

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2016-2017

Identificación y características de la asignatura											
Código	501074			Créditos ECTS	6						
Denominación (español)	Regulación Automática										
Denominación (inglés)	Automatic Regulation										
Titulaciones	Grado en Ingeniería Eléctrica (Rama Industrial) Grado en Ingeniería Mecánica (Rama Industrial)										
Centro	Escuela de Ingenierías Industriales										
Semestre	5º	Carácter	Obligatoria en GIE Optativa en GIM								
Módulo	Tecnología Específica Electricidad en GIE Optatividad Mecánica en GIM										
Materia	Electrónica de Potencia y Automatización Industrial en GIE Diversificación en Electricidad en GI;										
Profesor/es											
Nombre	Despacho	Correo-e			Página web						
Santiago Salamanca Miño	D1.15	ssalamanca@unex.es			La de la asignatura en el campus virtual						
Víctor Manuel Miñambres Marcos	D1.16	vminmar@unex.es									
Área de conocimiento	Ingeniería de Sistemas y Automática										
Departamento	Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática										
Profesor coordinador (si hay más de uno)	Santiago Salamanca Miño										
Competencias (ver tabla)											
Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias Específicas FB	Marcar con una "X"	Competencias Específicas CRI	Marcar con una "X"	Competencias Específicas TE	Marcar con una "X"
CB1	X	CG1	X	CT1	X	CEFB1		CECRI1		CETE1	
CB2	X	CG2	X	CT2	X	CEFB2		CECRI2		CETE2	
CB3	X	CG3	X	CT3	X	CEFB3		CECRI3		CETE3	
CB4	X	CG4	X	CT4	X	CEFB4		CECRI4		CETE4	
CB5	X	CG5	X	CT5	X	CEFB5		CECRI5		CETE5	
		CG6	X	CT6	X	CEFB6		CECRI6		CETE6	
		CG7	X	CT7	X			CECRI7		CETE7	
		CG8	X	CT8	X			CECRI8		CETE8	X
		CG9	X	CT9	X			CECRI9		CETE9	
		CG10	X	CT10	X			CECRI10		CETE10	
		CG11	X					CECRI11		CETE11	
								CECRI12			

Temas y contenidos
Breve descripción del contenido
Teoría de control y regulación. Diseño de reguladores monovariantes. Control de sistemas eléctricos.
Temario de la asignatura
Módulo 1. Modelado y análisis de sistemas dinámicos
<p>Tema 1. Modelado y análisis temporal de sistemas dinámicos (3 horas)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Modelos y análisis temporal de sistemas dinámicos. 1.2. Modelado de sistemas con retardo. 1.3. Sistemas de fase mínima y no mínima. <p>Tema 2. Análisis de sistemas mediante el lugar de las raíces (4 horas)</p> <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Definición del lugar de las raíces. 2.2. Trazado del lugar de las raíces. 2.3. Análisis de sistemas mediante el lugar de las raíces. <p>Tema 3. Análisis de sistemas mediante el diagrama de Bode (5 horas)</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Definición de respuesta frecuencial de un sistema. 3.2. Dibujo del diagrama de Bode. 3.3. Análisis de sistemas mediante el diagrama de Bode. 3.4. Obtención de la función de transferencia a partir del diagrama de Bode. <p>Práctica 1: Formación de grupos (1 hora) Se crearán los grupos de estudiantes que van a resolver el conjunto de prácticas de la asignatura, las cuales conforman un proyecto, y se fijarán una serie de acuerdos entre los integrantes de cada grupo con el fin de marcar unas pautas para el trabajo en equipo.</p> <p>Práctica 2: Proyecto, software y hardware (1.5 horas) Se expondrá el proyecto que se va a desarrollar a lo largo del curso, y se describirán las herramientas software y hardware que se van a emplear. También se plantearán algunas especificaciones que el sistema deberán cumplir una vez que se aplique el lazo de regulación.</p> <p>Práctica 3: Modelado y simulación de la planta (4 horas) Se identificarán los parámetros eléctricos y dinámicos de la planta, la cual consistirá en un sistema eléctrico cuyo principal elemento es un motor de corriente continua. Seguidamente, se desarrollará un modelo de dicho motor parametrizado en base al proyecto que se va a llevar a cabo. Finalmente, se obtendrá la función de transferencia de la planta a partir del modelo.</p> <p>Práctica 4: Análisis de la planta (4 horas) La función de transferencia de la planta permitirá efectuar un análisis de la misma en lazo abierto mediante herramientas basadas en el lugar de las raíces y en el diagrama de Bode.</p>
Módulo 2. Sistemas de control realimentado: el PID
<p>Tema 4. Introducción a los sistemas de control realimentados (3 horas)</p> <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Efectos de la realimentación.

- 4.2. Pasos para el diseño de un sistema de control
- 4.3. Definición de especificaciones.
- 4.4. Robustez frente a variaciones.

Tema 5. Control PID (4 horas)

- 5.1. Términos del PID.
- 5.2. Estructura básica del PID y modificaciones.
- 5.3. Métodos de sintonización.
- 5.4. Algunos problemas del PID.
- 5.5. Método de selección del tipo de PID.
- 5.6. Variaciones a la estructura de control realimentada básica.
- 5.7. Implementación y aspectos operacionales.

Tema 6. Métodos analíticos para el diseño del PID (6 horas)

- 6.1. Diseño mediante el lugar de las raíces.
- 6.2. Diseño mediante el diagrama de Bode.

Práctica 5: Sintonización del PID (4 horas)

Continuando con el modelo de la planta del motor de corriente continua determinado en prácticas anteriores, se procederá a su realimentación del con el fin de trabajar la sintonización del PID en función unas especificaciones del funcionamiento del sistema dadas. El análisis del comportamiento de la planta se evaluará a partir del modelo de la planta con compensador en lazo cerrado.

Práctica 6: Realización del PID en un sistema eléctrico (4 horas)

Los estudiantes elegirán el regulador que mejor se adecúe a las especificaciones propuestas al comienzo del curso para el comportamiento del sistema. Una vez elegido, harán una propuesta de realización física, la implementarán, y analizarán las diferencias entre la respuesta del modelo del sistema y los resultados reales.

Práctica 7: Diseño del PID con métodos analíticos (4 horas)

Retomando el modelo de la planta determinado en prácticas anteriores, se diseñará un compensador PID mediante métodos analíticos. Se analizará el comportamiento de la planta con el compensador diseñado a partir del modelo realimentado, y se compararán los resultados con los obtenidos en la práctica 5 y 6.

Actividades formativas

Horas de trabajo del alumno por tema		Presencial					No presencial
Tema/Evaluación	Total	GG	S	O	L	TP	EP
Presentación de la asignatura	1	1					
1	11,5	3			2,5		6
2	18	4			4		10
3	22,5	5			4	1,5	12
Prueba teórico-práctica temas 1, 2 y 3	9	1					8
4	17	3			4		10
5	20	4			4		12
6	27,5	6			4	1,5	16
Prueba teórico-práctica temas 4, 5 y 6	9	1					8

Evaluación del conjunto	14,5	2					12,5
Total	150	30			22,5	3	94,5

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).
 S: Seminario (clases de problemas, seminarios, casos prácticos = 40 estudiantes).
 O: Ordenador (prácticas en sala de ordenadores = 30 estudiantes).
 L: Laboratorio (prácticas de laboratorio o de campo = 15 estudiantes).
 TP: Tutorías programadas (seguimiento docente tipo tutorías ECTS).
 EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo y lectura de bibliografía.

Metodologías docentes

De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

Metodologías docentes	Se indican con una "X" las utilizadas
1. Explicación y discusión de los contenidos teóricos	X
2. Resolución, análisis y discusión de ejemplos de apoyo o de problemas previamente propuestos	X
3. Exposición de trabajos previamente encargados a los estudiantes	X
4. Desarrollo en laboratorio, aula de informática, campo, etc., de casos prácticos	X
5. Resolución de dudas puntuales en grupos reducidos, para detectar posibles problemas del proceso enseñanza-aprendizaje y guía en los trabajos, prácticas y estudio del estudiante	X
6. Búsqueda de información previa al desarrollo del tema o complementaria una vez que se han realizado actividades sobre el mismo	X
7. Elaboración de trabajos, individualmente o en grupos	X
8. Estudio de cada tema, que puede consistir en: estudios de contenidos, preparación de problemas o casos, preparación del examen, etc.	X

Resultados de aprendizaje

Aprender qué es un sistema dinámico de control, cuáles son sus subsistemas constituyentes y cuáles son las etapas que hay que cubrir para su realización.
 Conocer los métodos clásicos de modelado de los sistemas dinámicos lineales y saber los fundamentos para diseñar modelos de sistemas eléctricos.
 Analizar los sistemas a partir de sus modelos tanto en el régimen temporal como frecuencial.
 Entender el concepto de realimentación.
 Conocer las técnicas clásicas de control y calcular los parámetros de los reguladores para que los sistemas sigan las especificaciones que se hayan establecido para su funcionamiento.

Sistemas de evaluación

Criterios de evaluación

1. Identificar, relacionar y saber aplicar los métodos y procedimientos básicos de modelado, análisis y control de sistemas dinámicos, fundamentalmente eléctricos (CB1, CB2, CB3, CB5, CG1, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CG11, CT1, CT2, CT4, CT5, CT6, CT10, CETE 8).
2. Colaborar y desarrollar en equipo un proyecto de ingeniería de control básico, en el que se propongan especificaciones de comportamiento adecuadas para el sistema que se estudia, se analicen diversas soluciones y se elija cuál es la más adecuada (CB1, CB2, CB3, CB4,

CB5, CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CG9, CG10, CG11, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10, CETE8).

3. Realizar documentos y presentaciones técnicas con concreción y claridad (CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CG1, CG4, CG6, CG8, CG10, CG11, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT9).
4. Autoevaluar y coevaluar, justificando cuáles son las decisiones tomadas en dichas evaluaciones y cuáles son las conclusiones obtenidas (CB1, CB2, CB3, CB4, CG4, CG7, CG8, CG10, CG11, CT3, CT4, CT6, CT8, CT9, CT10).

Actividades de evaluación

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

	Rango establecido	Convocatoria ordinaria	Convocatoria extraordinaria
1. Examen final teórico/práctico y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios.	0%–80%	60% (10%*)	60% (10%*)
2. Aprovechamiento de actividades prácticas realizadas en: aula, laboratorio, sala de ordenadores, campo, visitas, etc.	0%–50%	5%	5%
3. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo (GG, SL, ECTS).	0%–50%	35%	35%
4. Participación activa en clase.	0%–10%		
5. Asistencia a las actividades presenciales.	0%–10%		

Actividades de evaluación del tipo 1:

Este tipo de actividad puede ser de dos tipos. El primero consistiría en un conjunto de preguntas de tipo teórico-prácticas que el alumno podrá resolver haciendo uso, solamente, de una calculadora no programable. La segunda sería una parte de problemas en la que los estudiantes podrán usar libros, apuntes y un ordenador. El primer tipo tendrá un peso del 20% de la nota final y el segundo tipo un 40% de la nota final.

Los detalles de esta actividad de evaluación, en función de la convocatoria, se explican a continuación.

- A lo largo del curso se realizarán dos pruebas de evaluación en horario de clases de 1 hora de duración cada una de ellas. La primera será de los temas 1, 2 y 3, y la segunda del resto de temas. En ambas se propondrá a los estudiantes un conjunto de preguntas teórico-prácticas. El valor medio de las calificaciones de estas pruebas de evaluación se corresponde con el 20% de la nota final de la asignatura. Si el valor medio de las notas de estas pruebas de evaluación es de, al menos, un 4 sobre 10, los estudiantes no tendrán que realizar en el examen de la convocatoria ordinaria y extraordinaria, si así lo desean, la parte de las preguntas teórico-prácticas y sólo tendrán que hacer la parte de problemas, que como se ha dicho anteriormente, se corresponde con el 40% de la nota final. En caso de que no se haya sacado un 4 sobre 10 en las pruebas de evaluación, los estudiantes tendrán que realizar en el examen final de la convocatoria ordinaria y extraordinaria las dos partes.
- Además de lo anterior, se irán realizando exámenes online, que los estudiantes podrán realizar en sus casas, de cada uno de los temas. La media de estos exámenes puede sumar hasta 1 punto sobre la nota final, siempre que la suma de todas las calificaciones del resto de actividades de evaluación sea, al menos, un cuatro y no haya más de 2 exámenes online suspensos. Esta actividad de evaluación es **no recuperable**. Como se puede ver, aun cuando esta actividad no se realice, la calificación de la asignatura puede ser de 10, por lo que esta es una actividad voluntaria. En cualquier caso, la nota máxima que aparecerá en actas es 10.

Actividades de evaluación del tipo 2 y 3:

- En esta asignatura se pide la realización de un proyecto en grupo que está relacionado con

las prácticas que se irán realizando a lo largo del curso. Este proyecto tendrá dos modalidades. A aquellos alumnos que, además de en esta asignatura, estén matriculados de las asignaturas *Electrónica de Potencia* y *Máquinas Eléctricas*, se les propondrá un proyecto que integrará a las tres asignaturas. El resto de alumnos realizará un proyecto similar al anterior pero que sólo estará relacionado con la asignatura *Regulación Automática*.

- La calificación que aparece en el tipo de actividad 2 se refiere a unos registros de asistencia y cuadernos de equipo (entregables) que los distintos grupos deberán ir subiendo, en tiempo y forma, a la web de la asignatura en el campus virtual a medida que se van realizando en las horas de prácticas. El objetivo de estos documentos es que el alumno tenga un registro de lo que se ha ido haciendo durante el curso, lo que le permitirá realizar con más garantía de éxito el proyecto. Para que esta calificación del 5% sobre la nota final sea aplicable, es necesario que los estudiantes hayan subido en tiempo y forma la mitad más uno de dichos registros. Esta calificación es **no recuperable**.
- Las actividades de evaluación del tipo 3 son dos:
 1. La primera es una actividad de autoevaluación y coevaluación de proyectos que se hará en horas de clases o prácticas y que se corresponde con el 5%. Esta es una actividad **no recuperable**.
 2. La segunda es el proyecto que se realizará a partir de los resultados obtenidos en prácticas y que se corresponde con la elaboración de un documento, y una posible defensa si ha lugar, según un formato que se entregará, y en el que los distintos grupos explicarán cuáles han sido los pasos que han ido realizando, los resultados parciales y el resultado final. Esta actividad tiene un peso del 30% (3 puntos) sobre la nota final en la **convocatoria ordinaria**. La forma de calcular la calificación será empleando una rúbrica de evaluación que se usará para calificar la memoria del proyecto que se presente. Esta calificación será del 25% (2,5 puntos) de la nota del proyecto. El 5% restante se obtendrá a partir de una prueba tipo test que tendrán que hacer todos los miembros del grupo. Si todos ellos contestan satisfactoriamente la cuestión que se le pregunte, tendrán 0,5 punto más en la nota del proyecto. Si alguno de ellos falla la cuestión que se le proponga, aquellos estudiantes que no hayan contestado correctamente tendrán un 0 y los que sí lo hayan hecho tendrán 0,25 puntos. En la **convocatoria extraordinaria** los estudiantes podrán elegir si el 30% de la calificación sigue siendo la nota del proyecto (memoria + cuestiones) o si lo sustituyen por la calificación que obtengan de un examen de prácticas que consistirá en la realización en el laboratorio de una práctica. Aquellos estudiantes que no puedan venir a clase y prácticas por algún motivo justificado (Erasmus, Sicue o trabajo) podrán acogerse al examen de prácticas también en la convocatoria ordinaria.

Calificaciones mínimas para aprobar la asignatura:

- La nota media de las tres actividades de evaluación del tipo 1 (pruebas de evaluación parciales + examen final) debe ser mayor de 3,5 sobre 10.
- La nota de la actividad de evaluación del tipo 3 debe ser mayor de 4 sobre 10.
- En el caso de que se opte por hacer el examen de prácticas en la convocatoria extraordinaria, para aprobar la asignatura es necesario sacar al menos un 5 sobre 10 en dicho examen.

En el caso de que no se cumpla/n alguna/s de las restricciones anteriores, la calificación que aparecerá en el acta será el mínimo entre la calificación obtenida aplicando los porcentajes indicados en este apartado y 4.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los tipos de actividades de evaluación:

Tipo de Actividad	Tipo de prueba asociada a la actividad	¿Cuándo se puede aprobar la prueba?	Calificación sobre la nota final	Condiciones y notas mínimas para poder aprobar la asignatura, y cuestiones asociadas a la prueba	
Exámenes de cuestiones teórico-prácticas y problemas:	Cuestiones teóricas-prácticas	A lo largo del curso o Convocatoria ordinaria o Convocatoria extraordinaria	2 puntos	Si en las cuestiones teórico-prácticas realizadas en los exámenes de clases se obtiene una calificación mayor o igual a 4, no es necesario realizar esta parte en los exámenes de las convocatorias. Para aprobar la asignatura, la nota obtenida de estas dos partes debe ser mayor o igual a 3,5 sobre 10.	
	Problemas	Convocatoria ordinaria o Convocatoria extraordinaria	4 puntos		
	Exámenes online	LA nota A lo largo del curso (NR)	(1 punto*)	Para añadirla a la nota final, la suma de todas las calificaciones del resto de pruebas debe ser, al menos, de un 4 sobre 10 y no debe haber más de 2 exámenes online suspensos. Esta es una nota que puede hacer que la nota sea mayor a 10, en cuyo caso, en el acta se pondrá como nota final de la asignatura, 10.	
Proyecto:	Presentación de entregables	A lo largo del curso (NR)	0,5 puntos	Que los estudiantes hayan subido al campus virtual, en tiempo y forma, la mitad más uno de los entregables.	
	Coevaluación de proyectos	A lo largo del curso (NR)	0,5 puntos	Que el estudiante haya hecho la coevaluación.	Para aprobar la asignatura, la suma de las notas debe ser mayor o igual a 4 sobre 10.
	Memoria del proyecto	Convocatoria ordinaria o Convocatoria extraordinaria	2,5 puntos	Presentar en tiempo y forma la memoria del proyecto.	
	Cuestiones sobre el proyecto	Convocatoria ordinaria	0,5 punto	Si todos los estudiantes de un grupo contestan de forma correcta a las preguntas, todos los miembros del grupo tendrán 0,5 puntos. Si alguno/s contesta/n erróneamente, los que hayan contestado mal tendrán 0 puntos y los que hayan contestado bien 0,25 puntos.	
Examen de prácticas:	Examen de prácticas	Convocatoria ordinaria o Convocatoria extraordinaria	3 puntos	5 sobre 10. Aquellos estudiantes que no hayan hecho el proyecto debido a algún motivo justificado (Erasmus, Sicue o trabajo) podrán hacer el examen de prácticas en la convocatoria ordinaria y/o extraordinaria. Aquellos que hayan hecho el proyecto, pero no quieran conservar la nota para la convocatoria extraordinaria, podrán hacer el examen de prácticas en dicha convocatoria.	

Bibliografía

Bibliografía básica

1. Antonio Visioli "Practical PID Control" Springer, 2006
2. Karl J. Åström y Tore Hägglund "Control PID avanzado" Ed. Pearson Prentice Hall, 2009
3. Norman S. Nise "Control Systems Engineering" John Willey & Sons, Inc. 2011.
4. Ogata K. "Ingeniería de Control Moderna". Ed. Pearson Prentice Hall, 2010

Bibliografía complementaria

1. Åström, K.J., Murray, R. M. Feedback systems. An introduction for scientists and engineers. Princeton University Press, 2008.
2. Kuo B. Sistemas de Control Automático. Ed. Prentice Hall, 1996.
3. Dorf R.C. Modern Control Systems. Ed. Addison-Wesley
4. Franklin G. Control de Sistemas Dinámicos con Retroalimentación. Ed. Addison-Wesley, 1991.
5. Aleixandre V. Automatica I. U.N.E.D.
6. Barrientos A., Sanz R., Matía F. y Gambao E. Control de Sistemas Continuos. Problemas Resueltos. Ed. Mc Graw Hill, 1999.
7. Eronini. Dinámica de Sistemas y Control. Ed. Thomson Learning.
8. Lewis P.H. y Yang C. Sistemas de Control en Ingeniería. Ed. Prentice Hall
9. Woods R.L. y Lawrence K.L. Modelling and Simulation of Dynamic Systems. Ed. Prentice Hall.

Otros recursos y materiales docentes complementarios

Páginas web

1. Los libros "Ingeniería de Control Moderna" y "Practical PID control" se encuentran accesibles desde la página web de la biblioteca de la UEx: <http://biblioteca.unex.es>
2. Página web de cursos online: Free on line courses (MIT, Electrical Engineering and Computer Science Department) <http://ocw.mit.edu/courses/#electrical-engineering-and-computer-science>
3. Buscador de cursos MOOC sobre *Sistemas de Control*: <https://www.mooc-list.com/tags/control-systems>
4. Página web de Arduino: <http://www.arduino.cc>

Horario de tutorías

Tutorías Programadas: El horario y lugar de las tutorías programadas se publicarán, mediante los procedimientos establecidos para ello, en cuanto sean oficialmente determinados por la Dirección del Centro.

Tutorías de libre acceso: El horario y lugar de las tutorías de libre acceso se publicarán, mediante los procedimientos establecidos para ello, en cuanto sean oficialmente aprobados por el Departamento.

Recomendaciones

Se recomienda a los alumnos matricularse simultáneamente en Máquinas Eléctricas, Electrónica de Potencia y Regulación Automática, para poder optar a realizar un Proyecto Coordinado de las tres asignaturas.

Conocimientos previos necesarios:

1. Conocimientos de matlab adquiridos en la asignatura "Aplicaciones informática de la ingeniería" de primer curso
2. Conocimientos básicos sobre ecuaciones diferenciales y transformadas de Laplace que se adquieren en las asignaturas, "Matemáticas I" y "Ampliación de matemáticas", de primer y segundo curso respectivamente.
3. Conocimientos sobre sistemas, modelos, análisis y control de sistemas dinámicos que se adquieren en la asignatura "**Introducción a la Automática**", de segundo curso.

Recomendaciones para el estudio y desarrollo de la asignatura:

Es fundamental que sigas las etapas que se van marcando a lo largo del curso para que el trabajo que se realice sea fructífero.

A la hora de prepararse los temas y trabajos es necesario que se haga con seriedad y siendo responsable de lo que se hace. Hay que dar todo lo que uno puede dar. No deberíais conformaros con la mediocridad.

La evaluación continua que se realiza a lo largo del curso debe ser entendida como un elemento de realimentación que permitirá mejorar en la consecución de los objetivos propuesto al inicio de la asignatura. La autoevaluación y coevaluación debe ser hecha con la responsabilidad que ello implica, ya que de una evaluación bien hecha se beneficiará el propio grupo y el resto de compañeros. Decir que algo está bien cuando está mal o viceversa, no beneficia a nadie.

La interacción con los miembros del grupo debe ser fluida y los problemas que aparezcan hay que afrontarlos e intentar resolverlos con asertividad.

Haz uso de las tutorías de libre acceso además de para preguntar dudas concretas sobre la asignatura, cuando percibas que te está costando más de la cuenta seguir la asignatura. Si esto ocurriera debes poner remedio antes de que sea insalvable la situación. El profesor te puede ayudar en este caso.