



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Electrónica digital y microcontroladores

|                     |  |            |       |              |
|---------------------|--|------------|-------|--------------|
| Asignatura          | Electrónica digital<br>y<br>microcontroladores   |            |       |              |
| Código              | V12G330V01601  |            |       |              |
| Titulación          | Grado en<br>Ingeniería en<br>Electrónica<br>Industrial y<br>Automática   |            |       |              |
| Descriptores        | Creditos ECTS  | Seleccione | Curso | Cuatrimestre |
|                     | 9  | OB         | 3     | 2c           |
| Lengua              | Castellano   |            |       |              |
| Impartición         |  |            |       |              |
| Departamento        | Tecnología electrónica   |            |       |              |
| Coordinador/a       | Fariña Rodríguez, José   |            |       |              |
| Profesorado         | Cao Paz, Ana María<br>Costas Pérez, Lucía<br>Fariña Rodríguez, José<br>Quintáns Graña, Camilo<br>Rodríguez Andina, Juan José<br>Soto Campos, Enrique   |            |       |              |
| Correo-e            | jfarina@uvigo.es   |            |       |              |
| Web                 | <a href="http://193.146.32.240/moodle1213/course/view.php?id=443">http://193.146.32.240/moodle1213/course/view.php?id=443</a>  |            |       |              |
| Descripción general | <p>Esta asignatura tiene como objetivo general que el alumnado adquiera las competencias y habilidades necesarias para el diseño, análisis, simulación, depuración, prueba y mantenimiento de circuitos electrónicos digitales básicos realizados con circuitos de media escala de integración (MSI), con dispositivos reconfigurables (FPGAs) o con microcontroladores.</p> <p>El contenido de la asignatura hace énfasis en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio los parámetros de funcionamiento de las familias lógicas teniendo en cuenta la tecnología de fabricación.</li> <li>- Estudio de la metodología de diseño de circuitos digitales combinacionales.</li> <li>- Análisis de los bloques funcionales básicos de circuitos digitales combinacionales.</li> <li>- Estudio de la metodología de diseño de circuitos digitales secuenciales.</li> <li>- Análisis de los bloques funcionales básicos de circuitos digitales secuenciales.</li> <li>- Descripción y utilización de lenguajes de descripción de hardware (HDL) como herramienta para la especificación de circuitos digitales.</li> <li>- Descripción de los tipos de Memorias Semiconductoras, sus parámetros de funcionamiento y sus aplicaciones.</li> <li>- Estudio de la estructura básica de un microprocesador y de un microcontrolador.</li> <li>- Estudio de la metodología de diseño de sistemas digitales basados en microcontroladores.</li> </ul> |            |       |              |

## Competencias

|        |   |
|--------|---|
| Código |   |
| B3     | CG3 Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.  |
| B4     | CG4 Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el ámbito de la Ingeniería Industrial en el campo de Electrónica Industrial y Automática. |
| C21    | CE21 Conocimiento de los fundamentos y aplicaciones de la electrónica digital y microprocesadores.  |
| C24    | CE24 Capacidad para diseñar sistemas electrónicos analógicos, digitales y de potencia.  |
| D2     | CT2 Resolución de problemas.  |
| D9     | CT9 Aplicar conocimientos.  |
| D17    | CT17 Trabajo en equipo.   |

## Resultados de aprendizaje

| Resultados previstos en la materia  | Resultados de Formación y Aprendizaje |            |                 |
|---|---------------------------------------|------------|-----------------|
| Conocer las tecnologías de fabricación y parámetros de funcionamiento de las familias lógicas.  | B3                                    | C21<br>C24 |                 |
| Dominar las técnicas de diseño de circuitos digitales combinacionales y secuenciales.   |                                       | C21<br>C24 | D2<br>D9        |
| Conocer los tipos y aplicaciones de Memorias semiconductoras.   | B3                                    | C21        |                 |
| Conocer la estructura básica de un microprocesador y microcontrolador.  | B3                                    | C21<br>C24 |                 |
| Dominar los procedimientos de diseño y realización de aplicación de microcontroladores.   | B4                                    | C21<br>C24 | D2<br>D9<br>D17 |
| Adquirir habilidades básicas de especificación de circuitos electrónicos digitales con lenguajes de descripción de hardware (HDL)           |                                       | C21        |                 |
| Conocer las metodologías y herramientas para la simulación depuración y verificación de funcionamiento de circuitos electrónicos digitales. |                                       | C21        |                 |

## Contenidos

| Tema  |  |
|---|--|
| Teoría 1.1 INTRODUCCIÓN A LA ELECTRÓNICA DIGITAL                          | Códigos de numeración. Álgebra de Boole. Puertas lógicas básicas.  |
| Teoría 1.2 TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS DIGITALES                             | Tecnologías digitales: características eléctricas y temporales, acoplamiento de circuitos, topologías de circuitos de salidas.   |
| Teoría 1.3 CONCEPTOS BASICOS DE HDLS                                      | Metodologías de diseño digital. Lenguajes de descripción de hardware. Estructuras y sentencias del lenguaje VHDL: Tipos de descripciones, lógica multivaluada, ejemplos de puertas lógicas.  |
| Teoría 1.4 ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIRCUITOS COMBINACIONALES                 | Funciones lógicas. Simplificación de funciones. Funciones incompletas.   |
| Teoría 1.5 BLOQUES FUNCIONALES COMBINACIONALES I                          | Decodificadores, codificadores, multiplexores, demultiplexores, buffers tri-estado.  |
| Teoría 1.6 CIRCUITOS DIGITALES SECUENCIALES BÁSICOS                       | Definición y tipos de sistemas secuenciales. Biestables asíncronos y síncronos. Representación de la respuesta temporal (cronogramas). Bloques funcionales: registros (E/S paralelo, desplazamiento), contadores síncronos. Descripciones en VHDL de los bloques funcionales secuenciales. |
| Teoría 1.7 MEMORIAS DIGITALES CON SEMICONDUCTORES                         | Definición y propiedades generales. Memorias de acceso aleatorio y secuencial. Memorias activas y pasivas. Memorias volátiles y no volátiles. Memorias estáticas y dinámicas. Señales de interconexión de una memoria. Cronogramas. Realización de funciones lógicas con memorias.         |
| Teoría 1.8 INTRODUCCIÓN A LOS CIRCUITOS RECONFIGURABLES                   | Matrices lógicas programables. PLDs: arquitectura básica. FPGAs: arquitectura básica. Bloques funcionales en FPGAs.  |
| Teoría 1.9 MÁQUINAS DE ESTADOS FINITOS                                    | Diagramas de estados de circuitos digitales secuenciales. Análisis de máquinas de estados finitos. Diseño de máquinas de estados finitos. Realización con registros. Realización con contadores. Codificación de estados. Descripciones en VHDL de máquinas de estado.                     |
| Teoría 1.10 BLOQUES FUNCIONALES COMBINACIONALES II                        | Circuitos aritméticos, comparadores, generadores/detectores de paridad.  |
| Teoría 1.11 SISTEMAS DIGITALES SECUENCIALES.                              | Ejemplos de diseño basados en una estructura genérica.   |
| Teoría 2.1 INTRODUCCIÓN A LOS MICROCONTROLADORES                          | Introducción, Componentes de un microcontrolador. Arquitecturas según la interconexión con la memoria. Arquitecturas según el juego de instrucciones.  |
| Teoría 2.2 CARACTERISTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES PIC.                 | Introducción. Descripción general de la estructura interna. Unidad aritmética y lógica. Memoria de Programa. Memoria de Datos. Periféricos.  |
| Teoría 2.3 PROGRAMACIÓN DE UN MICROCONTROLADOR. JUEGO DE INSTRUCCIONES I  | Concepto de programa informático. Nivel de abstracción. Estructura de las instrucciones. Para el microcontrolador de Microchip de la familia PIC18: Introducción al juego de instrucciones, tamaño y tiempo de ejecución de las instrucciones y códigos de operación.                      |
| Teoría 2.4 ENTRADA/SALIDA PARALELO. PERIFERICOS DEL PIC18                 | Introducción. Conceptos básicos de E/S paralelo. Control de transferencia. Estructura de E/S en el microcontrolador de Microchip de la familia PIC18. Transferencia en paralelo sincronizada. Ejemplos de conexión de periféricos.   |
| Teoría 2.5 PROGRAMACIÓN DE UN MICROCONTROLADOR. JUEGO DE INSTRUCCIONES II | Modos de direccionamiento. Estudio en el microcontrolador de Microchip de la familia PIC18: Modos de direccionamiento, estructura de las instrucciones y otros códigos de operación.   |
| Teoría 2.6 CARACTERISTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES PIC II               | Unidad de control. Ejecución segmentada de instrucciones. Gestión de tablas en memoria de programa. Gestión de memoria Pila.   |

|   |   |
|---|---|
| Teoría 2.7 ACOPLAMIENTO DE PERIFÉRICOS. TEMPORIZADORES. PERIFÉRICOS DEL PIC18.                    | Control de transferencia de información. Consulta periódica. Estructura básica de un temporizador. Temporizadores/Contadores en el microcontrolador de Microchip de la familia PIC18  |
| Teoría 2.8 ACOPLAMIENTO DE PERIFÉRICOS. INTERRUPCIONES EN EL PIC18                                | Concepto de excepción. Interrupciones. Gestión de interrupciones en el microcontrolador de Microchip de la familia PIC18.   |
| Teoría 2.9 ENTRADA/SALIDA ANALÓGICA. RECURSOS DEL PIC18   | Introducción. Conversión Analógico/Digital en el microcontrolador de Microchip de la familia PIC18.   |
| Teoría 2.10 EJEMPLOS DE APLICACIONES DE MICROCONTROLADORES  | Ejemplos de aplicaciones de microcontroladores realizados con el microcontrolador de Microchip de la familia PIC18.   |
| Práctica 1 INTRODUCCIÓN AL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DIGITAL                                     | Introducción al laboratorio de electrónica digital, recursos disponibles, documentación, metodología de trabajo. Estudio de las características estáticas y dinámicas de un circuito digital. Montaje de un circuito combinacional con puertas lógicas. Verificación mediante la sonda lógica y el osciloscopio.  |
| Práctica 2 INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES COMBINACIONALES DESCRITOS EN VHDL. | Entorno de simulación de circuitos descritos en VHDL. Modelado de circuitos combinacionales en VHDL con sentencias concurrentes. Modelado de algoritmos en VHDL (descripciones de comportamiento) con sentencias no concurrentes. Diseño de un banco de prueba. Simulación del circuito modelado.   |
| Práctica 3 ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DIGITALES SINCRONIZADOS MEDIANTE RELOJ.    | Estudio de los circuitos secuenciales y del Analizador Lógico. Conocer las características de los circuitos digitales síncronos. Análisis de la frecuencia máxima de trabajo. Análisis de la evolución entre estados. Eliminación de rebotes. Análisis del funcionamiento de un contador síncrono. Conocer el funcionamiento del Analizador Lógico.   |
| Práctica 4 INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES SECUENCIALES DESCRITOS EN VHDL.    | Modelado de circuitos secuenciales en VHDL utilizando la sentencia process. Modelado en VHDL mediante sentencias no concurrentes de un circuito contador. Diseño de un banco de prueba para el circuito. Simulación del circuito modelado.  |
| Práctica 5 INTRODUCCIÓN A LA REALIZACIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES MEDIANTE FPGA.                    | Hardware específico de las placas con circuitos reconfigurables. Estudio de la documentación asociada al dispositivo configurable utilizado. Estudio de los periféricos disponibles para realizar sistemas basados en el dispositivo reconfigurable utilizado. Síntesis de un ejemplo sencillo.   |
| Práctica 6 SIMULACIÓN Y REALIZACIÓN FÍSICA DE SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS                     | Diseño y realización física de un circuito digital síncrono descrito mediante un grafo de estados utilizando un multiplexor y un contador. Modelado estructural en VHDL. Diseño de un banco de prueba. Simulación del circuito modelado. Programación del circuito en el dispositivo reconfigurable (Placa DE0 con CYCLONE III Altera). Verificación del montaje mediante el Analizador Lógico (terminales de estado, entradas y salidas accesibles). |
| Práctica 7 DISEÑO Y REALIZACIÓN DE SISTEMAS DIGITALES BASADOS EN FPGA                             | Diseño y simulación de un sistema secuencial síncrono de control de periféricos sencillos (display, LEDs, interruptores, teclado, etc.). Implementación utilizando un circuito FPGA (Placa DE0 con CYCLONE III Altera).   |
| Práctica 8 ENTORNO DE PROGRAMACION Y DEPURACION DE APLICACIONES DE MICROCONTROLADORES             | Presentación de las herramientas informáticas y del hardware disponible para el diseño, simulación y prueba de aplicaciones basadas en el microcontrolador de Microchip ubicado en el entorno de prueba.  |
| Práctica 9 E/S PARALELO   | Programar y comprobar el funcionamiento de los periféricos de entrada/salida paralelo del microcontrolador de Microchip ubicado en el entorno de prueba.  |
| Práctica 10 TEMPORIZADORES / CONTADORES   | Comprobar el funcionamiento de los periféricos de temporización y contaje del microcontrolador de Microchip ubicado en el entorno de prueba y de cómo se atienden por consulta periódica.   |
| Práctica 11 INTERRUPCIONES.   | Comprobar la gestión de interrupciones de periféricos en el microcontrolador de Microchip ubicado en el entorno de prueba y cómo se puede utilizar en un programa.  |
| Práctica 12 E/S ANALOGICA   | Programar y comprobar el funcionamiento del convertidor analógico/digital del microcontrolador de Microchip ubicado en el entorno de prueba y utilizarlo para el control de luminosidad de un LED.  |

### Planificación

|                                   | Horas en clase | Horas fuera de clase | Horas totales |
|-----------------------------------|----------------|----------------------|---------------|
| Lección magistral                 | 48             | 84                   | 132           |
| Prácticas de laboratorio          | 24             | 54                   | 78            |
| Examen de preguntas de desarrollo | 4              | 11                   | 15            |

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

| <b>Metodologías</b>      |  |
|--------------------------|--|
|                          | Descripción  |
| Lección magistral        | Exposición por parte del profesorado de los aspectos relevantes de los contenidos etiquetados con el epígrafe de [Teoría]. Para una mejor comprensión de los contenidos y una participación activa en la Sesión, el alumnado deberá realizar un trabajo personal previo sobre la bibliografía propuesta. De esta forma, el alumnado estará en disposición de realizar preguntas, de pedir aclaraciones o de exponer dudas, que podrán ser resueltas en la Sesión o en tutorías personalizadas. Para una mejor comprensión de determinados contenidos, se expondrán ejemplos prácticos planificados para incrementar la participación del alumnado. El alumnado deberá realizar trabajo personal posterior para asimilar los conceptos y adquirir las competencias correspondientes a cada Sesión. Se desarrollarán en los horarios y aulas señalados por la dirección del centro.  |
| Prácticas de laboratorio | Actividades de aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos. Están destinadas a que el alumnado adquiera habilidades y destrezas relacionadas con el diseño, simulación, depuración, prueba y mantenimiento de circuitos electrónicos digitales. En estas sesiones el alumnado usará instrumentación electrónica para el análisis de circuitos electrónicos digitales, herramientas de diseño, simulación y depuración de circuitos electrónicos digitales basados en dispositivos reconfigurables (FPGAs), y herramientas de programación, simulación y depuración de circuitos electrónicos digitales basados en microcontroladores. El alumnado se enfrentará al diseño y la prueba de circuitos electrónicos digitales sencillos basados en FPGAs y en microcontroladores. Para cada práctica existirá un enunciado en el que se indicará el trabajo personal previo que el alumnado debe realizar, las tareas que debe realizar en la sesión de prácticas y los aspectos relevantes para la evaluación de la práctica. Se desarrollarán en el laboratorio de Electrónica Digital del Departamento de Tecnología Electrónica, en los horarios señalados por la dirección del centro. El alumnado se organizará en grupos de dos personas. Se llevará a cabo un control de asistencia. |

### **Atención personalizada**

| <b>Metodologías</b>      | <b>Descripción</b>   |
|--------------------------|--|
| Lección magistral        | Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas en el despacho del profesor en el horario que los profesores establecerán a tal efecto a principio de curso y que se publicará en la página web de la asignatura. En dichas tutorías los profesores de la asignatura resolverán las dudas relacionadas con los contenidos impartidos en las sesiones magistrales y les orientarán sobre como abordar su estudio. |
| Prácticas de laboratorio | Además de la atención del profesor de prácticas durante la realización de las mismas, el estudiantado podrá acudir a tutorías personalizadas para plantear y resolver las dificultades derivadas de los trabajos previos recomendados para realizar las prácticas y del enunciado de las mismas.   |

### **Evaluación**

|                          | Descripción  | Calificación | Resultados de Formación y Aprendizaje |
|--------------------------|--|--------------|---------------------------------------|
| Prácticas de laboratorio | Como parte de la evaluación continua de la asignatura, cada estudiante será evaluado de cada una de las prácticas. En la evaluación se tendrá en cuenta el trabajo de preparación previo a la realización de la práctica, la asistencia, la puntualidad y el aprovechamiento. El trabajo previo tendrá como máximo un peso del 30% de la nota de la práctica. La calificación total de las prácticas se obtendrá como media aritmética de la calificación de cada una de ellas. Para poder realizar la media, es necesario obtener en cada práctica una calificación igual o superior al 30% de la calificación máxima de la práctica. Por razones justificadas puede dejar de hacerse una de las prácticas. La nota correspondiente a dicha práctica será de cero (0.0). Si no se puede aplicar el criterio de la media, la nota de esta parte se calculará multiplicando por 0.42 la nota obtenida con la media ponderada y no será compensable con la nota de teoría. La nota de prácticas no se conserva para sucesivos cursos académicos. | 40           | B4 C21 D2<br>C24 D9<br>D17            |

|                      |  |    |                        |
|----------------------|--|----|------------------------|
| Examen de desarrollo | Como parte de la evaluación continua de la asignatura, cada estudiante realizará dos pruebas escritas presenciales de dos horas de duración cada una. La primera, al finalizar los contenidos relacionados con Electrónica Digital, en una sesión magistral programada en la planificación temporal de la asignatura. La segunda, de los contenidos relacionados con Microcontroladores, coincidiendo con la fecha fijada para el examen final. Si alguna de las pruebas se divide en varias partes, para calcular la nota total como media ponderada de las partes, es necesario obtener una nota mínima del 30% de la nota total en cada parte.<br>La calificación final se obtendrá como media aritmética de la calificación de las dos pruebas. Para poder realizar la media, es necesario obtener en cada prueba una calificación igual o superior al 40% de la calificación máxima de la prueba. En el caso de no poder aplicar el criterio de la media, la nota de esta parte se calculará multiplicando por 0.56 la nota obtenida con la media ponderada y no será compensable con la nota de prácticas. | 60 | B3 C21 D2<br>B4 C24 D9 |
|----------------------|--|----|------------------------|

### Otros comentarios sobre la Evaluación

Para poder liberar materia (contenidos teóricos de electrónica digital, contenidos teóricos de microcontroladores o prácticas de laboratorio) entre la primera y la segunda convocatoria del curso académico es necesario obtener una nota igual o superior al 50% de la nota correspondiente a la evaluación de dicha materia

Los alumnos de evaluación continua que tengan que presentarse a la segunda convocatoria del curso académico deberán realizar:

- Un examen final cuya nota será el 60% de la nota de la asignatura. Constará de dos partes: Cuestiones de respuesta corta y resolución de problemas de Electrónica Digital y cuestiones de respuesta corta y resolución de problemas de Microcontroladores. Para aprobar el examen deberá alcanzar al menos el 40% de la nota de cada una de las partes. La nota final será la media aritmética de las dos notas. Para poder compensar con la nota de prácticas se debe alcanzar al menos el 40% de la nota máxima.

- Un examen de prácticas. Este examen consistirá en la realización de dos tareas especificadas en el conjunto de enunciados de prácticas realizadas durante el curso. Es necesario alcanzar un mínimo del 50% de la nota para poder hacer media.

Si no se alcanza el umbral mínimo en alguna parte, la nota final de la asignatura será de suspenso y el valor numérico se calculará multiplicando por 0.62, la nota obtenida con la media ponderada (aclaración sobre el coeficiente: Este coeficiente se obtiene de dividir 4.9 (máxima nota del suspenso) entre 7,9 (máxima nota de la media ponderada que se puede obtener suspendiendo la asignatura [ 6 en sesiones magistrales, 1.9 en prácticas [no supera el umbral mínimo de 50%])

El estudiantado de evaluación no continua será calificado por medio de un examen final de conocimientos teóricos y resolución de problemas y un examen de Prácticas. El peso y los criterios de evaluación son los mismos que en evaluación continua.

Compromiso ético: Se espera que el alumno presente un comportamiento ético adecuado. En caso de detectar un comportamiento no ético (copia, plagio, utilización de aparatos electrónicos no autorizados, y otros), se considerará que el alumno no reúne los requisitos necesarios para superar la materia. En este caso la calificación global en el presente curso académico será de suspenso (0.0)

### Fuentes de información

#### Bibliografía Básica

John F. Wakerly, **Digital Design: Principles and Practices**, 4,

Fernando E. Valdes Pérez, Ramón Pallás Areny, **Microcontroladores. Fundamentos y aplicaciones con PIC**, 1,

**PIC18F23K20/24K20/25K20/26K20/43K20/44K20/45K20/46K20 Data Sheet**,

Enrique Mandado Pérez, **Sistemas Electrónicos Digitales**, 10,

#### Bibliografía Complementaria

### Recomendaciones

### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Fundamentos de electrónica/V12G330V01402

### Otros comentarios

Para matricularse en esta materia es necesario haber superado o bien estar matriculado de todas las materias de los cursos inferiores al curso en que está ubicada esta materia.

### Plan de Contingencias

#### Descripción

=== MEDIDAS EXCEPCIONALES PLANIFICADAS ===

Ante la incierta e imprevisible evolución de la alerta sanitaria provocada por el COVID-19, la Universidad de Vigo establece

una planificación extraordinaria que se activará en el momento en que las administraciones y la propia institución lo determinen atendiendo a criterios de seguridad, salud y responsabilidad, y garantizando la docencia en un escenario no presencial o parcialmente presencial. Estas medidas ya planificadas garantizan, en el momento que sea preceptivo, el desarrollo de la docencia de un modo más ágil y eficaz al ser conocido de antemano (o con una amplia antelación) por el alumnado y el profesorado a través de la herramienta normalizada e institucionalizada de las guías docentes.

#### === ADAPTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS ===

Los contenidos se mantendrán independientemente del formato de docencia, presencial o no presencial. Al igual que en la situación de presencialidad, la impartición de la docencia no presencial se basará en la documentación y otros recursos didácticos que el equipo docente pondrá a disposición del alumnado en la plataforma de teledocencia de la Universidad y de la bibliografía básica disponible en la biblioteca. En la parte de laboratorio, las prácticas se realizarán utilizando los mismos entornos de diseño, simulación y prueba de circuitos configurables y programables que están instalados en el Laboratorio y que están disponibles para el alumnado en sus versiones de licencias de acceso libre.

Las clases teóricas y de prácticas, así como las tutorías se impartirán a través del campus remoto de la Universidad.

#### === ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN ===

Los métodos de evaluación y sus pesos en la nota final de la asignatura se mantienen. En el caso de las pruebas objetivas, éstas se realizarán de forma remota síncrona utilizando las herramientas disponibles en el campus remoto y en la plataforma de teledocencia. Para la parte práctica, se utilizará la misma plataforma y, además, los mismos simuladores utilizados en el Laboratorio.

---