

SISTEMAS ADAPTATIVOS DE CONTROL

Curso 2012/2013

(Código:28801087)

1.PRESENTACIÓN

Titulación: Master o Doctorado en Ingeniería Industrial		
Órgano responsable: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales		
Nombre de la Asignatura: Sistemas Adaptativos de Control		Tipo: Semestral
Curso:	Semestre: Segundo	Créditos ECTS: 4,5
Horas estimadas del trabajo del Estudiante: 112,5 Horas de Teoría: 57,5 Horas de prácticas: 41 Horas de Trabajo (personal y en grupo) y otras Actividades: 14		
Profesor: Juan Manuel Martín Sánchez Coordinador: Juan M. Martín Sánchez		
Objetivos de aprendizaje 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.		
Prerrequisitos: Conocimientos básicos de control de procesos que se adquieren normalmente en las asignaturas de automática a nivel de grado universitario.		
Contenido (breve descripción de la asignatura): 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.		
Metodología Docente: El enfoque didáctico está basado en el aprendizaje participativo e interactivo (API) a través de foros vía Internet y en la denominada "Ecuación para el Aprendizaje Tecnológico". De acuerdo con esta última, el estudiante 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, para alcanzar un conocimiento profundo de la misma.		
Tipo de Evaluación (examen/trabajo/evaluación continua): Evaluación continua, trabajo y examen		
Bibliografía Básica: <i>Control Adaptativo Predictivo Experto: Metodología, Diseño y Aplicación.</i> J.M. Martín Sánchez y J. Rodellar. Ed. UNED, 2005		

2.CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura se encuadra dentro del Programa Oficial de Posgrado (POP) de Investigación en Tecnologías Industriales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED y, particularmente, como asignatura obligatoria en el itinerario de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control y en la línea de investigación Control Avanzado y Optimización de Procesos Industriales. También está considerada como asignatura optativa en los itinerarios Diseño Avanzado de Máquinas e Ingeniería Energética dentro de este mismo POP.

No existe ninguna otra asignatura dentro del POP dedicada al control avanzado y, por ello, no incurre en superposiciones con otras asignaturas. Cubre plenamente con el perfil profesional del POP en esta área, dando a conocer al alumno 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 capacite para su uso y adquiera el criterio adecuado para determinar el momento y la forma.

Las principales competencias que se pretenden alcanzar 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 determinan el 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 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 expertos 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

Los objetivos se organizan y definen en la tabla adjunta, donde se asigna a cada objetivo una enumeración que nos servirá para identificarlos en el desarrollo de la planificación.

Conocimientos	Habilidades y destrezas	Actitudes	Objetivos de aprendizaje a desarrollar
1			Dar a conocer, desde una perspectiva histórica, el origen y los conceptos básicos de los sistemas de control predictivo, adaptativo predictivo y adaptativo predictivo experto.
2			Dar a conocer las condiciones que deben de verificar los sistemas previamente considerados para garantizar los criterios de rendimiento y de estabilidad deseados.
3	4		Instruir y capacitar al estudiante en el análisis y diseño de sistemas de control predictivo, tanto utilizando la denominada estrategia básica como la extendida.
5	6		Instruir y capacitar al estudiante en el análisis y diseño de sistemas adaptativos, tanto para el caso de ausencia de ruidos y perturbaciones como en los supuestos propios de un entorno industrial.
7			Dar a conocer los resultados más importantes de la Teoría de Estabilidad de los sistemas de control predictivo y adaptativo predictivo
8	9	10	Instruir y capacitar al estudiante en la aplicación práctica de estos sistemas a procesos mono y multivariados.



11			Dar a conocer la materialización tecnológica que ha permitido la aplicación industrial control adaptativo predictivo experto.
12			Ilustrar la aplicación de control adaptativo predictivo experto en un entorno multivariable, de dinámica no lineal, cambiante con el tiempo y en presencia de ruidos y perturbaciones actuando sobre el proceso.
	13	14	Instruir y capacitar a los alumnos en la aplicación de los conceptos expuestos en 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 i 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

- [JUAN MANUEL MARTIN SANCHEZ](#)
- [ANTONIO NEVADO REVIRIEGO](#)

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

El Plan de Trabajo se resume en la siguiente tabla:

Conocimientos y destrezas	Habilidades y destrezas	Actitudes	TEMÁS	Horas totales	Prácticas en programación	Prácticas en internet	Tutoría en línea	Evaluación	Total	Trabajo grupo	Trabajo individual	T
1			1. Introducción	7	1	-	1	-	2	1	4	5
2			2. Escenarios, notaciones y condiciones de estabilidad	8	1	-	1	1	3	1	4	5
3	4		3. Estrategia básica de control predictivo	8,5	1	1	1	0,5	3,5	1	4	5
3	4		4. Estrategia extendida de control predictivo	12	2	1	1	1	5	1,5	5,5	7
5	6		5. Análisis y síntesis de sistemas adaptativos en el caso ideal	8	1	0,5	1	0,5	3	1	4	5
5	6		6. Análisis y síntesis de sistemas adaptativos en el caso real	9	1	0,5	1	0,5	3	1,5	4,5	6



7			7. Teoría de estabilidad del control predictivo y adaptativo predictivo	9	1	0,5	1	0,5	3	1,5	4,5	6
8	9	10	8.- Aplicaciones de control predictivo y adaptativo predictivo con estrategia básica	8	1	0,5	1	0,5	3	1	4	5
8	9	10	9. Aplicaciones con estrategia extendida	10,5	1	1,5	1	0,5	4	2	4,5	6
11			10. Materialización tecnológica del control adaptativo predictivo experto	9	1	0,5	1	0,5	4	1,5	3,5	5
12			11. Aplicación al proceso biológico de una estación depuradora de aguas residuales	7,5	0	0	1	0,5	1,5	1	5	6
	13	14	12. Trabajo final	16	0	4	1	1	6	0	10	1
			Total	112,5	12	10	12	7	41	14	57,5	7

8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

La bibliografía básica de la asignatura está constituida por el siguiente libro:

Control Adaptativo Predictivo Experto: Metodología, Diseño y Aplicación. J.M. Martín Sánchez y J. Rodellar. Ed. UNED, 2005. ISBN: 84-362-5094-X.

9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

Como obras de consulta, así como para la ampliación de temas concretos, se recomiendan las siguientes:

- *Adaptive predictive control: from the concepts to plant optimization*. J.M. Martín Sánchez y J. Rodellar. Ed. Prentice Hall, 1995. ISBN 13-514861-8.
- *Introduction to stochastic control theory*. K. J. Aström. Ed. Academic Press, 1968. ISBN: 0-12-065650-7.
- *Adaptive Control*. K. J. Aström y B. Wittenmark. Ed. Addison Wesley, 1995. ISBN: 0-201-55866-1.
- *System Identification: Theory for the User*. L. Ljung. Ed. Prentice Hall, 1995. ISBN: 0-13-656695-2.
- *Advanced Control Unleashed*. T.L. Blevins, G.K.McMillan, W.K. Wojsznis y M.W. Brown. Ed. ISA, 2003. ISBN: 1-55617-815-8.
- *Conceptos Básicos de Filtrado, estimación e Identificación*. A. Nevado, P. Cabrera y J.M. Martín Sánchez. Ed. UNED, 2006. ISBN: 84 5450-3.

10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

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 profesore través de los foros API y de los ejercicios en programación planificados a lo largo del curso. Además los alumnos podrán en 1 momento contactar con los profesores vía correo electrónico o telefónicamente durante las horas de tutoría.



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 ponderando en cada caso su trabajo.

Dado que el periodo lectivo de la asignatura se desarrollará durante el segundo cuatrimestre, la prueba presencial se realizará en la convocatoria de junio o en la de septiembre.

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.

