

21-22

MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## CONTROL ADAPTATIVO OPTIMIZADO

CÓDIGO 28806292

Ambito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el Código Seguro de Verificación (CSV) en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



01.5D76A6.20733DB91F7254062E3423D9

uned

21-22

CONTROL ADAPTATIVO OPTIMIZADO  
CÓDIGO 28806292

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



015D76A620733DB91F7254082E3423D9

Nombre de la asignatura	CONTROL ADAPTATIVO OPTIMIZADO
Código	28806292
Curso académico	2021/2022
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	5
Horas	125.0
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Durante las últimas décadas, la implementación de los sistemas de control industrial ha evolucionado de la tecnología analógica a la digital. El énfasis en el uso de esta última ha dado lugar a avances en los sistemas de control disponibles en el mercado en términos de memoria, velocidad de cálculo, integración en red, inteligencia distribuida y otros, que posibilitan la optimización en el control de procesos industriales. Las técnicas de control industrial asociadas a la electrónica digital incluyen básicamente sistemas expertos basados en reglas, que tratan de emular el control manual realizado por un operador experto, sistemas de control predictivo sin adaptación, sistemas de control adaptativo predictivo y sistemas de control adaptativo optimizado.

En el contexto de control predictivo sin adaptación, donde el modelo predictivo debe de obtenerse previamente a la aplicación de control, varias alternativas han sido propuestas y están siendo actualmente aplicadas en la industria petroquímica preferentemente. Sin embargo, el rendimiento del control predictivo basado en un modelo con parámetros fijos puede deteriorarse cuando los parámetros del proceso varían y se produce un error de modelización, como puede observarse en la práctica. De hecho el principio de control predictivo se formuló originalmente en el contexto del control adaptativo predictivo que aparece de forma natural como una solución teóricamente capaz de aproximarse mejor a la inherente naturaleza cambiante de los procesos.

Como extensión de los conceptos del control adaptativo predictivo introducidos en 1976 se desarrollaron una serie de técnicas de control adaptativo caracterizadas por: (1) un modelo predictivo del proceso cuyos parámetros se ajustan en tiempo real por medio de un mecanismo de adaptación de forma que el error de predicción converge hacia cero, y (2) dicho modelo predictivo se utiliza en cada instante de control para deducir una futura trayectoria deseada de la salida del proceso minimizando un índice elegido de acuerdo con un cierto criterio de rendimiento. De esta forma, la teoría de los sistemas adaptativos se complementa con la de control óptimo para derivar la clase de control adaptativo optimizado.

Una versión reciente de control adaptativo optimizado, denominada control adaptativo predictivo experto ADEX, aboga por utilizar el conocimiento del que se dispone del proceso en el controlador, de forma que el rendimiento del mismo no tenga que depender únicamente de su mecanismo de adaptación cuando las condiciones de operación del proceso varían. De esta forma, considera la integración del control adaptativo predictivo con los principios básicos del control experto, definiendo dominios de operación para cada uno de ellos en una

Ámbito: GUJ - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/validar>



01.5D76A6.20733DB91F7254062E3423D9

estructura de control integrada. La evolución de las variables del proceso determina si control adaptativo optimizado o control experto debe aplicarse al proceso, de acuerdo con el correspondiente dominio de operación.

El objetivo último de la asignatura es el estudio y aplicación de sistemas de control adaptativo optimizado en los que controladores adaptativos optimizados se insertan en estrategias de control capaces de optimizar el rendimiento global del proceso. Estos sistemas representan un estadio de evolución avanzado de las técnicas de control industrial. La asignatura trata en profundidad los conceptos descritos en los párrafos anteriores, dando a conocer a los estudiantes la evolución histórica en el control de procesos industriales, explicando los distintos avances, nuevos conceptos y técnicas que se han ido desarrollando. La asignatura da a conocer al estudiante las metodologías de control avanzado que han alcanzado el estadio de la aplicación industrial y constituyen actualmente la vanguardia tecnológica en este dominio. Pone especial énfasis en la aplicación práctica de estos conocimientos de forma que el alumno se capacite y adquiera el criterio para su uso.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

La asignatura no tiene prerrequisitos específicos, si bien para su adecuado seguimiento y aprovechamiento se precisan los conocimientos previos básicos de control de procesos que se adquieren normalmente en las asignaturas de automática a nivel de grado universitario. Adicionalmente, se requieren algunos conocimientos básicos de programación para la realización de la mayoría de ejercicios propuestos.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

ANTONIO NEVADO REVIRIEGO (Coordinador de asignatura)  
anevado@ieec.uned.es  
91398-9389  
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
ING.ELÉCT., ELECTRÓN., CONTROL, TELEMÁT.

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

BLANCA QUINTANA GALERA  
bquintana@ieec.uned.es  
91398-8210  
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
ING.ELÉCT., ELECTRÓN., CONTROL, TELEMÁT.

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

El proceso de tutorización y seguimiento de los aprendizajes es continuo a partir de la comunicación de alumnos y profesores a través de los foros API y de los ejercicios en programación planificados a lo largo del curso. Además, los alumnos podrán en todo momento contactar con los profesores vía correo electrónico o telefónicamente durante el horario de guardia.

Ámbito: GJI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



015D76A620733DB91F7254062E3423D9

Martes lectivos de 16:00 a 20:00 horas

•Prof. Juan Manuel Martín Sánchez: [juanms@ieec.uned.es](mailto:juanms@ieec.uned.es) - Tlf: 91 398 64 88.

•Prof. Antonio Nevado Reviriego: [anevado@ieec.uned.es](mailto:anevado@ieec.uned.es) - Tlf: 91 398 93 89.

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### Competencias Básicas:

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones -y los conocimientos y razones últimas que las sustentan- a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Competencias Generales:

CG1 - Iniciativa y motivación

CG2 - Planificación y organización

CG3 - Manejo adecuado del tiempo

CG4 - Análisis y síntesis

CG5 - Aplicación de los conocimientos a la práctica

CG6 - Resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos

CG7 - Pensamiento creativo

CG8 - Razonamiento crítico

CG9 - Toma de decisiones

CG10 - Seguimiento, monitorización y evaluación del trabajo propio o de otros

CG11 - Aplicación de medidas de mejora

CG12 - Innovación

CG13 - Comunicación y expresión escrita

CG14 - Comunicación y expresión oral

CG15 - Comunicación y expresión en otras lenguas

CG16 - Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica

CG17 - Competencia en el uso de las TIC

CG18 - Competencia en la búsqueda de la información relevante

CG19 - Competencia en la gestión y organización de la información

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



01.5D76A6.20733DB91F7254062E3423D9

- CG20 - Competencia en la recolección de datos, el manejo de bases de datos y su presentación
- CG21 - Habilidad para coordinarse con el trabajo de otros
- CG22 - Habilidad para negociar de forma eficaz
- CG23 - Habilidad para la mediación y resolución de conflictos
- CG24 - Habilidad para coordinar grupos de trabajo
- CG25 - Liderazgo
- CG26 - Conocimiento y práctica de las reglas del trabajo académico
- CG27 - Compromiso ético y ética profesional
- CG28 - Conocimiento, respeto y fomento de los valores fundamentales de las sociedades democráticas
- CG29 - Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, mecánica de fluidos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.
- CG36 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

### Competencias Específicas:

- CE7 - Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial.
- CE8 - Capacidad para diseñar y proyectar sistemas de producción automatizados y control avanzado de procesos.
- CE16 - Capacidad para la gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación tecnológica.
- CE20 - Conocimiento y capacidades para el proyectar y diseñar instalaciones eléctricas y de fluidos, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética, acústica, comunicaciones, domótica y edificios inteligentes e instalaciones de Seguridad.
- CE22 - Conocimientos y capacidades para realizar verificación y control de instalaciones, procesos y productos.
- CE23 - Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Aprendizaje de las técnicas de control adaptativo y control experto para sistemas dinámicos.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



01.5D76A6.20733DB91F7254062E3423D9

## CONTENIDOS

Tema 1: Introducción a los controladores y sistemas de control adaptativo optimizado

Tema 2: Escenarios, notaciones y condiciones de estabilidad

Tema 3: Estrategia básica de control predictivo

Tema 4: Estrategia extendida de control predictivo

Tema 5: Análisis y síntesis del sistema adaptativo en el caso ideal

Tema 6: Análisis y síntesis del sistema adaptativo en el caso real

## METODOLOGÍA

La metodología con la que se ha diseñado el curso, y que se seguirá durante su desarrollo, es la específica de la educación a distancia del modelo de la UNED. El enfoque didáctico está basado en el aprendizaje participativo e interactivo (API) y en la denominada "Ecuación para el Aprendizaje Tecnológico". De acuerdo con esta última, el alumno será formado en primer lugar en el conocimiento conceptual e intuitivo de la tecnología; posteriormente, en la materialización metodológica de dichos conceptos y finalmente, en su aplicación y experimentación práctica, lo que le permitirá alcanzar un conocimiento profundo de la misma.

Este conocimiento será adquirido adecuadamente a lo largo de los once temas del curso, en los que el alumno realizará ejercicios teóricos y prácticos mediante programación, que servirán como pruebas de autoevaluación (estudio continuado a lo largo del curso), al mismo tiempo que participa en los foros API, donde podrá exponer vía Internet sus dudas sobre los temas de cada unidad didáctica o bien responder a las dudas de sus compañeros, en un diálogo creativo que contará siempre con la tutela del profesor.

La atención al alumno será permanente a través de los foros API, a los que el alumno podrá dirigirse en todo momento, para exponer, como ya se ha indicado, sus dudas o cuestiones e interactuar con sus compañeros y profesores. Asimismo, el alumno podrá contactar con el profesor vía correo electrónico o teléfono.

Los 5 ECTS correspondientes a esta asignatura se distribuyen como sigue: Interacción con el docente (tutoría virtual o presencial, en su caso): 1,5 ECTS; trabajo autónomo personal del alumno (teórico y práctico): 3,5 ECTS.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



015D76A620733DB91F7254082E3423D9

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen Examen de desarrollo

Preguntas desarrollo

Duración del examen 120 (minutos)

Material permitido en el examen

Calculadora no programable.

Criterios de evaluación

Se tendrá en cuenta principalmente la correcta justificación de las respuestas. En el caso de resultados numéricos, se valorará, tanto la corrección del resultado, como la adecuación del procedimiento empleado para llegar al mismo.

% del examen sobre la nota final 60

Nota del examen para aprobar sin PEC 4

Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC 6

Nota mínima en el examen para sumar la PEC 4

Comentarios y observaciones

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad No

Descripción

La asignatura requiere la realización de un trabajo final obligatorio que representará el 30% en la nota final. El trabajo combinará una parte de desarrollo con otra de práctica, la cual se realizará de manera remota por medio de un servidor en Internet.

Criterios de evaluación

Se tendrá en cuenta la corrección de los resultados presentados, así como su correcta justificación.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final 30%

Fecha aproximada de entrega 31/05

Comentarios y observaciones

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si, PEC no presencial

Descripción

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



01.5D76A6.20733DB91F7254082E3423D9

La entrega de las pruebas de evaluación continua asociadas a las distintas partes de la asignatura es voluntaria. Estas pruebas representarán un 10% de la nota final. De no entregar las PEC, la nota final máxima que puede obtener el alumno en la asignatura es de nueve puntos.

**Se propondrán unas fechas para la entrega de las PEC, pero dichas fechas serán meramente orientativas. El alumno podrá entregar las pruebas más tarde, aunque deberá tener en cuenta el siguiente criterio: todas las pruebas entregadas antes del 31 de mayo serán tenidas en cuenta para la convocatoria ordinaria de junio, mientras que las entregadas entre el 31 de mayo y el 31 de agosto se tendrán en cuenta para la convocatoria extraordinaria de septiembre. No se evaluarán las pruebas entregadas con posterioridad al 31 de agosto.**

#### Criterios de evaluación

Se tendrá en cuenta la corrección de los resultados presentados, así como su correcta justificación.

Ponderación de la PEC en la nota final	10 %
Fecha aproximada de entrega	PEC1: 15/03; PEC2: 15/04; PEC3: 15/05.
Comentarios y observaciones	

#### OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

Descripción

#### Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final  
Fecha aproximada de entrega  
Comentarios y observaciones

#### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La calificación final de la asignatura se determinará de acuerdo con los siguientes criterios:

- La entrega de las pruebas de evaluación continua asociadas a distintas partes de la asignatura es voluntaria. Estas pruebas representarán un 10% de la nota final.
- El trabajo final tiene carácter obligatorio y representará un 30% de la nota final.
- La prueba presencial es obligatoria y representará un 60% de la nota final, siendo necesario obtener un mínimo de cuatro puntos sobre diez en dicha prueba para aprobar la asignatura en su conjunto.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



01.5D76A6.20733DB91F7254082E3423D9

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9788436250947

Título:CONTROL ADAPTATIVO PREDICTIVO EXPERTO. METODOLOGÍA, DISEÑO Y APLICACIÓN (1ª)

Autor/es:Rodellar Benedé, José ; Martín Sánchez, Juan Manuel ;

Editorial:U.N.E.D.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780120656509

Título:INTRODUCTION TO STOCHASTIC CONTROL THEORY

Autor/es:Astrøm, Karl Johan ;

Editorial:ACADEMIC PRESS

ISBN(13):9780130040695

Título:ADAPTATIVE FILTERING PREDICTION AND CONTROL

Autor/es:Goodwin, Graham Clifford ; Sin, Kwai Sang ;

Editorial:PRENTICE-HALL

ISBN(13):9780201097207

Título:ADAPTIVE CONTROL

Autor/es:Astrøm, Karl Johan ; Wittenmark, Bjørn ;

Editorial:ADDISON-WESLEY

ISBN(13):9780824765484

Título:ADAPTIVE CONTROL: THE MODEL REFERENCE APPROACH (1979 )

Autor/es:Landau, Ioan Doré ;

Editorial:MARCEL DEKKER

ISBN(13):9783540199243

Título:MODEL PREDICTIVE CONTROL IN THE PROCESS INDUSTRY (1995)

Autor/es:Fernández Camacho, Eduardo ; Bordons, Carlos ;

Editorial:SPRINGER-VERLAG

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

La plataforma aLF de e-Learning de la UNED proporciona la interfaz adecuada de interacción entre el alumno y los profesores. aLF permite gestionar y compartir documentos, crear y participar en comunidades temáticas así como realizar proyectos online. Se ofrecerán las herramientas necesarias para que, tanto el equipo docente como los estudiantes, encuentren la manera de compaginar tanto el trabajo individual como el aprendizaje cooperativo.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



01.5D76A6.20733DB91F7254082E3423D9

---

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



015D76A620733DB91F7254062E3423D9