



**NOMBRE DEL MÓDULO 7**

MODELADO Y CONTROL DE PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR

**NOMBRE DEL MÓDULO EN INGLÉS**

MODELING AND CONTROL OF SOLAR ENERGY POWER PLANT

<b>CRÉDITOS ECTS::</b>	6	<b>CUATRIMESTRE:</b>	2	<b>CARÁCTER:</b>	Obligatoria	X	Optativa	
------------------------	---	----------------------	---	------------------	-------------	---	----------	--

**DISTRIBUCIÓN DE CRÉDITOS**

Teóricos:	3	Prácticos:	3	Actividades dirigidas:	0
-----------	---	------------	---	------------------------	---

**PROFESORADO**

Nombre: Manuel Berenguel Soria	DNI: [REDACTED]
Teléfono: [REDACTED]	E-mail: beren@ual.es
Créditos: 0.6T+0.6 P	
Área de conocimiento: Ingeniería de Sistemas y Automática	
Departamento: Lenguajes y Computación	
Organismo: Universidad de Almería	
Nombre: Manuel Ruiz Arahal	[REDACTED]
Teléfono: [REDACTED]	E-mail: [REDACTED]
Créditos: 0.8 T+0.8 P	
Área de conocimiento: Ingeniería de Sistemas y Automática	
Departamento: Ingeniería de Sistemas y Automática	
Organismo: Universidad de Sevilla	
Nombre: Luis José Yebra Muñoz	DNI: [REDACTED]
Teléfono: [REDACTED]	E-mail: [REDACTED]
Créditos: 0.8 T+ 0.8 P	
Área de conocimiento:	
Departamento:	
Organismo: CIEMAT-Plataforma Solar de Almería	
Nombre: Eduardo Fernández Camacho	DNI: [REDACTED]
Teléfono: [REDACTED]	E-mail: [REDACTED]
Créditos: 0.8 T+0.8 P	
Área de conocimiento: Ingeniería de Sistemas y Automática	
Departamento: Ingeniería de Sistemas y Automática	
Organismo: Universidad de Sevilla	

### **OBJETIVOS:**

Los objetivos concretos de este curso son los siguientes:

- 1 Adquirir una base sólida de conocimientos de modelado y control automático de sistemas dinámicos.
- 2 Mostrar al alumno las plantas solares en las que se utilizan técnicas de modelado y control.
- 3 Finalmente, se pretende también mentalizar y dar al alumno una visión clara de la aplicabilidad directa que los conocimientos adquiridos en el desarrollo del curso tienen de cara a su próximo ejercicio profesional.

### **OBJETIVOS EN INGLÉS:**

The concrete targets of this course are the following ones:

- 1 To acquire a base of knowledge of modeling and automatic control of dynamic systems.
- 2 To show to the student the solar plants in which there are used technologies of modeling and control.
- 3 Finally, is tried also to give to the student a clear vision of the direct applicability of the knowledge acquires during the course for his next professional exercise.

### **COMPETENCIAS:**

La consecución de cada uno de estos permite al alumno::

- Analizar sistemas de control de bajo y medio nivel, reconociendo sus módulos fundamentales y las técnicas utilizadas para su diseño.
- Adaptarse a la evolución que sufrirá este tipo de tecnologías ya que presentan una gran perspectiva de futuro.
- Familiarizarse con una serie de herramientas básicas de ingeniería para realización de cálculos matemáticos, simulación y programación.
- Concienciarse de la necesidad de la utilización de este tipo de técnicas en el sector de la energía solar.
- La aplicación de los conceptos y técnicas aprendidas en sistemas reales,

existentes en el mercado.

- La comparación de los distintos sistemas para estudiar sus ventajas e inconvenientes. Por tanto, se podrá seleccionar el sistema adecuado en función de la planta con la que se trabaja.

## **CONTENIDOS TEÓRICOS:**

### **TEMA I INTRODUCCIÓN AL MODELADO Y CONTROL DE PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR**

Elementos básicos del problema de control de plantas de energía solar. Caracterización de la dinámica del sistema, perturbaciones y no-linealidades. Revisión de esquemas fundamentales de control. Control anticipativo. Control en cascada. Control de sistemas con retardos. Sistemas de adquisición de datos, control y supervisión.

### **TEMA II TÉCNICAS DE MODELADO, IDENTIFICACIÓN Y PREDICCIÓN PARA PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR**

Fundamentos de modelado, identificación y validación. Identificación y validación de modelos lineales. Identificación por mínimos cuadrados. Identificación y validación de modelos no lineales. Modelado utilizando redes neuronales artificiales. Modelos de caja negra de plantas de energía solar.

### **TEMA III TÉCNICAS DE MODELADO ORIENTADO A OBJETOS DE PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR**

Fundamentos del modelado orientado a objetos de sistemas dinámicos. Introducción al lenguaje Modelica. Modelado de sistemas termohidráulicos con Thermofluid. Aspectos prácticos del modelado. Modelado basado en primeros principios de plantas solares. Ejemplos de aplicación: plantas termosolares con colectores cilindro-parabólicos, plantas termosolares de receptor central, horno solar.

### **TEMA IV TÉCNICAS DE CONTROL ADAPTATIVO Y CONTROL PREDICTIVO BASADO EN MODELO**

Introducción al control adaptativo. Controladores autoajustables. Control predictivo basado en modelo. Inclusión de restricciones. Aspectos de robustez. Control adaptativo de hornos solares. Control predictivo de plantas termosolares.

## **CONTENIDOS PRÁCTICOS:**



PRÁCTICA I: IDENTIFICACIÓN Y MODELADO DE PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR.

PRÁCTICA II: DISEÑO DE CONTROLADORES BASADOS EN TÉCNICAS CLÁSICAS Y AVANZADAS DE PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR.

PRÁCTICA III: DISEÑO DE CONTROLADORES BASADOS EN MODELO DE PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR.

**ACTIVIDADES DIRIGIDAS:**

No están previstas

## **BIBLIOGRAFÍA:**

### **Bibliografía relacionada con el control de plantas solares**

- E.F. Camacho, M. Berenguel and F.R. Rubio. Advanced Control of Solar Plants. Springer-Verlag. Londres, ISBN 3-540-76144-6, 1997.
- L. Yebra, M. Berenguel, D. Martínez, D. Lacasa. Automatización de hornos solares. Ed. CIEMAT – Cuadernos Técnicos, en prensa.

### **Bibliografía básica de modelado y control**

- Aström, K.J.; Hägglund, T.; 1995; PID controllers: Theory, design and tuning; Ed. ISA (The Instrumentation, Systems, and Automation Society); 343 pp.
- Cameron, R.; 1996; Validación de modelos; XVI Curso de automática en la industria; Cádiz; España; 144 pp
- Egeland, O.; Gravdahl, J.T.; 2002; Modeling and simulation for automatic control; Marine Cybernetics; Noruega; 639 pp.
- Goodwin, G.C.; Graebe, S.F.; Salgado, M.E.; 2001; Control System Design; Ed. Prentice Hall; Estados Unidos; 908 pp.
- Levine, W. (editor); 1996; The control handbook; CRC & IEEE Press; Estados Unidos; 1548 pp.
- Kuo, B. C.; 1996; Sistemas de control automático; Ed. Prentice Hall; México; 906 pp
- Ogata, K.; 1998; Ingeniería de control moderna; Ed. Prentice Hall; México; 997 pp.
- Ogata, K.; 1998; Problemas de ingeniería de control utilizando Matlab. Un enfoque práctico; Ed. Prentice Hall; España; 359 pp.
- Ollero, P.; Fernández, E.; 1997; Control e instrumentación de procesos químicos; Ed. Síntesis; Madrid; España; 454 pp
- Rodríguez, F.; López, M.; 1996; Control adaptativo y robusto; Universidad de Sevilla; 365 pp.
- Wittenmark, B.; Aström, K.; Arzen, K.E.; 2002; Computer control: an overview; IFAC Professional Brief; Instituto Tecnológico de Lund; Suecia; 93 pp.

### **Bibliografía para prácticas**

- García, J.; Rodríguez, J.I.; Brazales, A.; 2001; Aprenda Matlab 6.1 como si estuviera en primero; The MathWorks Inc.; 1998; Using Matlab. The Language of Technical Computing; USA; 531 pp
- Pérez, C.; Matlab y sus aplicaciones en las ciencias y la ingeniería; Ed. Prentice Hall; Madrid; España; 2002; 609 pp. Universidad Politécnica de Madrid; España; 113 pp.
- F. Rodríguez, M. Berenguel, J.L. Guzmán, M.R. Arahal. *Prácticas de control por computador*. Ed. Sistemas de Oficina de Almería S.A., ISBN 84-96270-11-4, 2004.
- The MathWorks Inc.; 1998; La edición de estudiante de Simulink; Ed. Prentice Hall; España; 225 pp.
- The MathWorks Inc.; 1998; Using Simulink. Dynamic system simulation for Matlab; USA; 645 pp

## **SISTEMA DE EVALUACIÓN:**

El tipo de valoración seleccionado para este curso se basa en la evaluación continua en el que se toman en cuenta todos los aspectos de la labor del estudiante como ejercicios, prácticas, intervenciones en seminarios, trabajos, etc. Su elección ha sido debido a que la evaluación continua se articula como un instrumento muy completo para la evaluación del alumno, además de propiciar que el alumno deba llevar la asignatura al día, exigiendo un esfuerzo de síntesis que es verdaderamente importante. Está claro que la implantación de este método se encuentra con inconvenientes como el elevado número de asignaturas del programa doctorado que se realizan simultáneamente o que hay que compartir el tiempo de estudio con las actividades laborales, lo que dificulta el que el alumno prepare y realice numerosos trabajos en cada una de ellas. El otro inconveniente de la evaluación continua es la gran cantidad de alumnos, que carga con excesivo trabajo la generación y corrección de las tareas al profesor. Debido a estas razones el equipo docente será un poco flexible con la entrega de los trabajos.

Se plantea una relación de ejercicios sobre los aspectos fundamentales de la unidad que el alumno debe remitir, mediante el correo electrónico al profesor en formato Word o pdf cuando los realice. Estos se evaluarán entre 0 y 10 puntos, debiendo superar más de cinco puntos en cada una de las relaciones de ejercicios para superar el curso. Cuando se evalúen los ejercicios resueltos, se les enviarán a los alumnos corregidos, indicándoles sus errores o algún otro tipo de comentario

Así mismo, se valorará la realización de las prácticas y las memorias en las que se describan las actividades realizadas en cada una de las tres propuestas.

Además de estos dos conceptos, se evaluará la participación activa del alumno a lo largo del curso y el envío de ejercicios en los plazos predeterminados.

La calificación final será el resultado de la siguiente expresión:

$$\text{Calificación: } 0.5 * \text{Problemas} + 0.3 * \text{Práctica} + 0.2 * \text{Participación}$$