



Guía Docente:

CONTROL AVANZADO DE PROCESOS



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2019-2020



I.- IDENTIFICACIÓN

| | |
|---------------------------------|---|
| NOMBRE DE LA ASIGNATURA: | Control Avanzado de Procesos Químicos |
| CARÁCTER: | Optativa |
| MATERIA: | Campos de Aplicación de la Ingeniería Química |
| MÓDULO: | Tecnología Química |
| TITULACIÓN: | Master en Ingeniería Química |
| SEMESTRE/CUATRIMESTRE: | Semestral (segundo semestre) |
| DEPARTAMENTO/S: | Ingeniería Química y de Materiales-Matemática Aplicada |

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

| Grupo Único | |
|---|--|
| Teoría Seminario Tutoría Laboratorio | Profesor: MARIA ISABEL GUIJARRO Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QA-B70 e-mail: migg@ucm.es |
| Teoría Seminario Tutoría Laboratorio | Profesora: PEDRO YUSTOS CUESTA Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QP-109 e-mail: pyustosc@ucm.es |
| Teoría Seminario Tutoría Laboratorio | Profesor: GREGORIO DÍAZ DÍAZ Departamento: Matemática Aplicada Despacho: QB-646 e-mail: gdiaz@ucm.es |

II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

La asignatura *Control Avanzado de Procesos* es una asignatura optativa del Master de Ingeniería Química y tiene como objetivo que el alumno adquiera las competencias generales y específicas que le capaciten para la elaboración de modelos dinámicos incluyendo distintas estructuras de control avanzado que habitualmente se utilizan en la industria química para una buena regulación de la planta. El alumno conocerá las bases matemáticas e ingenieriles así como el software informático aplicado a tal fin.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Aprender a diseñar estrategias de diferentes tipos de procesos, comprender el funcionamiento de los equipos de control en unidades de proceso, y poder calcular, sintonizar e implementar un controlador en un equipo.



- Estudiar en profundidad la instrumentación inteligente y protocolos de comunicación empleando buses de campo, sistemas de control distribuido (DCS), programación de autómatas y controladores lógicos programables (PLC's).
- Aprender a conceptualizar modelos de ingeniería y aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Se recomienda tener una formación previa obtenida a través de asignaturas relacionadas con la Instrumentación y el control de procesos.

■ RECOMENDACIONES:

Nociones básicas del entorno MATLAB-SIMULINK, y de matemáticas (ecuaciones diferenciales, transformadas de Laplace).

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Fundamentos de simulación dinámica de procesos químicos, dinámica de primer y segundo orden. Instrumentación inteligente, sistemas de control distribuido (DCS), controladores lógicos programables (PLC's); se tratan los sistemas de información de plantas, protocolos de comunicaciones y sistemas de gestión. Diseño y ajuste de controladores. Automatización de instalaciones industriales. Control digital de procesos.

■ PROGRAMA:

Tema 1. Introducción matemática para el control de procesos químicos.

- Herramientas matemáticas de control. Transformaciones integrales (Laplace, Fourier)
- Sistemas dinámicos. Linealización y estabilidad.
- Sistemas dinámicos controlados. Controlabilidad. Principio Bang-Bang
- Introducción al Control Óptimo de tiempos de llegada. Modelos y aplicaciones.
- Implementación y simulación en Matlab.

Tema 2. Introducción al control.

Fundamentos de simulación dinámica de procesos químicos. Evolución de los sistemas de control. Identificación de sistemas. Simulación de procesos regulados por controladores PID. Automatización y niveles de automatización de instalaciones industriales.

(Diseño y ajuste de controladores)



Tema 3. Control Avanzado.

Control digital de procesos (control centralizado, control distributivo y PLC's). Red de comunicaciones. Estrategias de control avanzado (Cascada, Control adaptativo, predictivo). Redes neuronales (y modelos de lógica difusa). Control avanzado multivariable. Aplicaciones al control de equipos de proceso, control de procesos energéticos y al control avanzado multivariable. Control de unidades individuales. Simulación dinámica de procesos industriales

V.- COMPETENCIAS

■ GENERALES:

- **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.
- **CG6:** Tener capacidad de análisis y síntesis para el progreso continuo de productos, procesos, sistemas y servicios utilizando criterios de seguridad, viabilidad económica, calidad y gestión medio ambiental.
- **CG10:** Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nueva 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 permiten el desarrollo continuo de la profesión.

■ ESPECÍFICAS:

- **CE1:** Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otra ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas teóricos.
- **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.
- **CE4:** Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos o que tengan especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño.



- **CE5:** Dirigir y supervisar todo tipo de instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas industriales relacionadas con la ingeniería química.
- **CE11:** Dirigir y realizar la verificación, el control de las instalaciones, procesos y productos, así como certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.

■ TRANSVERSALES:

- **CT1:** Desarrollar el trabajo de forma autónoma.
- **CT2:** Trabajar en equipo fomentando el desarrollo de habilidades en las relaciones humanas.
- **CT4:** Demostrar razonamiento crítico y autocrítico en busca de la calidad y rigor científicos.
- **CT6:** Aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos multidisciplinares, los conceptos, principios, teorías o modelos relacionados con la Ingeniería Química.
- **CT8:** Integrar creativamente conocimientos y aplicarlos a la resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos multidisciplinares.
- **CT10:** Utilizar herramientas y programas informáticos para el tratamiento y difusión de los resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica.

VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

| Actividad | Presencial (horas) | Trabajo autónomo (horas) | Créditos |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|----------|
| Clases teóricas | 30 | 45 | 3,0 |
| Seminarios | 15 | 22,5 | 1,5 |
| Laboratorio en el aula informática | 10 | 7,5 | 0,75 |
| Tutorías | 2 | 3 | 0,2 |
| Preparación de exámenes | 3 | 12 | 0,55 |
| Total | 60 | 90 | 6 |

VII.- METODOLOGÍA

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



Las **clases teóricas** se desarrollarán en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los graduados matriculados en la asignatura. Consistirán, de forma mayoritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrán conocimientos teóricos sobre los contenidos matemáticos e ingenieriles de la asignatura. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno las siguientes competencias: CG2, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE11.

Las **clases de seminario** se realizarán parcialmente en aulas de informática; en estas clases se utilizará el programa MATLAB 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, CG6, CG10, CG11, CE1, CE4.

En el **laboratorio** se impartirán en aulas de informática donde se resolverán casos prácticos en MATLAB con el asesoramiento del profesor. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno las siguientes competencias: CG5, CG11, CE3, CE5, CE11, CT8, CT10

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 las competencias CT1, CT2, CT4, CT6.

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

- Computer Controlled Systems. Karl J. Astrom. Prentice Hall (1996).
- Sistemas de Control en Tiempo Discreto. Katsuhiko Ogata. Prentice Hall (2002).
- “Mathematics in Chemical Engineering” in Ullmann’s Modelling and Simulation. B. Finlayson, L.T. Biegler, I. Grossman, Wiley (2007).
- Ingeniería de Control Moderna. Katsuhiko Ogata. Prentice Hall (2010).
- Feedback control of dynamic systems. Gene F. Franklin, J. David Powell (2009).
- Digital Control Systems. Ioan Doré Landua. Springer (2006).
- High performance control of AC drives with Matlab/ Simulink models, Abu-Rub, Haitham. John Wiley & Sons (2012).
- Control avanzado de procesos: teoría y práctica. Acedo Sánchez, José. Díaz de Santos (2004).
- Handbook of Intelligent Control. D.A. White and D.A. Sofge. Van Nostrand Reinhold (1992).
- Introduction to Chemical Engineering Computing, B.A. Finlayson, Wiley (2012)



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 en el 100% de las actividades presenciales.

El rendimiento académico y la calificación final serán el resultado de las calificaciones obtenidas ponderadas de la siguiente forma:

| | |
|-------------------------|-----|
| Examen: | 60% |
| Actividades dirigidas: | 20% |
| Prácticas informáticas: | 20% |

■ EXAMEN ESCRITO: 60%

La evaluación de las competencias adquiridas en la asignatura (CG5, CG6, CG11, CE3, CE4) se realizará mediante pruebas escritas y dos exámenes en las convocatorias ordinaria (junio) y/o extraordinaria (septiembre), que consistirá en un conjunto de cuestiones de desarrollo o aplicación directa de teoría y de problemas numéricos. En el caso de realizar el examen final, será necesario alcanzar una nota mínima de 4 puntos para acceder a la evaluación global de la asignatura.

En el caso de no superar la asignatura realizando el examen final en la convocatoria ordinaria, se podrá efectuar éste en la convocatoria extraordinaria.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura 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 diez días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.

PARTICIPACIÓN EN SEMINARIOS Y TUTORIAS: 20%

La evaluación de las actividades dirigidas permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG6, CG11, CE1, CE3, CE4, CE11, CT6 y CT8. Para la convocatoria extraordinaria se mantendrá la calificación de las actividades dirigidas.

Los alumnos han de PARTICIPAR, RESOLVER y ENTREGAR, según plazos que se fijen a principio del curso, una colección de problemas para medir el grado de consecución de las competencias y destrezas en la realización del ejercicio desde las especificaciones del problema hasta los resultados.

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

■ PRÁCTICAS DE INFORMÁTICA: 20%

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



La asistencia a todas las sesiones de prácticas informáticas 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. Dicho informe se entregará a los profesores de la asignatura para su evaluación.

La evaluación permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CE3, CT2, CT4 y CT10. En la convocatoria extraordinaria, aquellos alumnos que tengan una nota inferior a 4 deberán repetir el informe escrito.

Para poder recibir calificación del caso práctico el alumno debe obtener una calificación mínima (3) en el examen final escrito.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

| BLOQUE | ACTIVIDAD | HORAS | GRUPOS | INICIO | FIN |
|---|-----------------------|-------|--------|------------------|------------|
| 1. Introducción matemática para el control de procesos | Teoría | 10 | 1 | 1ª semana | 5ª semana |
| | Seminario | 5 | 1 | | |
| 2. Introducción al control | Teoría | 5 | 1 | 6ª semana | 8ª semana |
| | Seminario | 2 | 1 | | |
| 3. Control Avanzado | Teoría | 15 | 1 | 8ª semana | 15ª semana |
| | Seminario | 8 | 1 | | |
| BLOQUES 1 y 3. | Tutorías programadas* | 2 | 1 | Semanas 5ª, 11ª. | |
| 3. Control Avanzado | Laboratorio | 10 | 4 | 12ª 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 | CG2 CG5 CE1 CE2 CE3 CE4 CE5 CE11 | Exposición de los conocimientos teóricos necesarios para resolver los casos prácticos | Toma de apuntes | | 30 | 45 | 75 | - |
| Seminarios | CG5 CG6 CG10 CG11 CE1 CE4 | Explicación del manejo de MATLAB y SIMULINK | Toma de apuntes Manejo del ordenador | Evaluación del programa entregado para resolver los casos asignados | 15 | 22,5 | 37,5 | 20% |
| Prácticas informáticas | CG5 CG11 CE3 CE5 CE11 CT8 CT10 | Asesoramiento a los alumnos en los casos prácticos asignados. Realización de prácticas informáticas | 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 | 10 | 7,5 | 17,5 | 20% |
| Tutorías | CT1 CT2 CT4 CT6 | Supervisión del progreso de los alumnos | Preparación de las preguntas para el profesor, asimilación y aplicación de las explicaciones recibidas | | 2 | 3 | 5 | - |
| Exámenes | CG5 CG6 CG11 CE3 CE4 | Propuesta, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno | Estudio y realización | Examen sobre los contenidos expuestos en las clases teóricas | 3 | 12 | 15 | 60% |

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