



UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

Guiones de prácticas de la asignatura:

# AUTOMÁTICA I

Revisión 2003

**Autores:**

Raquel Dormido Canto  
Sebastián Dormido Canto  
Natividad Duro Carralero  
Arnoldo W. Fernández Álvarez  
Roberto Hernández Berlinches  
Juan Carlos Lázaro Obensa  
Ignacio López Rodríguez  
Fernando Morilla García (*Coordinador*)  
Rafael Pastor Vargas  
Angel Pérez de Madrid  
Salvador Ros Muñoz  
Miguel Angel Rubio González  
Luis M<sup>a</sup> Torres Ferrero



Dpto. de Informática y Automática



## **Agradecimientos**

Este texto no hubiera sido posible sin el apoyo de otros compañeros del Departamento y sin el empeño de su Director, el profesor D. Sebastián Dormido, por garantizar una buena dotación de equipos. Los autores agradecen esta colaboración desinteresada, así como el trabajo de los que les precedieron en estas tareas de combinar la práctica con la teoría de control desde la asignatura de Automática I. Con especial mención a dos profesores, D. Jesús Manuel De la Cruz y D. Heliodoro Ruipérez, que acompañaban a D. Fernando Morilla cuando este laboratorio de Automática I dió sus primeros pasos en el año 1983.

Agradecemos también la atención y los comentarios que durante estos años nos han hecho llegar las distintas generaciones de alumnos, y los profesores y becarios que les tutorizaron en el laboratorio.

## Contenido

La modalidad de prácticas en la Sede Central de la UNED presenta una restricción temporal muy importante. El alumno abandona su lugar habitual de residencia y se desplaza durante una semana a Madrid. Esta limitación se ha venido paliando desde el Departamento de Informática y Automática de la UNED con un tipo de sesiones prácticas muy guiadas. Y haciendo entrega a los alumnos de unos guiones como éstos, muy elaborados y contrastados por profesores y becarios del Departamento, para que sean, en la medida de lo posible, autosuficientes. De esta forma se evita que el alumno se tenga que enfrentar a la documentación que acompaña a los propios equipos didácticos o herramientas informáticas, y pueda centrar su atención en los aspectos prácticos de la asignatura.

Pero el concepto de práctica también está cambiando gracias a los grandes avances de las Tecnologías de la Información. El Dpto. de Informática y Automática de la UNED está desarrollando un paradigma de laboratorio virtual y remoto de Automática que permitirá al alumno de Automática I, que así lo desee, realizar sus sesiones prácticas desde cualquier lugar (su propio domicilio, su Centro Asociado, etc...) sin tener que desplazarse a Madrid. Sólo necesitará disponer de un computador personal con conexión a Internet y un navegador web estándar. La práctica de “Análisis y diseño de sistemas de control” ya está diseñada con esa filosofía.

En este texto se incluyen los guiones de siete prácticas, un documento de introducción al “Control System Toolbox” y otro a “SIMULINK”, que han sido elaborados bajo la coordinación del profesor D. Fernando Morilla.

Todos los guiones mantienen en general el siguiente esquema:

- Material necesario
- Objetivos de la práctica
- Presentación teórica de los problemas que se van a abordar
- Descripción de equipos y programas de computador
- Propuesta de experimentos

## **Presentación**

Las prácticas de Automática I, que tienen carácter obligatorio para aprobar la asignatura, contemplan la asistencia y participación del alumno en cinco tipos de sesiones que se describen a continuación. Todas las sesiones tienen lugar en los laboratorios del Departamento de Informática y Automática de la UNED durante una semana, en horario de tarde o de mañana, y una duración máxima de 4 horas. Por tanto estamos hablando de sesiones prácticas presenciales, muy guiadas, que además van a estar tutorizadas por profesores y becarios en el laboratorio. Algunas sesiones comienzan con una breve introducción a la herramienta “software” de cierta complejidad que el alumno va a utilizar en la práctica de ese día, a cargo del equipo docente.

### ***1ª Sesión***

#### **Modelado y simulación a partir de leyes físicas**

##### ***(Péndulo simple)***

El objetivo de esta sesión es probar mediante simulación distintos modelos de un péndulo simple. Todos los modelos tienen como punto de partida el péndulo simple sin rozamiento y suponen una simplificación de éste, mediante linealización, o una ampliación, al considerar fricción dinámica, o la combinación con un elemento actuador, al considerar un motor eléctrico acoplado en su extremo.

En el transcurso de la sesión el alumno ensayará técnicas de modelado y de simulación en el entorno de SIMULINK. Al mismo tiempo podrá comprobar bajo qué condiciones las aproximaciones lineales pueden explicar el comportamiento de un sistema tan bien

conocido y tan sencillo, como es el péndulo simple, pero inherentemente no lineal. Para que el alumno no tenga que partir de cero, se le ofrece el modelo del péndulo simple sin rozamiento, previamente programado, y acompañado de visualización gráfica y de una animación. En el resto de experimentos se le ofrecen algunos bloques que facilitan mucho el desarrollo de la práctica.

## ***2ª Sesión***

### **Estimación de parámetros**

El objetivo de esta práctica es estimar los parámetros de varios sistemas analógicos, por tanto continuos, de una entrada una salida a partir de sus características de respuesta temporal y de su respuesta en frecuencia. Todos los sistemas a estudiar tienen una estructura simple, de primer o de segundo orden, conocida. Concretamente se conoce su función de transferencia, que describe muy bien su comportamiento lineal, pero se desconoce el valor de sus parámetros. La determinación de éstos se puede realizar experimentalmente mediante el análisis de su respuesta temporal o de su respuesta en frecuencia y debería dar, salvo aproximaciones, los mismos resultados.

Pero incluso aunque la estimación paramétrica proporcione los mismos resultados con ambos métodos, puede ocurrir que realmente se esté reflejando sólo parte de la realidad. Se recomienda al alumno que contraste el diagrama de Bode teórico y el experimental en un rango de frecuencias adecuado al sistema bajo estudio. En esta tarea se puede auxiliar de un instrumento (Bodímetro) para medición automática de respuesta en frecuencia desarrollado por nuestro Departamento.

Una sesión práctica se completa con varios experimentos sobre uno de los módulos analógicos activos (primer o segundo orden) y sobre otro pasivo (red de adelanto o de retardo). Actualmente hay disponibles cinco módulos:

Módulo de primer orden realimentado

Módulo de segundo orden y ganancia unitaria.

Módulo de segundo orden y controles independientes.

Redes pasivas de adelanto y de retardo.

### ***3ª Sesión***

## **Análisis y diseño de sistemas de control**

El objetivo de esta sesión es: la aplicación del computador en el análisis, y diseño clásico de sistemas de control lineales, descritos por funciones de transferencia o mediante variables de estado.

La sesión práctica consta de tres ejercicios, que el alumno debe resolver utilizando la aplicación cliente-servidor SISTEMAS. El primer ejercicio corresponde a un sistema continuo, el segundo a un sistema discreto y el tercero a un sistema muestreado.

### ***4ª Sesión***

## **Control de una planta piloto**

***(Depósito con Lab View)***  
***(Motores de corriente continua)***  
***(Control de caudal)***

Los objetivos generales de esta sesión son que el alumno conozca una de las plantas pilotos del laboratorio, analice sus características dinámicas, y experimente sobre ella distintas estrategias de control haciendo uso de los medios que ésta tenga disponibles, que puede ser una instrumentación industrial o un computador.

Las siguientes cuatro plantas están disponibles actualmente en el laboratorio del Departamento, y sobre cada una ellas se propone una sesión práctica con unos objetivos particulares.

#### ***Depósito con Lab View:***

**Equipo didáctico CE5 "Coupled Tanks" de Tecquipment y aplicación específica de simulación y control.**

La sesión práctica consta de cuatro experimentos: pruebas de entrada y de salida, estudio de las características del proceso, simulación y control de nivel.

El computador en este caso asume todas las tareas de simulación, de control y de supervisión, y permite que los alumnos interactúen con el proceso. Pero como el proceso real tiene una dinámica muy lenta, se ha elegido una frecuencia de muestreo adecuada (a la que el alumno no tiene acceso) para que el planteamiento de la práctica se haga en el dominio continuo.

***Motor de corriente continua:***

**Equipo didáctico CE9 "Ball and Hoop" de Tecquipment y aplicación específica de control.**

La sesión práctica consta de cuatro experimentos: pruebas de entrada y de salida, estudio de las características del proceso, control de velocidad y control de posición. Aunque el proceso tiene una dinámica relativamente rápida, todo el planteamiento de la práctica se hace como si el sistema fuera continuo, fijando una frecuencia de muestreo suficientemente grande a la que el alumno tiene acceso, y sólo al final se analizará el efecto cualitativo de elegir otros periodos de muestreo. El computador en esta planta asume las tareas de control y de supervisión, y permite que los alumnos interactúen con el proceso.

***Motor de corriente continua:***

**Equipo didáctico SFT154 "Analogue Servo Fundamentals Trainer" de Feedback y aplicación específica de control.**

De cara al alumno, la práctica que se realiza con este equipo es muy similar a la que realiza con el "Ball and Hoop", tiene los mismos objetivos y se utiliza la misma aplicación informática.

***Control de caudal:***

**Planta piloto compuesta de un caudalímetro magnético, un regulador industrial, una válvula con su circuito de control y una bomba sumergible.**

Esta planta se ha montado utilizando expresamente una serie de componentes habituales en muchos lazos de control industriales. Por tanto, a diferencia de los experimentos propuestos para las otras plantas, se primará la toma de contacto y familiarización del alumno con instrumentación industrial.

La sesión práctica consta de ocho experimentos: identificar los componentes de la planta y sus conexiones, estudiar el posicionamiento del vástago de la válvula, obtener la característica entre la señal de control y el caudal, obtener un modelo de primer orden para la planta, calcular los parámetros de control, obtener la respuesta del sistema a una entrada escalón, estudiar el comportamiento del sistema frente a perturbaciones y estudiar el comportamiento del sistema para cambios en los parámetros de control.



**5ª Sesión**  
**Control de un sistema mecánico mediante**  
**realimentación por variables de estado**  
*(Péndulo invertido)*

El objetivo de esta sesión es controlar mediante simulación un sistema electro-mecánico relativamente complejo como es el péndulo invertido montado sobre un carro. El sistema de control que se va a emplear combina una realimentación de estados para estabilizar el péndulo y un controlador de la posición del carro. La bondad del diseño vendrá condicionada porque todos los movimientos que el carro necesita para posicionarse se realicen en un tiempo razonable y sin que el péndulo se desvíe de su posición vertical más de un cierto ángulo.

La sesión práctica consta de tres experimentos: análisis de estabilidad, estabilización del péndulo mediante realimentación por variables de estados, y control de posición del carro. En el transcurso de la práctica el alumno aprenderá por un lado a usar funciones de MATLAB y del Control System Toolbox, todas ellas con fines de análisis y diseño, y por otro lado a utilizar el entorno de simulación SIMULINK, principalmente con fines de control puesto que el modelo del péndulo invertido ya se le ofrece previamente programado, acompañado de unos registros gráficos y de una animación, que facilitan mucho el desarrollo de la práctica.

