

# SISTEMAS INDUSTRIALES DE CONTROL ADAPTATIVO

Curso 2009/2010

(Código:28803044)

## 1.PRESENTACIÓN

Esta asignatura pretende introducir a los estudiantes al conocimiento de las técnicas avanzadas del Control de Procesos actualmente aplicadas en la industria, capacitarles para la aplicación de las mismas y dotarles de un criterio para evaluar la conveniencia de dicha aplicación y la forma en la que llevarla a cabo.

La asignatura da 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 produciendo, pasando por el control predictivo, el adaptativo predictivo y, finalmente, el control adaptativo predictivo experto. Asimismo, expone la teoría de estabilidad que soporta estas técnicas de control y pone gran énfasis en el análisis de sus implementaciones industriales y en la realización de trabajos prácticos de aplicación.

## 2.CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura se encuadra dentro del Módulo I (que corresponde a los contenidos transversales obligatorios genéricos del programa) del Máster en Investigación en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control Industrial. 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 para su uso y adquiera el criterio adecuado para determinar el momento y la forma.

Las principales competencias que se pretenden alcanzar en esta asignatura son:

- Conocimiento de la problemática a la que se enfrenta en la práctica el control de procesos industriales.
- Visión de conjunto de la evolución de las soluciones metodológicas aplicadas en este dominio.
- Conocimiento de las técnicas de vanguardia en el área del control de procesos avanzados.
- Capacidad de análisis de los problemas de estabilidad de las metodologías de control avanzado.
- Conocimiento de la teoría de estabilidad del control predictivo y adaptativo predictivo.
- Destreza en la aplicación de las técnicas de control predictivo, adaptativo predictivo y adaptativo predictivo experto.
- Habilidad para la elaboración de estrategias de control y optimización de procesos.
- Aptitud crítica para reconocer el origen de problemas potenciales en sistemas de control avanzado

Dado que el control de procesos tiene un carácter interdisciplinario y la optimización de los mismos es hoy en día sujeto de gran interés, los contenidos de esta asignatura son de gran relevancia, como se describe a continuación.

Durante las dos últimas décadas la implementación de sistemas de control industrial ha evolucionado de la tecnología analógica a la digital. El énfasis en uso de esta última se ha llevado a un punto en el que muchos de los avances ofertados en los modernos sistemas de control en términos de disponibilidad de memoria, velocidad de cálculo, integración en red, inteligencia distribuida y otros, son mucho más de lo necesario para llevar a cabo la optimización en el control de procesos.

Sin embargo, la herramienta estándar para el control de procesos continúan siendo los controladores PID, que



aunque son útiles en muchos casos, en otros su rendimiento es pobre o inadecuado, y tienen que ser ajustados por experimentados operadores en una labor que requiere su tiempo.

Diferentes técnicas de control han intentado superar el rendimiento del PID, suscitando grandes expectativas en el mercado debido a la necesidad existente de una mejor solución en el control de procesos industriales. Estas técnicas son bien conocidas e incluyen sistemas expertos, basados en reglas que tratan de emular el comportamiento del operador humano, y sistemas de control predictivo con y sin adaptación.

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 práctica y comercialmente 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. Así pues, el control adaptativo predictivo aparece de forma natural como una solución teóricamente capaz de aproximarse mejor a la inherente naturaleza dinámica del proceso.

Una versión reciente de control adaptativo predictivo, 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 estructura de control integrada. La evolución de las variables del proceso determina si control adaptativo predictivo o control experto debe aplicarse al proceso, de acuerdo con el correspondiente dominio de operación. Las aplicaciones de ADEX llevadas a cabo lo definen como un sistema adaptativo de control industrial, que representa un estadio de evolución avanzado de las técnicas desarrolladas en este dominio tecnológico.

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 produciendo, pasando por el control predictivo, el adaptativo predictivo y, finalmente, el control adaptativo predictivo experto.

Asimismo, expone la teoría de estabilidad que soporta estas técnicas de control y pone gran énfasis en la presentación de aplicaciones industriales, en la participación activa de los estudiantes en aplicaciones en simulación digital, en la formación de estos en la configuración de controladores ADEX y en su aplicación integrados en estrategias de control y optimización para procesos industriales.

Manteniendo el rigor científico, la asignatura tiene como prioridades la claridad en la exposición, una orientación eminentemente práctica y el aprendizaje participativo e interactivo (API), con objeto de que el estudiante alcance un conocimiento profundo del estado del arte en sistemas adaptativos de control industrial.

### 3. REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

La asignatura no tiene prerequisites específicos, si bien para su adecuado seguimiento y aprovechamiento se precisan conocimientos básicos de control de procesos que se adquieren normalmente en las asignaturas de automática a nivel de grado universitario.

### 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Esta asignatura pretende pues introducir a los estudiantes a las técnicas avanzadas del Control de Procesos actualmente aplicadas en la industria, y sus objetivos de aprendizaje previstos pueden resumirse en los



siguientes puntos:

- Analizar, desde una perspectiva histórica, el origen y los conceptos básicos de los sistemas de control predictivo, adaptativo predictivo y adaptativo predictivo experto, y en particular las condiciones que deben de verificar para garantizar los criterios de rendimiento y de estabilidad deseados.
- A partir de estos criterios, profundizar en el análisis y el diseño de los esquemas de control predictivo, tanto en su estrategia básica como en la extendida, y de los sistemas adaptativos, tanto para el caso de ausencia de ruidos y perturbaciones como en los supuestos propios de un entorno industrial.
- Comprender los resultados más importantes de la Teoría de Estabilidad de los sistemas de control predictivo y adaptativo predictivo e instruir al estudiante en la aplicación práctica de estos sistemas a procesos mono y multivariables.
- Identificar y comprender la materialización tecnológica que ha permitido la aplicación industrial control adaptativo predictivo experto y, asimismo, ilustrar y evaluar dicha aplicación en un entorno multivariable, de dinámica no lineal, cambiante con el tiempo y en presencia de ruidos y perturbaciones actuando sobre el proceso.
- Dominar la aplicación de los conceptos de la asignatura a través de la realización por parte de los estudiantes de prácticas individualizadas de control de procesos en simulación, utilizando un laboratorio virtual a través de Internet.

## 5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Los contenidos del curso se dividen en dos Unidades Didácticas, cada una de ellas incluyendo tres bloques, con un total de 12 temas, como se indica a continuación:

### Unidad Didáctica 1: Fundamentos y Metodología del Control Adaptativo Predictivo Experto

- **Bloque 1:** Introducción y Fundamentos de los Sistemas de Control Adaptativo Predictivo Experto.

Tema 1: Introducción al Control Adaptativo Predictivo Experto

Tema 2: Escenarios, Notaciones y Condiciones de Estabilidad

Ejercicios del Bloque1

- **Bloque 2:** Diseño del Bloque Conductor – Estrategias Básica y Extendida de Control Predictivo.

Tema 3: Estrategia Básica de Control Predictivo

Tema 4: Estrategia Extendida de Control Predictivo

Ejercicios del Bloque 2

- **Bloque 3:** Diseño del Mecanismo de Adaptación – Síntesis del Sistema Adaptativo

Tema 5: Análisis y Síntesis del Sistema Adaptativo en el Caso Ideal

Tema 6: Análisis y Síntesis del Sistema Adaptativo en el Caso Real

Ejercicios del Bloque 3

### Unidad Didáctica 2: Teoría de Estabilidad y Aplicación Industrial

- **Bloque 4:** Teoría de Estabilidad del Control Predictivo y Adaptativo Predictivo

Tema 7: Teoría de Estabilidad



#### Ejercicios del Bloque 4

- **Bloque 5:** Aplicaciones de Control Predictivo y Adaptativo Predictivo

Tema 8: Aplicaciones Utilizando la Estrategia Básica

Tema 9: Aplicaciones Utilizando la Estrategia Extendida

- **Bloque 6:** Materialización Tecnológica del Control Adaptativo Predictivo Experto y Aplicaciones

Tema 10: Materialización Tecnológica del Control Adaptativo Predictivo Experto

Tema 11: Aplicación al Proceso Biológico de una Estación Depuradora de Aguas Residuales

Tema 12: Trabajo Final

## 6.EQUIPO DOCENTE

DATOS NO DISPONIBLES POR OBSOLESCENCIA

## 7.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 doce temas del curso, en los que el alumno realizará ejercicios teóricos y prácticos mediante programación, que servirán como pruebas de auto evaluación (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 responsable del capítulo y la Unidad Didáctica. Los ejercicios de la segunda Unidad Didáctica se realizarán en tiempo real vía Internet, utilizando el Laboratorio Virtual LAVCOP para el control ADEX de procesos simulados, del que dispone el DIEEC, y serán presentados por los alumnos como trabajo final del curso. La evaluación se realizará basándose en las pruebas de auto evaluación y en el trabajo final.

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 interaccionar con sus condiscípulos y profesores. Asimismo, el alumno podrá contactar con el profesor responsable del capítulo o de la Unidad Didáctica en cuestión vía correo electrónico o, alternativamente, vía telefónica.

## 8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9788436250947

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

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

Editorial: UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED



Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

## 9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780120656509

Título: INTRODUCTION TO STOCHASTIC CONTROL THEORY

Autor/es: Aström, Karl Johan ;

Editorial: ACADEMIC PRESS

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780130040695

Título: ADAPTATIVE FILTERING PREDICTION AND CONTROL

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

Editorial: PRENTICE-HALL

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780135148617

Título: ADAPTIVE PREDICTIVE CONTROL: FROM THE CONCEPTS TO PLANT OPTIMIZATION

Autor/es: Martín Sánchez, J.M. ; Rodellar Benedé, José ;

Editorial: PRENTICE HALL

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780201097207

Título: ADAPTIVE CONTROL

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



Editorial: ADDISON-WESLEY

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780824765484

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

Autor/es: Landau, Ioan Doré ;

Editorial: MARCEL DEKKER

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9783540199243

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

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

Editorial: SPRINGER-VERLAG

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

## 10. RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

La plataforma aLF de e-Learning de la UNED proporcionará el adecuado interfaz de interacción entre el alumno y sus profesores. aLF es una plataforma de e-Learning y colaboración que permite impartir y recibir formación, 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.

La documentación necesaria para conectarse a los foros API y al laboratorio virtual LAVCOP lo recibirá el alumno al inicio del curso. El resto del material didáctico que el alumno necesite durante el curso (ejercicios, guía de prácticas vía Internet, etc.) será enviado al alumno según lo vaya necesitando a lo largo del mismo.



## 11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

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 las horas de tutoría.

Prof. Juan Manuel Martín Sánchez

juanms@ieec.uned.es

## 12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La metodología que se ha diseñado para el curso permite un seguimiento y una evaluación continua e individualizada de cada alumno, atendiendo y ponderando en cada caso su trabajo.

Asimismo, la calificación final del curso tendrá en cuenta los trabajos realizados por el alumno y su participación en el mismo, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Participación en los foros API en un 10%.
- Realización de ejercicios en un 20%.
- Realización del trabajo final del curso en un 30%.
- Prueba presencial 40%.

## 13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

