

# Mejora de las habilidades prácticas en el aula de electrónica con laboratorios portátiles

David Valiente

*Engineering Communications Dept.  
Miguel Hernández University  
Elche (Alicante), Spain  
dvaliente@umh.es*

María Flores

*Engineering Communications Dept.  
Miguel Hernández University  
Elche (Alicante), Spain  
m.flores@umh.es*

Fernando Rodríguez

*Engineering Communications Dept.  
Miguel Hernández University  
Elche (Alicante), Spain  
fernando.rodriquem@umh.es*

Juan Carlos Ferrer

*Engineering Communications Dept.  
Miguel Hernández University  
Elche (Alicante), Spain  
jc.ferrer@umh.es*

José Luis Alonso

*Engineering Communications Dept.  
Miguel Hernández University  
Elche (Alicante), Spain  
j.l.alonso@umh.es*

Susana Fernández de Ávila

*Engineering Communications Dept.  
Miguel Hernández University  
Elche (Alicante), Spain  
s.fdezavila@umh.es*

**Resumen**—Los cursos de electrónica en la universidad son de suma importancia en la mayoría de los programas de aprendizaje dentro de la ingeniería. Estos se enseñan ampliamente desde los niveles iniciales en los títulos de grado hasta los niveles avanzados en los títulos de master. En este contexto, las clases generalmente persiguen el logro del aprendizaje activo y la comprensión de los estudiantes, concentrándose particularmente en la adquisición de habilidades prácticas y competencias relevantes para su desarrollo profesional. Las mejoras en estos aspectos se han reportado ampliamente, representadas principalmente por metodologías apoyadas en recursos relacionados con las tecnologías de la información y la comunicación, frente a metodologías anteriores y tradicionalmente han sido soportadas por clases magistrales presenciales. En este trabajo, presentamos un programa de aprendizaje renovado para un curso de electrónica que se imparte en segundo año de tres licenciaturas diferentes en ingeniería. El objetivo principal es facilitar el aprendizaje activo y mejorar las habilidades prácticas adquiridas por los estudiantes. Hasta el momento, se había trabajado a través de lecciones teóricas y prácticas en aula, así como en laboratorio. Sin embargo, en este trabajo planteamos la extensión de la metodología de laboratorio al aula, durante las lecciones de teoría. Con ese propósito, hemos utilizado laboratorios portátiles durante las lecciones de teoría, para apoyar la explicación de conceptos teóricos mediante ejemplos reales de laboratorio *in situ*. Se llevó a cabo durante todo el calendario de lecciones teóricas del curso. Presentamos resultados que validan la idoneidad de este enfoque en términos de rendimiento y comprensión de los estudiantes, pero también en términos de satisfacción, según el análisis de resultados obtenido mediante cuestionario. También se presentan resultados comparativos ampliados, de los cuales se pueden deducir conclusiones adicionales.

**Index Terms**—aprendizaje activo, laboratorios portátiles, fundamentos de electrónica, electrónica analógica

## I. INTRODUCCIÓN

Las tendencias de enseñanza en educación superior universitaria evolucionan permanentemente hacia modelos donde se espera que los estudiantes sean lo suficientemente autónomos como para liderar y construir su propio conocimiento. En

este sentido, durante la última década, se han propuesto diferentes y variados enfoques para la renovación de las metodologías tradicionales. En el marco de la ingeniería, hoy en día existe una amplia variedad de enfoques de aprendizaje activo, que reciben reconocimiento suficiente por parte de la comunidad investigadora. Técnicas de simulación como [1]–[4] representan uno de tales enfoques, siendo uno de los más robustos y confiables para testear de modo simulado el comportamiento de cierto modelo teórico en ingeniería. Otros recursos digitales también han tenido éxito, como los laboratorios virtuales [5]–[7], o como los cursos digitales que adaptan dinámicamente su contenido según el conocimiento previo y el perfil específico de cada estudiante, muchos de estos con contenido interactivo [8]–[10]. Otros enfoques [11], [12] han modificado el tipo de herramienta utilizada por los estudiantes para seguir el programa de aprendizaje, pero bajo la misma esencia.

A pesar de la variedad de enfoques propuestos, el factor más relevante recae en la metodología. La mayoría de los anteriores se concentran en metodologías combinadas [13], [14] entre lecciones presenciales y lecciones en línea, o bien asignando trabajo autónomo fuera del aula. La mayoría de los enfoques más actuales parecen reforzar la idea de éxito asociada a dichas metodologías combinadas y en línea, especialmente cuando se trata de la adquisición de habilidades, competencias laborales reales y, en última instancia, del aprendizaje activo. En cambio, en ciertos contextos, tales metodologías son muy exigentes tanto para profesores como para estudiantes, a la hora de lograr tales objetivos. Según se muestra en varios trabajos [15], [16], en el campo de la electrónica existen muchas ideas preconcebidas [17] por los estudiantes, así como otras dificultades generalmente extendidas entre ellos [18], lo cual no es trivial para el profesorado. Por esta razón, la relevancia de las lecciones presenciales con la guía de los profesores sigue siendo de suma importancia. En base a esto, surgen

otras alternativas para promover el aprendizaje activo, sin la necesidad de usar enfoques combinados o mixtos, ni en línea. El aprendizaje basado en proyectos y problemas [19]–[21] es ampliamente reconocido en este sentido. En él, el cronograma del curso se dedica principalmente a trabajar sobre un conjunto de reducido de proyectos. Además, el éxito de tales programas depende en gran medida del procedimiento, las actividades y los pasos diseñados, lo cual finalmente consigue promover un aprendizaje real y activo, con una adquisición válida de habilidades.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, hemos diseñado un programa de aprendizaje renovado para un curso de electrónica, que mantiene su base principal de lecciones en aula de teoría. Además, existe el apoyo con lecciones en el laboratorio de electrónica para clases prácticas, y adicionalmente se añaden lecciones prácticas, enfocadas principalmente a la resolución de ejercicios y problemas reales. Según nuestra experiencia, esta metodología necesitaba más ejemplos asociados al futuro laboral de los estudiantes. La enseñanza por ejemplificación dentro de un campo tan abstracto como puede ser la electrónica, se considera crucial. Por ello, la solución más inmediata fue la planificación de lecciones más prácticas. No obstante, debido a la gran cantidad de cursos que utilizan los laboratorios, el aumento de su uso no fue posible. Por ello, se decidió explotar la alta disponibilidad de dispositivos de bajo coste para medición electrónica, entre los que seleccionamos algunos provistos por Digilent [22], en concreto este dispositivo [23], que ya habíamos usado para otros fines de investigación. Esto permitió utilizar durante todas las lecciones en aula de teoría varios osciloscopios USB con varias entradas y salidas analógicas y digitales (de ahora en adelante, laboratorio portátil), para apoyar todas con ejemplificación todos los conceptos teóricos vistos en clase, así como la resolución de problemas.

Así, la intervención se realizó en un curso de electrónica en el segundo año de tres títulos de grado en ingeniería, con planes académicos comunes dentro de la Universidad Miguel Hernández. Como se mencionó anteriormente, la metodología del curso mantuvo su base, sin embargo, todas las lecciones de teoría se rediseñaron para incluir ejemplos reales de circuitos, que después de ser explicados teóricamente y analíticamente resueltos, fueron testeados y medidos por los estudiantes, gracias a varios dispositivos portátiles, o laboratorios portátiles. Este enfoque permitió a los estudiantes asimilar rápidamente los conceptos teóricos y los aspectos prácticos asociados a la resolución analítica de los circuitos electrónicos, poniendo de manifiesto el potencial de la ejemplificación práctica durante el tiempo transcurrido en las clases de teoría. Los estudiantes no tuvieron que esperar varios días ni semanas para asistir al laboratorio para consolidar su aprendizaje. De modo que las pocas lecciones prácticas en laboratorio, se reservaron para trabajar diseños de circuitos y problemas electrónicos más avanzados y específicos.

Para validar la idoneidad de este trabajo, hemos analizamos el rendimiento de los estudiantes a final del curso. Además, también hemos evaluado la percepción y satisfacción de los

estudiantes mediante un cuestionario. Cabe señalar que, dado que esta intervención se realizó con toda la clase en su conjunto, los resultados con grupos de test y control no fueron viables para extraer comparaciones. Por esta razón, evaluamos los resultados de rendimiento de este curso de manera comparativa frente al registro histórico de años académicos anteriores, en el que se introdujeron algunos otros recursos adicionales, como la simulación.

La estructura del resto del documento es la siguiente: la sección 2 describe los materiales y el método de este programa de aprendizaje; la sección 3 presenta los resultados obtenidos y su análisis; la sección 4 expone una discusión y postula las principales conclusiones e ideas emanadas de este trabajo.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

Esta propuesta se implementó durante el año académico 2018/2019, para un curso de electrónica correspondiente al segundo año de los tres títulos de siguientes de grado en ingeniería: Mecánica, Eléctrica y Electrónica y Automática, todos comprendidos en un plan académico común de ingeniería dentro de la Universidad Miguel Hernández.

### A. Objetivos

El objetivo principal persigue lograr un aprendizaje activo y adquisición de habilidades prácticas en electrónica de manera autónoma por parte los estudiantes. Para ello, se idearon los siguientes objetivos específicos:

- Reforzar la comprensión de conceptos electrónicos básicos a través de la ejemplificación.
- Proporcionar recursos adicionales para comprobar las resoluciones analíticas.
- Montar circuitos reales y comprobar ejercicios prácticos que fomenten el desarrollo de habilidades prácticas.

### B. Participantes

Los estudiantes que participaron en este curso fueron 184, de entre un total de 203 que inicialmente constaban inscritos en el curso. Se clasificaron según sus tres grados de procedencia, tal y como se indica en la Tabla I. Como se comentó anteriormente, el análisis por grupos de test y control no fue viable debido al tipo de metodología, distribución, y participación del alumnado en este estudio. El número de estudiantes considerados como participantes fueron aquellos que asistieron al menos al 80% del número de lecciones programadas para el curso.

### C. Programa

Este programa consta de 15 semanas de lecciones, organizadas con 3 horas por semana de lecciones teóricas en el aula presencial (las cuales también comprenden lecciones prácticas) y 1,5 horas por semana de lecciones prácticas en el laboratorio. El programa condensa las lecciones de laboratorio durante 8 semanas consecutivas (de la semana 6 a la 14), con 2 horas por lección práctica de laboratorio. La Tabla II sintetiza dicho programa y los temas cubiertos por este curso, así como los dispositivos electrónicos reales probados durante las lecciones

Cuadro I  
PARTICIPANTES

num. estudiantes	Mecánica (ME)	Eléctrica (EE)	Electrónica & Automática (EAE)
total matriculados	105	30	68
participantes	85	24	55

de laboratorio y en las lecciones de teoría con laboratorios portátiles, tal y como se propone en este trabajo.

La novedad con respecto a la metodología de cursos anteriores radica en la inclusión de ejemplos reales en cada una de las 15 lecciones de teoría, mediante el uso de laboratorios portátiles. De este modo, los estudiantes pudieron probar por sí mismos el comportamiento de circuitos reales con una aplicación específica. Y por tanto, consiguieron analizar e interpretar la señal de salida de tales circuito de acuerdo con la explicación conceptual y analítica dada por el profesor durante la misma lección teórica. Nuevamente, esto fue posible gracias al uso de varios laboratorios portátiles durante la clase. La preparación por parte del profesorado de estas clases presenciales con el añadido de los laboratorios portátiles, tuvieron una dedicación extra de 1 hora por semana en promedio. Tal dedicación se concentró en la preparación de ejemplos para ser probados durante las lecciones de teoría mediante el montaje y medida con laboratorios portátiles. Merece la pena mencionar que existe una amplia gama de osciloscopios USB de bajo coste que serían adecuados para este programa. En nuestro caso se eligió este dispositivo comercial de Digilent [23], ya que estaba en desuso tras haber servido en otros fines de investigación. La Fig. 1 presenta varios ejemplos del principal dispositivo real utilizado en este programa. También cabe destacar que la contribución principal de este trabajo con respecto a la metodología de cursos anteriores recae en el mejor uso y aprovechamiento de las posibilidades de estos dispositivos reales y equipos de medición para ayudar en la asimilación de conceptos teóricos, así como en la resolución de circuitos que se enseñan en el aula de teoría. En cursos anteriores, los estudiantes aprendieron los procedimientos explicados por los profesores para resolver y analizar circuitos analógicos, con representaciones en pizarra, o previamente digitalizadas, de señales esbozadas por los profesores y, en algunos casos, verificadas por simulación. Por el contrario, en este programa, los estudiantes pudieron ampliar sus conocimientos mediante pruebas in situ con circuitos de ejemplo, montados y medidos con laboratorios portátiles durante la propia lección en el aula presencial. Las 8 lecciones prácticas programadas en el laboratorio se orientaron hacia explicaciones avanzadas y extendidas, y a la comprensión de otros circuitos y conceptos electrónicos más complejos. El uso previo de laboratorios portátiles durante las lecciones teóricas permitió preparar el terreno para tareas prácticas más complejas y, lo cual, proporcionó a los estudiantes una conocimiento inicial sobre los equipos de medición que posteriormente usaron en el laboratorio.

El único requisito previo era disponer de un ordenador personal o portátil, el cual se usó en el aula de teoría,

conectado a un proyector multimedia. La Fig. 2 muestra varios ejemplos del uso de dichos laboratorios portátiles tras la explicación de los conceptos teóricos por parte del profesor. La Fig. 2(a) presenta el circuito explicado durante una de las lecciones: un rectificador de onda completa. La Fig. 2(b) muestra el aula de teoría donde el profesor proyectó las medidas del circuito, adquiridas con un laboratorio portátil, al mismo tiempo que los estudiantes probaron su propia implementación con otro laboratorio portátil conectado a un ordenador portátil. La Fig. 2(c) representa el software de adquisición que debe ejecutar en el portátil, conectado a la plaza de pruebas donde se implementa el montaje del circuito. Finalmente, la Fig. 2(d) amplía el circuito anterior mediante la inclusión de un condensador para el filtrado, a fin de probar la capacidad del circuito para convertir AC-DC con cierto rizado.

### III. VALIDACIÓN

Para validar la idoneidad del programa y sus beneficios asociados, además de analizar el desempeño de los estudiantes en términos de calificaciones (que se detallará en la sección de resultados), el equipo de profesores que conforman el departamento de electrónica diseñó un cuestionario pormenorizado. La intención era evaluar la comprensión real y el aprendizaje activo de los estudiantes, de acuerdo con los conceptos teóricos explicados durante el curso. El cuestionario siguió la misma estructura utilizada para evaluar otros recursos adicionales proporcionados durante los años académicos anteriores [3]. Este detalle permitió la comparación frente esos recursos anteriores: un applet de simulación de circuitos desarrollado en Java. Además, se incluyeron varias preguntas para evaluar la percepción del estudiante sobre este programa, pero también su satisfacción y autocomprensión del contenido considerado para el curso. Las respuestas se respondieron según la escala Likert, pasando de *1-total desacuerdo* a *5-total de acuerdo*, para medir el nivel de confianza sobre el conocimiento adquirido según cada pregunta concreta. La Tabla III enumera el tipo de cuestiones incluidas en el cuestionario.

### IV. RESULTADOS

Los resultados más inmediatos que se extrajeron, y que permitieron comenzar a evaluar este programa son los relacionados con el logro de los estudiantes, según su desempeño en el examen a final del curso. Esto tiende a proporcionar una primera perspectiva de los resultados a cerca de este programa de aprendizaje. Sin embargo, en este punto, las ideas extraídas todavía pueden ser demasiado generales como para deducir conclusiones sólidas y específicas. Por esta razón, también se ha comparado el desempeño de los estudiantes en el curso actual en comparación con los resultados históricos

Cuadro II  
CRONOGRAMA DEL CURSO

Lecciones Teóricas				
Semana	Tema	Contenido	Descripción	Componentes
1	1	Semiconductores	Principios básicos.	
2	2	Diodos	Operación y modelos.	Diodo D4148
3	2		Rectificadores.	
4	2		Filtros & modulación.	
5	2		Recortadores & limitadores.	
6	2		Reguladores.	
7	3	Amplificador Operacional	Operación.	OAmp LM741
8	3		Parámetros.	
9	3		Aplicaciones.	
10	4	Transistores	BJT operación.	BJT BD139
11	4		BJT configuraciones.	
12	4		BJT amplificadores.	
13	4		FET operación.	
14	4		FET amplificadores.	
15	4	Aplicaciones.		

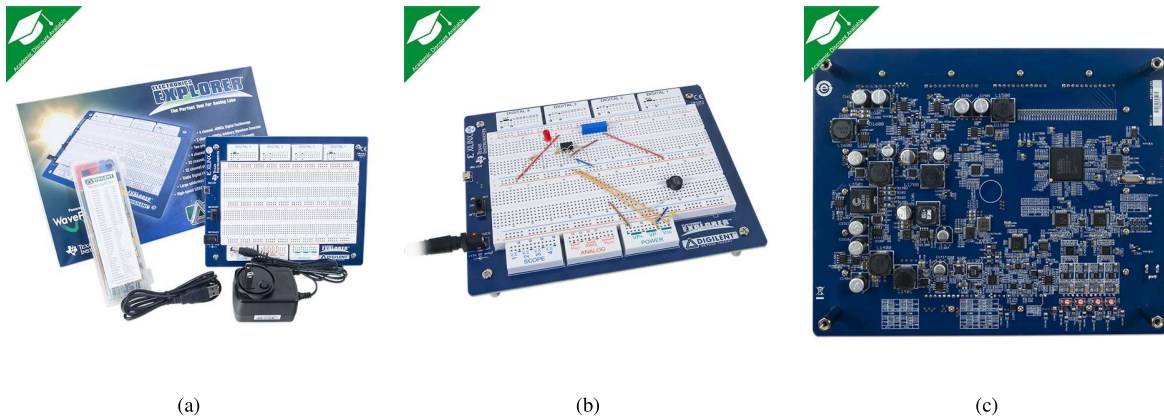


Figura 1. Osciloscopio USB Digilent [23]. (a): kit con alimentación, placa de pruebas (con FPGA integrada en el reverso). (b) ejemplo de un circuito analógico montado. (c): reverso de la placa de pruebas donde se encuentra FPGA integrada.

Cuadro III  
CUESTIONARIO

Cuestión	Contenido
1-10	Comprensión de contenidos
11-12	Uso de recursos
13-16	Percepción y satisfacción

de los cinco años académicos anteriores. La Fig. 3 presenta dicha comparación. Se puede observar una pendiente positiva durante todos los años, lo que supone una correspondencia tangible entre los beneficios en el desempeño y la creciente introducción de materiales y recursos adicionales cada año académico. En particular, durante el año académico actual, donde se han introducido los laboratorios portátiles, el rendimiento de los estudiantes revela un logro satisfactorio, el cual supera claramente la calificación media histórica (7.26 frente a 6.33), y también demuestra tener una desviación típica más baja. Debe tenerse en cuenta que las calificaciones están expresadas en una escala de 0-10, siendo 10 el máximo, indicando el 100% de logro. También ha de notarse en el

eje derecho de la figura, el mayor número de estudiantes que aprueban el curso con calificaciones superiores a 5 sobre 10 (casi el 57% frente al valor medio de los últimos 5 años de 45%).

#### A. Cuestionario

Además, se requirió de un análisis más profundo para obtener deducciones adicionales a cerca de la implementación de esta intervención. Así, la Fig. 4 presenta los resultados obtenidos tras el pase del cuestionario (Tabla III). Tras una primera revisión, puede comprobarse que no existen diferencias muy significativas entre los tres grados de origen de los participantes (títulos de grado en Mecánica, Eléctrica y Electrónica y Automática). Para el primer conjunto de preguntas (1-10), relacionadas con la comprensión de los conceptos explicados durante las lecciones, los resultados observados en la Fig. 4(a) demuestran niveles satisfactorios de confianza en términos de comprensión (en torno a 4 sobre 5). Por el contrario, como se observa en la Fig. 4(b), y siguiendo el contenido de las preguntas (11-12), puede inferirse que son pocos los estudiantes que hacen uso de recursos adicionales para apoyar

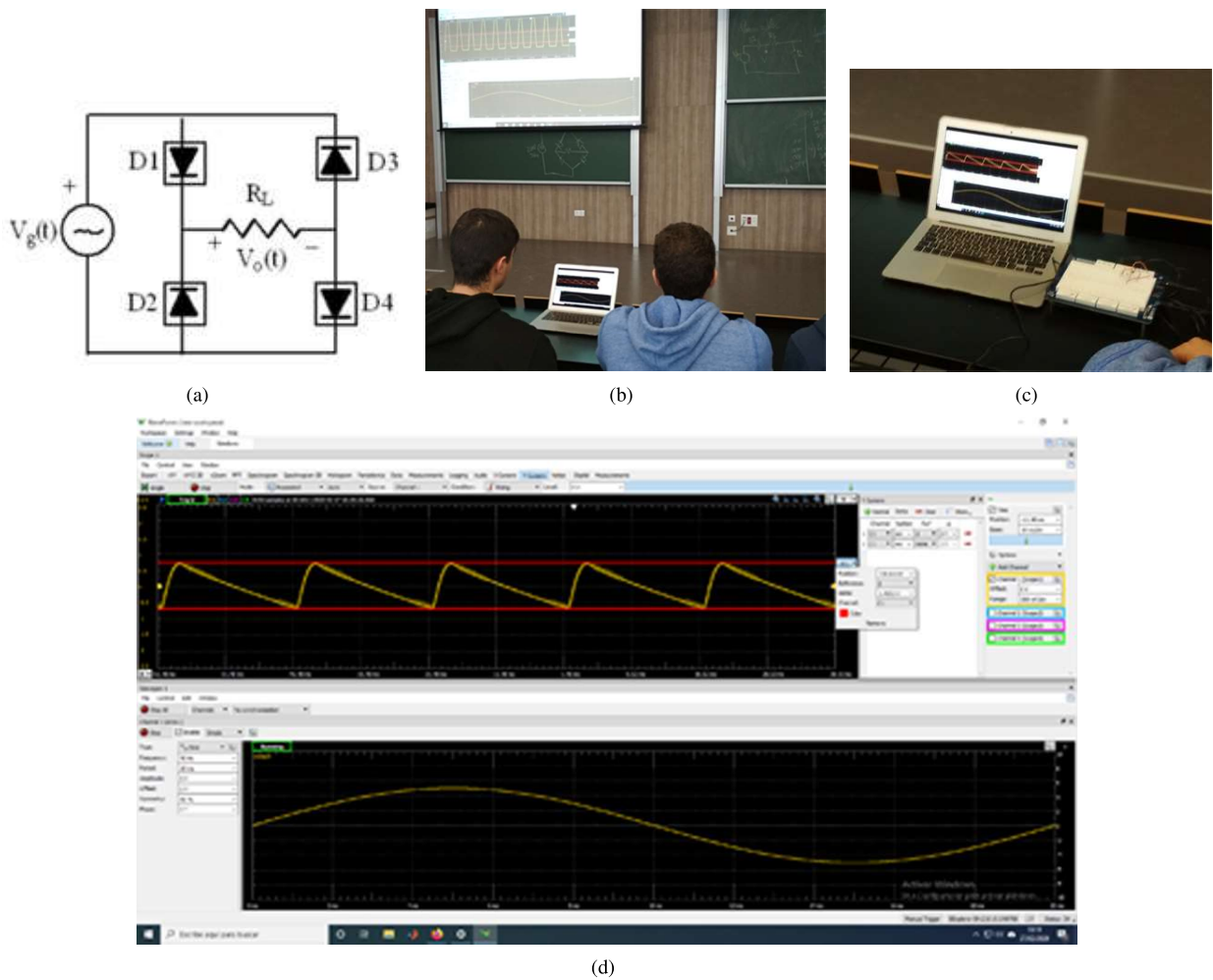


Figura 2. Ejemplos de uso del laboratorio portátil durante las lecciones teóricas presenciales. (a): circuito objeto de estudio con un rectificador de onda completa. (b) lección teórica donde los estudiantes testean el circuito por ellos mismos mientras el profesor proyecta las medidas obtenidas. (c): software de adquisición para el testeo junto con el circuito montado en la placa de pruebas; (d): medidas obtenidas con la inclusión de un condensador para comprobar el efecto del rizado en la conversión AC-DC.

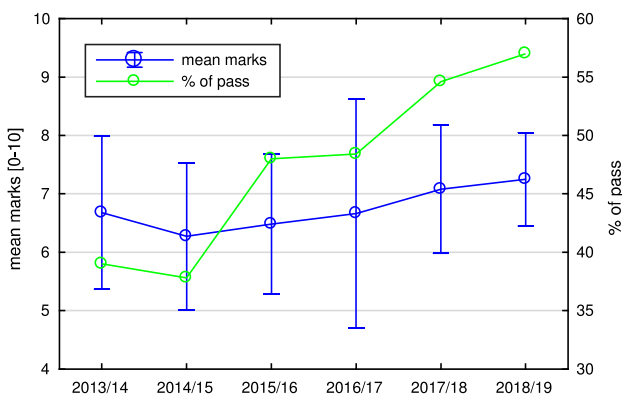


Figura 3. Comparativa de las calificaciones medias (con desviación típica) durante los últimos cinco cursos académicos frente al curso académico actual. El porcentaje-% de estudiantes que aprobó el curso queda representado en el eje derecho.

su aprendizaje. Finalmente, las respuestas a las preguntas (13-16), como también se ilustra en la Fig. 4(b), demuestran que la percepción del programa y su satisfacción con el mismo es bastante positiva. Este último conjunto de respuestas obtiene más de 4 puntos en término promedio. Este hecho demuestra la aceptación extendida y actitud positiva hacia el programa por parte los estudiantes.

A su vez, para establecer una comparación adicional, la Fig. 5 presenta resultados comparativos entre el año académico actual y el último cursado. Estos resultados incluyen las respuestas medias al mismo cuestionario comentado anteriormente. Las barras alineadas a la izquierda (en gris) codifican las respuestas medias asociadas al último curso académico (2017/18), cuando solo se utilizó un applet de simulación de circuitos en Java. Mientras que, las barras alineadas a la derecha (en azul) codifican las respuestas medias para el curso actual (2018/19), independientemente del grado de origen de los estudiantes participantes. La Fig. 5(a) y Fig. 5(b)

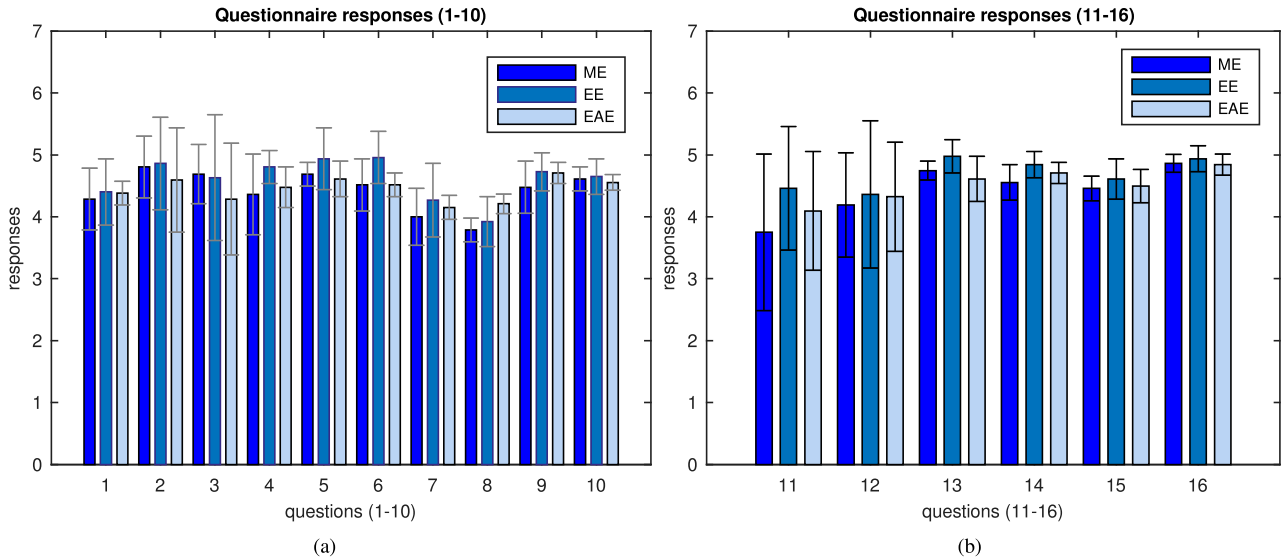


Figura 4. Resultados del cuestionario. (a) respuestas medias asociadas a las preguntas (1-10). (b) respuestas medias asociadas a las preguntas (11-16). ■ Estudiantes de Mecánica; ■ Estudiantes de Eléctrica; ■ Electronics & Estudiantes de Electrónica y Automática

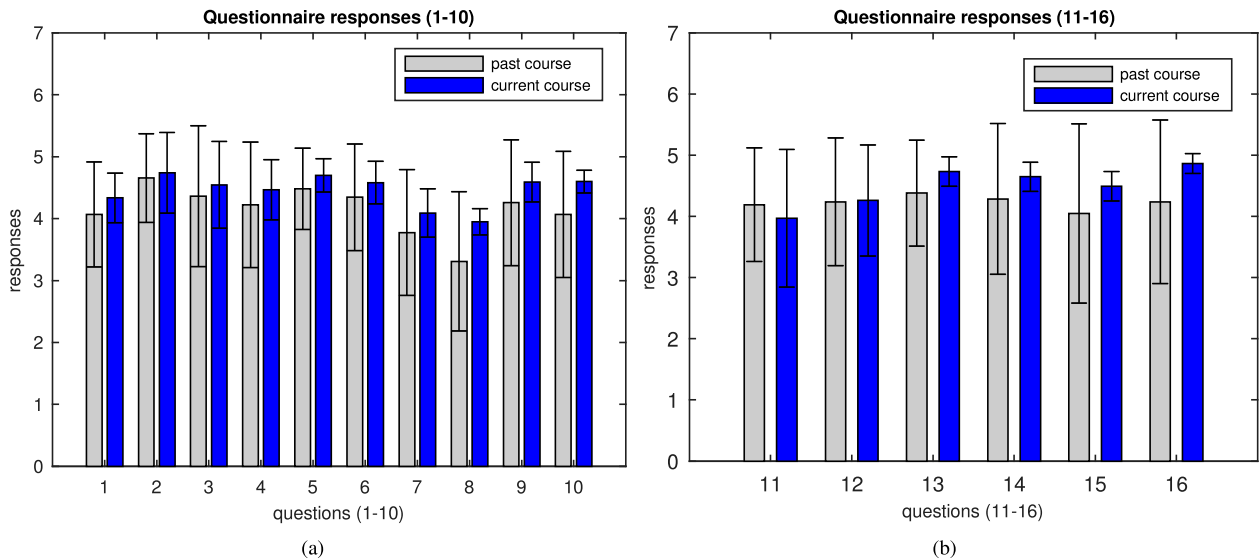


Figura 5. Resultados comparativos extraídos del cuestionario, entre el curso actual durante el año académico 2018/19 (uso de laboratorios portátiles) y el curso anterior durante el año académico 2017/18 (solo uso de simulación de circuitos). (a) respuestas preguntas (1-10). (b) respuestas preguntas (11-16). ■ curso académico 2017/18 donde solo se realizó simulación de circuitos. ■ curso académico actual 2018/19, donde se utilizaron laboratorios portátiles.

comprenden las respuestas a las preguntas (1-10) y (11-16), respectivamente. En este contexto, cabe señalar que el uso de laboratorios portátiles durante el curso actual, en términos generales, revela mejores resultados de comprensión y satisfacción, en comparación con el uso de la simulación de circuitos. También cabe destacar el aumento de la autoconfianza y seguridad entre los estudiantes, con menores desviaciones típicas en sus respuestas.

#### B. Resto estudiantes no participantes

El último aspecto a analizar tiene que ver con aquellos estudiantes que no participaron en este programa, pese a estar

matriculados en el curso. Como se mencionó inicialmente, las pruebas con grupos de test y control no se pudieron considerar ya que la intervención se realizó en las lecciones de teoría, donde todos los estudiantes que asistieron recibieron la misma instrucción por parte de los profesores. A pesar de esto, cierto número de estudiantes inicialmente matriculados en el curso no asistieron a la mayoría de lecciones de teoría. La Tabla I presenta el número total de estudiantes matriculados y aquellos que asistieron a las lecciones de teoría, al menos en los 80% de su totalidad. Aunque es bastante evidente que la falta de asistencia puede sesgarse fácilmente con un pobre desempeño, pensamos que este era otro aspecto que

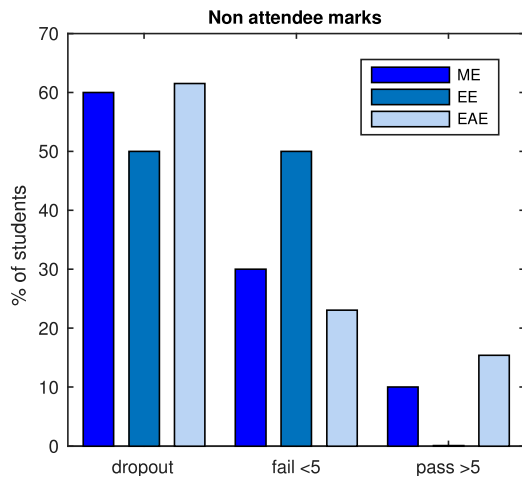


Figura 6. Distribución de calificaciones presentadas por los estudiantes que no asistieron habitualmente a las clases teóricas, y que por tanto no fueron considerados como participantes en el programa. ■ Estudiantes de Mecánica; ■ Estudiantes de Eléctrica; ■ Estudiantes de Electrónica y Automática.

podríamos incluir en el estudio. En consecuencia, evaluamos las diferencias con respecto a los estudiantes que participaron y asistieron a las lecciones semanales del curso. En este caso, la Fig. 6 presenta las calificaciones obtenidas por aquellos estudiantes inscritos en el curso pero que no asistieron a la mayoría de las lecciones en el aula de teoría. Como se podía intuir de antemano, la gran mayoría de ellos abandonaron sin llegar a realizar el examen final. Todos los grados de origen presentan un porcentaje similar de desestimiento (50-60%) entre los estudiantes que no asistieron semanalmente a las clases. Asimismo, un porcentaje notable de ellos no logró aprobar el curso (20-50%). Finalmente, el menor porcentaje de ellos representa la excepción que sí logró aprobar el curso (10-15%). Por lo tanto, es evidente que los estudiantes que participaron semanalmente asistiendo a clases de teoría y siguiendo el programa de aprendizaje, fueron aquellos que realmente tuvieron éxito en términos de rendimiento, pero también lograron un aprendizaje activo y robusto en electrónica conceptual y habilidades prácticas.

## V. CONCLUSIONES

Este trabajo ha presentado un programa de aprendizaje renovado para un curso de electrónica dentro del plan académico común a tres grados en ingeniería de la Universidad Miguel Hernández. Concretamente, el número de estudiantes que participaron en este programa fue de 184, sobre un total de 203 inicialmente matriculados en el curso. Dichos participantes provenían de los grados de origen en ingeniería: Mecánica, Eléctrica y Electrónica y Automática. La redefinición de la metodología tradicional ha consistido en la inclusión de osciloscopios USB para su uso durante las clases presenciales en aula de teoría (en el trabajo mencionados como laboratorios portátiles) durante las 15 lecciones teóricas programadas en el curso. Las lecciones teóricas se han rediseñado con actividades y ejercicios analíticos, adaptados para el complemento a las

explicaciones teóricas y analíticas mediante la comprobación y testeo práctica de circuitos reales con laboratorios portátiles durante la propia clase de teoría, avalando también la ejemplificación. Tales ejemplos siempre estuvieron representados por circuitos típicos de aplicación común en el mundo real de la ingeniería y la electrónica.

El objetivo principal consistió en proporcionar a los estudiantes una herramienta significativa para su aprendizaje y comprensión activa y sólida. Además, se buscaba la mejorar en la adquisición de habilidades y competencias prácticas, con más lecciones en las que estuvieron en contacto con equipos de medida reales, además de las lecciones de laboratorio. La evaluación y validación del logro se han llevado a cabo mediante el análisis del desempeño de los participantes. Las calificaciones medias del curso actual revelan resultados satisfactorios, superiores a los de los cinco años académicos anteriores, en los que no se utilizó laboratorios portátiles. Además, el mayor porcentaje de estudiantes que logró aprobar el curso actual también demuestra una contribución positiva, más si cabe en contraste con los cinco años académicos anteriores. A su vez, y no menos importante, los resultados de un cuestionario específico proporcionan más información sobre los beneficios del programa. Los estudiantes reportaron amplia satisfacción personal en términos de comprensión gracias a la ayuda de laboratorios portátiles, pero sobre todo, los resultados demuestran ser mayores en términos de percepción, actitud hacia el programa y satisfacción general, en contraste con programas implementados durante los cursos académicos anteriores. Con ello se llega a la conclusión de que los estudiantes demuestran más confianza en sí mismos y en su comprensión de los conceptos electrónicos cuando se usan dispositivos reales como laboratorios portátiles durante la clase, en detrimento de otros recursos, como por ejemplo la simulación. También cabe destacar el aumento significativo de la autoconfianza que se deduce del menor nivel de desviación típica en todas las respuestas del cuestionario para el curso actual. Finalmente, también se analizaron los datos asociados a aquellos estudiantes que no asistieron habitualmente a las clases, concluyendo que existe una relación directa con el bajo rendimiento y el suspenso del curso..

Para concluir, se puede confirmar que esta propuesta resulta válida e interesante para el logro de aprendizaje activo en electrónica, no solo en términos de rendimiento asociado a los indicadores de calificaciones académico, sino también al sentido de percepción y autoconfianza con respecto a la comprensión del contenido y adquisición de habilidades prácticas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Conserjería de Educación de la Comunidad Valenciana mediante el proyecto AICO/2017/148, y por la Universidad Miguel Hernández mediante el proyecto INDICO 2019/2020-PIEU/2019/33.

## REFERENCIAS

- [1] I. Iyoda and J. Belanger, "History of power system simulators to analyze and test of power electronics equipment," in *2017 IEEE HISTORY of*

- Electrotechnology Conference (HISTELCON)*, Aug 2017, pp. 117–120, doi: 10.1109/HISTELCON.2017.8535780.
- [2] S. J. Dickerson and R. M. Clark, “A classroom-based simulation-centric approach to microelectronics education,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 26, no. 4, pp. 768–781, 2018, doi: 10.1002/cae.21918.
- [3] D. Valiente, L. Payá, S. F. de Ávila, J. Ferrer, S. Cebollada, and O. Reinoso, “Active learning program supported by online simulation applet in engineering education,” in *9th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*, vol. 1, 2019, pp. 121–128, doi: 10.5220/0007916401210128.
- [4] D. Valiente, Y. Berenguer, L. Payá, A. Peidró, and O. Reinoso, “Development of a platform to simulate virtual environments for robot localization,” in *INTED 2018, the 12th annual International Technology, Education and Development Conference*, Valencia, Spain, 2018, pp. 1232–1241, doi: 10.21125/inted.2018.0187.
- [5] L. C. M. Schlichting, D. D. de Bona, G. S. Ferreira, and G. R. Alves, “The visir implementation process at ifsc - problems, obstacles and solutions,” in *2018 XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAE)*, June 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/TAE.2018.8476004.
- [6] H. Wen, “Exploration of virtual laboratory in power engineering courses,” in *2018 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)*, Dec 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/PEDES.2018.8707666.
- [7] M. Flores, L. Payá, D. Valiente, J. Gallego, and O. Reinoso, “Deployment of a software to simulate control systems in the state-space,” *Electronics*, vol. 8, no. 11, 2019, doi: 10.3390/electronics8111205.
- [8] N. A. Yalcin and F. Vatansver, “A web-based virtual power electronics laboratory,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 24, no. 1, pp. 71–78, 2016, doi: 10.1002/cae.21673.
- [9] A. Pozo Ruz and F. D. Trujillo Aguilera, “A web-based tool for a power electronics course,” in *2011 Promotion and Innovation with New Technologies in Engineering Education (FINTDI 2011)*, May 2011, pp. 1–6, doi: 10.1109/FINTDI.2011.5936417.
- [10] U. Drogenik and J. W. Kolar, “Interactive power electronics seminar (ipes)-a web-based introductory power electronics course employing java-applets,” in *2002 IEEE 33rd Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference. Proceedings (Cat. No.02CH37289)*, vol. 2, June 2002, pp. 443–448.
- [11] W. Zheng, L. Feng, B. Liu, P. Fu, and J. Qiao, “Development of virtual laboratory application structure in android cellphone for distance learning,” in *2017 First International Conference on Electronics Instrumentation Information Systems (EIS)*, June 2017, pp. 1–5, doi: 10.1109/EIIS.2017.8298575.
- [12] L. Rakhmawati and A. Firdha, “The use of mobile learning application to the fundament of digital electronics course,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 296, no. 1, pp. 012–015, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/296/1/012015.
- [13] J. D. Aguilar-Pena, F. J. Muñoz-Rodríguez, C. Rus-Casas, and J. I. Fernández-Carrasco, “Blended learning for photovoltaic systems: Virtual laboratory with pspice,” in *2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAE)*, June 2016, pp. 1–6, doi: 10.1109/TAE.2016.7528366.
- [14] I. Slaidins, “Blended learning and innovation in the education of electronicsthe case study of the riga technical university,” in *2017 27th EAEEIE Annual Conference (EAEEIE)*, June 2017, pp. 1–4, doi: 10.1109/EAEEIE.2017.8768675.
- [15] E. Trotskovsky and N. Sabag, “Engineering students’ solutions to accuracy problems in analog electronics course,” in *Teaching and Learning in a Digital World*. Springer International Publishing, 2018, pp. 218–223, doi: 10.1007/978-3-319-73210-7.
- [16] D. Sangam and B. K. Jesiek, “Conceptual understanding of resistive electric circuits among first-year engineering students,” in *2012 ASEE Annual Conference & Exposition*. San Antonio, Texas: ASEE Conferences, June 2012, pp. 25.339.1 – 25.339.11.
- [17] E. Trotskovsky, N. Sabag, and S. Waks, “Students’ achievements and misunderstandings when solving problems using electronics models. a case study,” *IEEE Transactions on Education*, vol. 58, no. 2, pp. 104–109, 2015, doi: 10.1109/TE.2014.2331918.
- [18] J. Martínez, S. Rosa, Liminana, A. Menargues, C. Nicolás, and F. Savall, “El circuito eléctrico simple. un modelo micro,” *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, vol. 92, pp. 30–37, 2018.
- [19] J. Hormigo and A. Rodríguez, “Project based learning on industrial informatics: Applying iot to urban garden,” in *2018 XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAE)*, June 2018, pp. 1–9, doi: 10.1109/TAE.2018.8476065.
- [20] Z. Zhang, C. T. Hansen, and M. A. E. Andersen, “Teaching power electronics with a design-oriented, project-based learning method at the technical university of denmark,” *IEEE Transactions on Education*, vol. 59, no. 1, pp. 32–38, Feb 2016, doi: 10.1109/TE.2015.2426674.
- [21] M. A. Perales, F. Barrero, and S. L. Toral, “Learning achievements using a pbl-based methodology in an introductory electronics course,” *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 10, no. 4, pp. 296–301, Nov 2015, doi: 10.1109/RITA.2015.2486438.
- [22] Digilent. (2020) Digilent USB Scopes Instruments and Circuits. [Online]. Available: <https://store.digilentinc.com/usb-scopes-instruments-circuits/>
- [23] Digilent. (2020) Analog Discovery. [Online]. Available: <https://analogdiscovery.com/>