



## Teaching Guide

| Identifying Data    |   |        |                                   |           | 2016/17 |
|---------------------|---|--------|-----------------------------------|-----------|---------|
| Subject (*)         | Fundamentos de Automática   |        | Code                              | 770G02017 |         |
| Study programme     | Grao en Enxeñaría Eléctrica   |        |                                   |           |         |
| Descriptors         |   |        |                                   |           |         |
| Cycle               | Period  | Year   | Type                              | Credits   |         |
| Graduate            | 2nd four-month period   | Second | Obligatoria                       | 6         |         |
| Language            | Spanish   |        |                                   |           |         |
| Teaching method     | Face-to-face  |        |                                   |           |         |
| Prerequisites       |   |        |                                   |           |         |
| Department          | Enxeñaría Industrial  |        |                                   |           |         |
| Coordinador         | Vega Vega, Rafael Alejandro   | E-mail | rafael.alejandra.vega.vega@udc.es |           |         |
| Lecturers           | Vega Vega, Rafael Alejandro   | E-mail | rafael.alejandra.vega.vega@udc.es |           |         |
| Web                 |   |        |                                   |           |         |
| General description | <p>Na industria actual, e mesmo entre os produtos de consumo máis usuais, empréganse múltiples sistemas sobre os que se aplican métodos modernos de control. É por iso que se necesitan técnicos con capacidade para "comprender", "desenvolver" e "aplicar" devanditos métodos. As Escolas e Centros onde se estude Enxeñaría deben dotar aos seus Alumnos das facultades e coñecementos necesarios que lles permitan, sobre todo, "comprender" e "desenvolver", para que na súa incorporación ao mundo laboral, en colaboración coa experiencia da Empresa, "desenvolver" e "aplique" devanditos métodos con maior profundidade.</p> <p>As funcións que permiten o anterior son, entre outras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender a utilidade do Control Automático, no noso caso, de sistemas lineais e contínuos, e coñecer as súas aplicacións tanto industriais como en produtos de utilización sistemática, como o son moitos dos de consumo habitual.</li> <li>- Coñecer e comprender os conceptos de estabilidade e precisión dos sistemas realimentados de control.</li> <li>- Coñecer e saber utilizar os métodos analíticos necesarios para: <ul style="list-style-type: none"> <li>- A modelización de sistemas físicos.</li> <li>- A análise tanto dinámica como estático dos sistemas nos dominios temporal e frecuencial.</li> <li>- O deseño do regulador máis adecuado, que cumpra as especificacións esixidas polo usuario, para cada sistema de control.</li> <li>- Coñecer a finalidade de cada un dos elementos que forman parte dun sistema de control, como poden ser os actuadores, sensores, reguladores, etc.</li> </ul> </li> <li>- Elixir, entre as múltiples posibilidades, a estrutura de control a implantar máis adecuada.</li> </ul> |        |                                   |           |         |

## Study programme competences / results

| Code | Study programme competences / results   |
|------|---|
| A3   | Capacidade para realizar medicións, cálculos, valoracións, taxacións, peritaxes, estudos e informes.  |
| A4   | Capacidade de xestión da información, manexo e aplicación das especificacións técnicas e da lexislación necesarias no exercicio da profesión. |
| A17  | Coñecer os fundamentos de automatismos e métodos de control.  |
| B1   | Capacidade de resolver problemas con iniciativa, toma de decisións, creatividade e razoamento crítico.  |
| B2   | Capacidade de comunicar e transmitir coñecementos, habilidades e destrezas no campo da enxeñaría industrial.                                  |



|    |  |
|----|--|
| B3 | Capacidade de traballar nun contorno multilingüe e multidisciplinar.   |
| B4 | Capacidade de traballar e aprender de forma autónoma e con iniciativa.   |
| B5 | Capacidade para empregar as técnicas, habilidades e ferramentas da enxeñaría necesarias para a práctica desta.   |
| B6 | Capacidade de usar adecuadamente os recursos de información e aplicar as tecnoloxías da información e as comunicacións na enxeñaría.   |
| B7 | Capacidade para traballar de forma colaborativa e de motivar un grupo de traballo.   |
| C1 | Expresarse correctamente, tanto de forma oral coma escrita, nas linguas oficiais da comunidade autónoma.   |
| C3 | Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida.  |
| C4 | Desenvolverse para o exercicio dunha cidadanía aberta, culta, crítica, comprometida, democrática e solidaria, capaz de analizar a realidade, diagnosticar problemas, formular e implantar solucións baseadas no coñecemento e orientadas ao ben común. |
| C6 | Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.  |
| C8 | Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade.  |

| Learning outcomes  |                                       |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|
| Learning outcomes  | Study programme competences / results |  |                            |
| Coñece as propiedades da realimentación e as accións básicas de control  | A3<br>A4<br>A17                       | B1<br>B2<br>B3<br>B4<br>B5<br>B6<br>B7 | C1<br>C3<br>C4<br>C6<br>C8 |
| Coñece e sabe aplicar as técnicas de deseño de control de sistemas continuos monovariábeis, no dominio temporal    | A6<br>A17<br>A30<br>A31<br>A34        | B1<br>B6                               | C3                         |
| Coñece e sabe aplicar as técnicas de deseño de control de sistemas continuos monovariábeis, no dominio frecuencial | A6<br>A17<br>A30<br>A31<br>A34        | B1<br>B6<br>B7                         | C3                         |
| Coñece e sabe seleccionar esquemas básicos de control  | A6<br>A17<br>A30<br>A31<br>A34        | B1<br>B6<br>B7                         | C3                         |
| Coñece e sabe aplicar as técnicas básicas de programación de automatismos en autómatas programables                | A17<br>A30<br>A31<br>A34              | B4<br>B6                               | C3                         |

| Contents |           |
|----------|-----------|
| Topic    | Sub-topic |



|   |  |
|---|--|
| TEMA 0<br>&quot;Introdución á Automatización&quot;  | 0.1.- Introducción.<br>0.2.- Arquitectura e compoñentes.<br>0.3.- Tipos de control.<br>0.4.- Etapas na Automatización.   |
| BLOQUE TEMÁTICO I<br>TEMAS 1 al 4   | Representación dos sistemas de control   |
| TEMA 1<br>&quot;Repaso físico-matemático&quot;  | 1.1.- Sistemas físicos elementais.<br>1.2.- Fórmulas e teoremas matemáticos elementais.<br>Problemas.  |
| TEMA 2<br>&quot;Sistemas de Control Automático&quot;  | 2.1.- Sistemas de control automático<br>2.2.- Clasificación dos sistemas de control.<br>2.3.- Sistemas dinámicos de control.<br>2.4.- Sistemas lineais. Linealización.<br>2.5.- Reguladores e servomecanismos. Diferencias.<br>2.6.- Sistemas en bucle aberto e en bucle pechado.<br>2.7.- Elementos dun sistema.<br>Problemas.  |
| TEMA 3<br>&quot;Función de transferencia y Diagrama de bloques&quot;                              | 3.1.- Modelo matemático de un sistema dinámico.<br>3.2.- Función de transferencia. Definicións.<br>3.3.- Diagrama de bloques.<br>3.4.- Reducción del diagrama de bloques: flujograma y fórmula de Mason.<br>Problemas.   |
| TEMA 4<br>&quot;Sistemas realimentados de control automático&quot;                                | 4.1.- Sistemas con realimentación da saída. Definicións.<br>4.2.- Sensibilidade.<br>4.3.- Efectos da realimentación sobre un sistema de control.<br>Problemas.   |
| BLOQUE TEMÁTICO II<br>TEMAS 5 al 7  | Análise temporal de sistemas   |
| TEMA 5<br>&quot;Resposta temporal dun sistema dinámico de control&quot;                           | 5.1.- Introducción.<br>5.2.- Resposta impulsional dun sistema.<br>5.3.- Integral de Convolución.<br>5.4.- Resposta temporal dun sistema de primeira orde.<br>5.5.- Resposta temporal dun sistema de segunda orde.<br>5.6.- Sistemas de orde superior. Concepto de estabilidade.<br>5.7.- Estudo da estabilidade dun sistema por medio da localización dos seus polos en cadea pechada no plano complexo.<br>5.8.- Criterio de estabilidade de Routh. Propiedades. Aplicacións.<br>Problemas. |
| TEMA 6<br>&quot;Erros en réxime permanente de sistemas realimentados&quot;                        | 6.1.- Erro en réxime permanente.<br>6.2.- Tipo dun sistema.<br>6.3.- Sinais de entrada e constantes de erro.<br>6.4.- Erros con realimentación non unitaria. Problemas.  |
| TEMA 7<br>&quot;Estudo da estabilidade dun sistema realimentado mediante o lugar das raíces&quot; | 7.1.- Lugar xeométrico das raíces.<br>7.2.- Condicións básicas do lugar das raíces.<br>7.3.- Regras de construción do lugar<br>7.4.- O contorno das raíces.<br>Problemas.  |
| BLOQUE TEMÁTICO III<br>TEMAS 8 al 11  | Análise frecuencial de sistemas  |



|  |   |
|--|---|
| TEMA 8<br>&quot;Resposta frecuencial dun sistema&quot;     | 8.1.- Introducción.<br>8.2.- Resposta de frecuencia.<br>8.3.- Resposta de frecuencia e diagrama cero-polar.<br>8.4.- Representacións gráficas.<br>Problemas.  |
| TEMA 9<br>&quot;Diagramas de Bode ou logarítmicos&quot;    | 9.1.- Introducción.<br>9.2.- Representación de termos.<br>9.3.- Sistemas de fase mínima e sistemas de fase non mínima.<br>Problemas.  |
| TEMA 10<br>&quot;Criterio de estabilidade de Nyquist&quot; | 10.1.- Diagrama polar.<br>10.2.- Criterio de estabilidade de Nyquist<br>Problemas.  |
| TEMA 11<br>&quot;Estabilidade relativa&quot;               | 11.1.- Estabilidade relativa.<br>11.2.- Marxe de ganancia e marxe de fase.<br>11.3.- Estabilidade nos diagramas de Bode.<br>11.4.- Frecuencia de corte e ancho de banda.<br>11.5.- Especificacións frecuenciales.<br>11.6.- Relación entre a resposta en frecuencia e a resposta temporal.<br>11.7.- Resposta de frecuencia en bucle pechado.<br>Problemas. |
| BLOQUE TEMÁTICO IV<br>TEMAS 12 al 13                       | Deseño de Sistemas  |
| TEMA 12<br>&quot;Introdución al deseño&quot;               | 12.1.- Introducción.<br>12.2.- Tipos de compensación.<br>12.3.- Especificacións de funcionamento.<br>12.4.- Condicións básicas.<br>Problemas.   |
| TEMA 13<br>&quot;Reguladores e redes de compensación&quot; | 13.1.- Regulador P.<br>13.2.- Regulador PD: rede de adianto de fase.<br>13.3.- Regulador PI: rede de atraso de fase.<br>13.4.- Regulador PID: rede de atraso-adianto de fase.<br>13.5.- Etapas de deseño.<br>Problemas.   |

| Planning                       |  |                                      |                               |             |
|--------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests          | Competencies / Results   | Teaching hours (in-person & virtual) | Student's personal work hours | Total hours |
| Guest lecture / keynote speech | A3 A4 A17 B1 B2 B3<br>B4 B5 B6 B7 C1 C3<br>C4 C6 C8 C3                           | 21                                   | 21                            | 42          |
| Problem solving                | A6 A17 A30 A31 A34<br>B7 B1 B4 B6 B7 C3  | 21                                   | 35                            | 56          |
| Objective test                 | A6 A17 A30 A31 A34<br>B1 B4 B6 B7 C3   | 4                                    | 20                            | 24          |
| Laboratory practice            | A3 A4 A6 A15 A16<br>A17 A30 A31 A34 B1<br>B2 B3 B4 B5 B6 B7<br>C1 C3 C4 C6 C7 C8 | 9                                    | 6                             | 15          |



|   |  |   |   |    |
|---|--|---|---|----|
| Multiple-choice questions   | A3 A4 A6 A15 A16<br>A17 A30 A31 A34 B1<br>B2 B3 B4 B5 B6 B7<br>C1 C3 C4 C6 C7 C8 | 2 | 8 | 10 |
| Personalized attention  |  | 3 | 0 | 3  |
| (*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students. |  |   |   |    |

| Methodologies                  |   |
|--------------------------------|---|
| Methodologies                  | Description   |
| Guest lecture / keynote speech | Nela iranse desenvolvendo os conceptos e fórmulas necesarios para a comprensión e análise dos sistemas lineais de control, desde os conceptos de diagramas de bloques, estabilidade, precisión, etc., pasando polas análises temporais e frecuenciales, cos métodos utilizados para o seu estudo, ata o deseño dun regulador.   |
| Problem solving                | Realizaranse exercicios e problemas complementarios aos conceptos desenvolvidos nas sesións maxistras, que servirán para a asimilación destes, para a comprensión da Materia e para a avaliación continua do Alumno.<br>A nota obtida na solución de problemas pode chegar a ser de 1 punto.  |
| Objective test                 | Consistirá na realización dun exame no que se pode pór un test, cuestións teóricas, cuestións prácticas, problemas e/ou exercicios.<br>A nota obtida no devandito exame será máxima de 7 puntos, e é imprescindible obter unha mínima de 3.5 para poder aprobar a Materia.  |
| Laboratory practice            | Realizaranse unha serie de prácticas que consistirán no control dun motor de corrente continua, ao que se lle realizarán análises tanto temporais como frecuenciales estudando, en cada caso, as posibles respostas.<br>Poderíanse tamén realizar sesións de simulación.<br>As prácticas de laboratorio son obrigatorias para o Alumno, isto quere dicir, que hai que realizalas todas para poder aprobar a Materia.<br>A nota obtida nas prácticas pode chegar a ser de 1 punto. |
| Multiple-choice questions      | Consisten en 1 ou 2 exames sinxelos realizados ao finalizar os bloques temáticos I e II, e onde se pode pór un test, exercicios, cuestións teóricas, etc.<br>A nota obtida nestas probas pode chegar a ser de 1 punto.  |

| Personalized attention         |   |
|--------------------------------|---|
| Methodologies                  | Description   |
| Guest lecture / keynote speech | Asociadas ás leccións maxistras e de solución de problemas, cada Alumno dispón para a resolución das súas dúbidas, das correspondente sesións de tutoría personalizada. |
| Problem solving                | A realización das prácticas de laboratorio será levada persoalmente por un dos profesores designados.   |
| Laboratory practice            | O alumnado con recoñecemento de dedicación a tempo parcial e dispensa académica de exención de asistencia, recibirá instrucións precisas de forma personalizada.        |

| Assessment                |  |   |               |
|---------------------------|--|---|---------------|
| Methodologies             | Competencies / Results   | Description   | Qualification |
| Multiple-choice questions | A3 A4 A6 A15 A16<br>A17 A30 A31 A34 B1<br>B2 B3 B4 B5 B6 B7<br>C1 C3 C4 C6 C7 C8 | A nota obtida en cada un destes exames será como máximo de 10 puntos.<br>Estes exames poden consistir nun test, exercicios, cuestións teóricas, etc.<br>Poden servir para sumar 1 punto na nota final, da seguinte maneira:<br>- 0.5 puntos por cada exame puntuado entre 6 e 10 puntos.<br>Estas probas representan o 10% da puntuación da Materia, sempre que se asista con regularidade a clase. | 10            |



|                     |  |  |    |
|---------------------|--|--|----|
| Problem solving     | A6 A17 A30 A31 A34<br>B7 B1 B4 B6 B7 C3  | Resolución de cuestións, exercicios e problemas na aula. Preténdese avaliar o Interese e a Actitude do Alumno, así como o estudo continuo da Materia mediante a súa participación activa.<br>A solución de problemas representa o 10% da puntuación da Materia, sempre que se asista con regularidade a clase.   | 10 |
| Objective test      | A6 A17 A30 A31 A34<br>B1 B4 B6 B7 C3   | Resolución de cuestións, exercicios e problemas na aula. Preténdese avaliar o Interese e a Actitude do Alumno, así como o estudo continuo da Materia mediante a súa participación activa.<br>A solución de problemas representa o 10% da puntuación da Materia, sempre que se asista con regularidade a clase.   | 70 |
| Laboratory practice | A3 A4 A6 A15 A16<br>A17 A30 A31 A34 B1<br>B2 B3 B4 B5 B6 B7<br>C1 C3 C4 C6 C7 C8 | As prácticas de laboratorio son obrigatorias, hai que realizalas todas para poder aprobar a Materia.<br>Ademais, poden servir para sumar ata 1 punto na nota final, distribuído da seguinte maneira:<br>- 0.5 puntos segundo o grao de resolución e presentación do manual e informes de prácticas.<br>- 0.5 puntos segundo o grao de implicación do Alumno nas prácticas e na súa capacidade de resposta ás preguntas expostas durante a realización das prácticas.<br>As prácticas de Laboratorio representan o 10% da puntuación da Materia, sempre que se asista con regularidade a clase. | 10 |
| Others              |  |  |    |

### Assessment comments

Para que un Alumno sexa avaliado, ha de ter en conta que a asistencia a clase é obrigatoria, co cal, o Profesor controlará a asistencia cando crea oportuno. Ao finalizar o curso, cada Alumno terá o obxectivo de Asistencia alcanzado ou non. Se a nota da Proba Obxectiva é maior ou igual a 3.5 puntos e se se ten a Asistencia, a nota final da Materia será a suma das notas da Proba Obxectiva, as Prácticas de Laboratorio, a Solución de Problemas e as Probas de Resposta Múltiple. Se a nota da Proba Obxectiva é menor de 3.5 puntos ou se non se ten a Asistencia, a nota final da Materia será a da Proba Obxectiva. Ó alumnado con recoñecemento de dedicación a tempo parcial e dispensa académica de exención de asistencia, se lle exixirá ó menos un 5 sobre 7 na proba obxectiva e despois un exame das prácticas. Os Alumnos que repitan matrícula poden optar entre repetir ou non a Asistencia, as Prácticas de Laboratorio e as Probas Mixtas. En caso negativo gardaranse as notas do curso anterior e os Alumnos deberán informar o Profesor ao principio do curso de que parte ou partes non van repetir.

### Sources of information

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Basic</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- José Gómez Campomanes (1.986). Análisis y diseño de los Sistemas Automáticos de Control (2 tomos). Ediciones Júcar</li> <li>- Rohrs-Melsa-Schultz (1.994). Sistemas de Control Lineal. McGraw-Hill</li> <li>- Katsuhiko Ogata (2.003). Ingeniería de Control moderna. Prentice Hall</li> <li>- BENJAMÍN KUO (1996). Sistemas de control automático. Prentice Hall</li> <li>- DORF/BISHOP (2005). Sistemas de control moderno. Prentice Hall</li> <li>- FRANCISCO OLIVER CHARLÓN (). Teoría abreviada y problemas resueltos de sistemas lineales de control.</li> </ul> <p>La principal fuente de información son los apuntes de clase. La bibliografía adjunta sirve para completarlos y profundizar en la materia</p> |
| <b>Complementary</b> |   |

### Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before



Cálculo/770G01001

Física I/770G01003

Física II/770G01007

Ecuacións Diferenciais/770G01011

Fundamentos de Electricidade/770G01013

Fundamentos de Electrónica/770G01018

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Informática/770G01002

Subjects that continue the syllabus

Automatización I/770G01024

Enxeñaría de Control/770G01028

Automatización II/770G01037

Sistemas de Control Intelixente/770G01043

Other comments

(\*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.