

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Course/ Asignatura</b>	Advanced Process Control / Control Avanzado de Procesos		
<b>Unit / Materia</b>	Intensification / Intensificación		
<b>Module / Módulo</b>	Control and Instrumentation / Control e Instrumentación		
<b>Degree / Titulación</b>	Master in Chemical Engineering / Master de Ingeniería Química		
<b>Plan Code / Plan</b>	452	<b>Couse code/ Código</b>	53756
<b>Period/ Periodo de impartición</b>	1 <sup>st</sup> Semester /1er cuatrimestre	<b>Type / Tipo/Carácter</b>	Optional / Optativa
<b>Level/Cycle / Nivel/Ciclo</b>	MÁSTER	<b>Curso</b>	2º
<b>ECTS credits / Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Language / Lengua en que se imparte</b>	ENGLISH / INGLÉS		
<b>Staff / Profesor/es responsable/s</b>	Cesar de Prada		
<b>Contact / Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	<a href="mailto:prada@autom.uva.es">prada@autom.uva.es</a> 983 423164		
<b>Tutoring Schedule / Horario de tutorías</b>	<a href="http://www.uva.es">www.uva.es</a> → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Ingenierías Industriales → Tutorías		
<b>Department / Departamento</b>	Ingeniería de Sistemas y Automática		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualization / Contextualización

This course is taught in the first semester of the second year of the Master in Chemical Engineering. This course provides the basic knowledge, methods and practical experience required to design, implement and operate advanced control systems of industrial processes

Esta asignatura se enmarca en la formación en control avanzado de procesos industriales a los estudiantes de Ingeniería Química y proporciona los fundamentos, metodología y experiencia práctica para abordar el diseño y la implementación y la operación de sistemas de control avanzado en la industria de procesos.

### 1.2 Relationship with other subjects / Relación con otras materias

The course is related with topics of industrial computing within the same module, as well as with other topics of modelling, simulation, operation and optimization of systems of the process industry.

La asignatura está relacionada con temas de Informática aplicada a la industria de procesos dentro de la misma materia, así como con temas de modelado, simulación, operación y optimización de procesos..

### 1.3 Prerequisites / Prerequisitos

A background in processes is required, as well as basic knowledge of control, instrumentation, simulation and optimization methods

Se requieren tener conocimientos generales de procesos y haber cursado una asignatura básica de control e instrumentación de procesos y de simulación y optimización



## 2. Learning outcomes / Competencias

### 2.1 Basic / Generales

CG01. Ability to apply the scientific method and principles of engineering and economics to formulate and solve complex problems in processes, equipment, facilities and services, where matter changes its composition, state or energy content, characteristic of the Chemical industry and other related sectors, including pharmaceuticals, biotechnology, materials, energy, food and the environment.

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.

CG04. Perform appropriate research, design and lead the development of engineering solutions, in new or uncertain environments, relating creativity, originality, innovation and technology transfer.

Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología.

CG05. To know how to establish mathematical models and develop them by means of appropriate informatics, as scientific and technological basis for the design of new products, processes, systems and services, and for the optimization of others already developed.

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.

CG06. To be able to analyse and synthesize the continuous progress of products, processes, systems and services using criteria of safety, economic viability, quality and environmental management.

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 medioambiental.

CG08. Communicate and discuss proposals and conclusions in multilingual, specialized and non-specialized forums, in a clear and unambiguous way.

Liderar y definir equipos multidisciplinares capaces de resolver cambios técnicos y necesidades directivas en contextos nacionales e internacionales.



CG09. Communicate and discuss proposals and conclusions in multilingual, specialized and non-specialized forums, in a clear and unambiguous way

Comunicar y discutir propuestas y conclusiones en foros multilingües, especializados y no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades.

CG10. Adapt to changes, being able to apply new and advanced technologies and other relevant developments, with initiative and entrepreneurial spirit.

Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor.

CG11. To possess the abilities of the autonomous learning to maintain and to improve the own competences of the chemical engineering that allow the continuous development of the profession.

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.

## 2.2 Specific / Específicas

---

CEP01. Apply knowledge of maths, physics, chemistry biology and natural sciences, obtained by study, experience and practice, with critical reasoning to stablish viable solutions from an economic point of view economic to technical problems.

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.

CEP03. Conceptualize engineering models, apply innovative methods in problem solving and use of suitable computer applications for the design, simulation, optimization and control of processes and systems.

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.

CEP04. Ability to solve problems that are unfamiliar, incompletely defined, and have competing specifications, considering possible methods of solution, including the most innovative, selecting the most appropriate, and being able to correct the implementation, evaluating the different design solutions.

Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen 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.

CEP13. Obtain models of multivariable processes from experimental data



Obtener modelos de procesos multivariados a partir de datos experimentales

CEP14. Real time control and optimization of multivariable processes

Control y optimización de la operación en tiempo real de procesos multivariados

CEP15. On-line estimation of unmeasured variables

Estimar en línea variables no medidas





### 3. Aims / Objetivos

The course aims that the student is able to:

1. Obtain models of multivariable processes from experimental data
2. Design and implement control and optimization systems in real time of multivariable processes
3. Learn to estimate on-line unmeasured variables

La asignatura pretende que el alumno sea capaz de:

- Obtener modelos dinámicos de procesos multivariables a partir de datos experimentales.
- Diseñar y realizar el control y la optimización económica de la operación en tiempo real de procesos multivariables.
- Estimar en línea variables no medidas.





#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

- 1 Diseño de sistemas de control de planta
- 2 Modelado con datos experimentales
- 3 Control Predictivo / Aplicaciones
- 4 Optimización de procesos en tiempo real /Aplicaciones

#### Bloque :

Carga de trabajo en créditos ECTS: 

4.5
-----

##### a. Contextualización y justificación

Esta asignatura se enmarca en la formación en control y optimización de procesos a los estudiantes de Ingeniería Química. El control avanzado y la optimización son elementos fundamentales en el control y operación de procesos para lograr una producción segura y eficiente.

##### b. Objetivos de aprendizaje

Los alumnos que cursen la asignatura con aprovechamiento, partiendo de un conocimiento de los procesos con los que deben operar, deberían ser capaces de obtener modelos dinámicos de procesos multivariables a partir de datos experimentales, de diseñar estimadores en línea de variables no medidas y de utilizarlos en controladores avanzados y sistemas de optimización económica de la operación de una planta en tiempo real.

##### c. Contenidos

- Introduction to advanced control systems.
- Sampled data systems
- Model identification from experimental data
- Model Predictive control (MPC)
- Industrial applications of MPC
- Real time optimization (RTO)
- Estimation methods of unmeasured variables
  
- Modelos muestreados y técnicas y herramientas de identificación de modelos a partir de datos experimentales.
- Control predictivo y su aplicación en control y optimización de la operación de unidades de proceso típicas.
- Métodos de estimación de estados y variables no medidas.

##### 1. Diseño de sistemas de control de planta.

Lección 1.1 Introducción a los sistemas de control. Estructuras de control. Metodología de diseño del esquema de control de una planta completa. Sistemas de control de reactores, columnas, calderas, compresores, evaporadores, hornos.

Lección 1.2 Sistemas multivariables. Control de sistemas con interacción utilizando lazos simples. Medida de la interacción. Matriz de ganancias relativas de Bristol. Desacoplo. Ejemplos.

##### 2. Modelado con datos experimentales.

Lección 2.1 Modelos para control por computador. Toma de datos con computador. Teorema de Shannon. Modelos muestreados. Análisis de sistemas muestreados.

Lección 2.2 Modelado e identificación. Introducción a la identificación de sistemas. Métodos de estimación de parámetros. Propiedades de los estimadores. Diseño de experimentos. Métodos de validación de modelos.

##### 3. Control Predictivo.



- Lección 3.1 Introducción al Control predictivo (MPC). El regulador DMC. Formulación multivariable. Control predictivo con restricciones. Justificación económica del control avanzado. Ejemplos de aplicación.
- Lección 3.2 Control predictivo no lineal. Métodos de optimización dinámica. Ejemplos de aplicación
- Lección 3.3 Métodos de estimación de estados y variables no medidas. Filtro de Kalman. Estimación de horizonte deslizante. Ejemplos de aplicación.
4. Optimización de procesos en tiempo real.
- Lección 4.1 Organización de la producción, jerarquías de control. Optimización económica en tiempo real (RTO). Ejemplos de aplicación.
- Lección 4.2 Reconciliación de datos. Software de control y optimización. Práctica del RTO. Aplicaciones.

#### d. Métodos docentes

MÉTODOS DOCENTES	OBSERVACIONES
Clases de teoría y aula	Conocer los fundamentos
Clases de laboratorio, desarrollo de proyectos prácticos, discusiones	Aprender practicando

La asignatura se desarrollará tomando como base casos prácticos de control y optimización de procesos, siguiendo el enfoque de aprender practicando. El alumno se familiarizará con la metodología para abordar dichos casos prácticos, aprenderá a formularlos en entornos de control y optimización comerciales y a emplear los algoritmos y software adecuados, así como formas de utilizarlos en distintas aplicaciones.

#### e. Plan de trabajo

La asignatura se organizará en los siguientes bloques:

Tema	Título del tema	Teoría (horas)	Aula (horas)	Seminario (horas)	Laboratorio (horas)
1	Diseño de sistemas	5	2	1	6
2	Identificación	10	1	1	7
3	MPC	6	1	1	7
4	RTO	4	1	2	5
TOTAL		25	5	5	25

La organización semanal de las actividades presenciales será la siguiente:

Semana	Contenidos	Teoría (h)	Aula (h)	Seminario (h)	Laboratorio (h)
1	L1.1	2		1	1
2	L1.1	2	1		1
3	L1.1	1	1		2
4	L1.2	2			2





5	L2.1	2		1	1
6	L2.2	2			2
7	L2.2	2			2
8	L2.2	1	1		2
9	L3.1	2			2
10	L3.1	1	1		2
11	L3.2	2			2
12	L3.3	2		1	1
13	L4.1	2		1	1
14	L4.2	1		1	2
15	L4.2	1	1		2
TOTAL		25	5	5	25

#### f. Evaluación

ACTIVIDAD	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Participación en actividades	10%	
Trabajos e informes de laboratorio	60%	
Exámenes	30%	

#### g. Bibliografía básica

Process Dynamics, Modeling and Control, B.A. Ogunnaike, W.H. Ray, Oxford Univ. Press, 1994 (\*)  
Identification of multivariable industrial processes, Zhu Y., Backx, T., Springer Verlag 1993  
Model Predictive Control, E.F. Camacho y C. Bordons, Second Edition Springer-Verlag, Londres, ISBN 1-85233-694-3, 2004

#### h. Bibliografía complementaria

Manual de instrumentación y control de Procesos, Edt. Alción, 1998  
Biegler, L. T. Nonlinear Programming: Concepts, Algorithms and Applications to Chemical Processes, SIAM, Philadelphia (2010)  
Estrategias de Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos, L. Puigjaner, P. Ollero, C. de Prada, L. Jimenez, Editorial Síntesis, 2006

#### i. Recursos necesarios

Laboratorio de ISA, Sede Mergelina (Alfonso VIII)

Plantas piloto

Software de simulación, identificación, control predictivo y optimización

**j. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
4.5	Primer cuatrimestre

*Añada tantas páginas como bloques temáticos considere realizar.*

**5. Teaching methods / Métodos docentes y principios metodológicos**

TEACHING METHODS / MÉTODOS DOCENTES	COMMENTS / OBSERVACIONES
Theory and examples /Clases de teoría y aula	Knowing the basis / Conocer los fundamentos
Lab sessions, practical projects, seminars /Clases de laboratorio, desarrollo de proyectos prácticos, discusiones	Learning by practice / Aprender practicando

Lecturing is developed in the computer room in a practical way, following the principle of learning by practice. Besides explaining the fundamentals, the professor guides the class, involving the students in the development of practical cases of identification, control and optimization, following a methodology and using commercial software to apply them in different applications.

La asignatura se desarrollará tomando como base casos prácticos de control y optimización de procesos, siguiendo el enfoque de aprender practicando. El alumno se familiarizará con la metodología para abordar dichos casos prácticos, aprenderá a formularlos en entornos de control y optimización comerciales y a emplear los algoritmos y software adecuados, así como formas de utilizarlos en distintas aplicaciones.

**6. Study hours / Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura**

ON-SITE ACTIVITIES / ACTIVIDADES PRESENCIALES	HOURS HORAS	OFF-SITE ACTIVITIES /ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HOURS HORAS
Lectures / Clases teórico-prácticas	25	Self-study and individual work / Estudio y trabajo autónomo individual	60
Practical classes / Clases prácticas de aula	5	Study and autonomous group work / Estudio y trabajo autónomo grupal	30
Seminars / Seminarios	2		
Computing room classes /Laboratorios	25		
Mentoring / Tutorías	2		
Continuous evaluation / Evaluación (fuera del período de exámenes)	1		
<b>Total on-site /Total presencial</b>	<b>60</b>	<b>Total off-site /Total no presencial</b>	<b>90</b>

**7. Assessment methods – Summary table / Sistema y características de la evaluación**

ACTIVITY ACTIVIDAD	WEIGHT ON FINAL MARK /PESO EN LA NOTA FINAL	COMMENTS OBSERVACIONES
Participation in activities / Participación en actividades	10%	
Assignments / Trabajos e informes de laboratorio	60%	
Written exam / Exámen	30%	

**ASSESSMENT CRITERIA / CRITERIOS DE CALIFICACIÓN**

- **Ordinary exam / Convocatoria ordinaria:**
  - A minimum mark of 4.0 is required in the written exam to pass./ Se require un mínimo de 4 puntos en el examen final
- **Extraordinary exam / Convocatoria extraordinaria:**
  - A minimum mark of 4.0 is required in the written exam to pass. / Se require un mínimo de 4 puntos en el examen final

**8. Consideraciones finales**