas que esta plataforma ofrece:

- Cuestionarios de preguntas multi-opción, de desarrollo o de respuesta corta, utilizando las distintas herramientas que ofrece el Campus Virtual.
- Tareas secuenciales, con un único envío por tarea. Cuando se trate de tareas que requieran de cálculos y planteamientos, el estudiante debe enviar la solución manuscrita con la justificación de todos los cálculos y razonamientos hechos en formato pdf o jpg. Los ficheros han de estar ordenados, han de poder verse de forma clara, las páginas tienen que estar numeradas y con la orientación adecuada, habiendo firmado e incluido el DNI o el documento de identificación utilizado en cada una de las hojas.
- Pruebas orales grabadas en sesiones de Google Meet.

En cualquier caso, el tiempo máximo por examen es de 3 horas.

- **Durante el examen: Seguimiento de la prueba**

El seguimiento de estudiantes durante la prueba se podrá efectuar tanto de forma sincrónica mediante conexión abierta Microsoft Teams en Moodle o mediante Google Meet, así como de forma asincrónica, 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 chat o el correo electrónico del Campus Virtual.

- **Revisión de exámenes no presencial**

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 Google Meet compartiendo los documentos necesarios. Si ha sido necesaria la realización de alguna prueba oral a algún estudiante, se dispondrá de la correspondiente grabación. Las videoconferencias de las revisiones podrán ser grabadas.

- **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.

BLOQUE 2

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, 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 (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:**

Los exámenes parciales previstos a lo largo del curso se realizarán en este escenario de modo virtual. El segundo parcial que corresponde al Bloque de Control constará de un parte de teoría y otra de problemas. Ambos exámenes se diseñarán en el Campus Virtual (Moodle) a través de la herramienta de Tareas y Cuestionarios, con la posibilidad de que diferentes estudiantes pueden acceder a exámenes diferentes. Los detalles sobre la realización y desarrollo de las pruebas escritas se indicarán con la suficiente antelación en el CV.

El examen ordinario y extraordinario se diseñarán en el Campus Virtual (Moodle) a través de la herramienta de Tareas y Cuestionarios, con la posibilidad de que diferentes estudiantes puedan acceder a exámenes diferentes. Constarán de las partes correspondientes a los Bloques 1 y 2. Los detalles sobre la realización y desarrollo del examen se indicarán con la suficiente antelación en el CV.

Siguen siendo válidos los requisitos recogidos en el escenario 1 para optar a la evaluación por curso y a la calificación global de la asignatura.

- **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 correspondientes a la parte que solicitan revisar mediante correo electrónico y se establecerá el horario de revisión individual mediante 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.