



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

UNA EXPERIENCIA DE DISEÑO-IMPLEMENTACIÓN PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO DE CIRCUITOS EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA ASISTIDA POR MÓDULOS DIDÁCTICOS

Jorge Alejandro Aldana Gutiérrez, Alexander Vera Tasamá, Jorge Iván Marín Hurtado

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

Los estándares 5 y 6 del marco de referencia de Educación en Ingeniería CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar) apoyan la implementación de experiencias en el aula y deben considerar estrategias de aprendizaje activo según lo establecido por el estándar 8. Para soportar el desarrollo de tales experiencias de aula, se diseñaron módulos de hardware y software para los procesos de enseñanza/aprendizaje ligados al análisis de circuitos de corriente continua (CC), lo que a su vez contribuye a los procesos de formación en los cursos básicos de un plan de estudios de ingeniería electrónica. Con estos módulos se puso en marcha una estrategia de diseño-implementación con estudiantes de pregrado en el desarrollo de un proyecto de final de curso. Esta estrategia contribuye a la aplicación del estándar 8 (aprendizaje activo) en el aula a través de actividades de trabajo en equipo, lo que fomenta una relación real entre un conocimiento teórico y sus aplicaciones prácticas, integrando también habilidades CDIO. Los resultados mostraron un buen grado de aceptación entre los estudiantes que utilizaron los módulos, tanto en usabilidad como en el desarrollo de un entorno de trabajo colaborativo, lo que aumentó la motivación para aprender los teoremas fundamentales sobre el análisis de los circuitos DC. Las habilidades de resolución de problemas en los estudiantes de primer año se evaluaron a través de ejercicios de clase que mostraron una mejora en las calificaciones, de aproximadamente un rendimiento del 30% a un 70% en su comprensión sobre cómo resolver el análisis de circuitos eléctricos.

Palabras clave: CDIO; circuitos eléctricos; aprendizaje activo

Abstract

The Standards 5 and 6 of the CDIO Initiative (Conceive, Design, Implement, and Operate) for engineering education support the implementation of classroom experiences, which should consider active learning strategies as established by the CDIO Standard 8. To support the development of these classroom experiences, we designed hardware and software modules for the teaching-and-learning process focused on the analysis of direct current (DC) circuits, a fundamental topic at any electrical and electronics engineering program. In addition to these modules, we also proposed a design-implementation experience for undergraduate students related to the development of an end-of-course project. This experience contributes to the application of CDIO Standard 8 (active learning) in the classroom through teamwork activities, which fosters a real relationship between theoretical knowledge and its practical applications, as well as integrating the CDIO skills development.

Keywords: CDIO; electrical circuits; active learning

1. Introducción

La enseñanza de los Circuitos Eléctricos en los programas de Ingeniería Electrónica enfrenta retos, pues al ser parte del área de ciencias básicas de ingeniería debe integrar el conocimiento teórico y práctico en un camino que genera las bases para profundizar posteriormente en conocimientos avanzados en electrónica analógica y digital. El uso de herramientas extras, diferentes a las que se usan en las clases magistrales, brinda al estudiante la oportunidad de clarificar conceptos en los primeros semestres. En particular, en el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío se ha identificado que el modelo tradicional de clase magistral, con ejercicios matemáticos y laboratorios independientes de la clase teórica en los primeros semestres (principalmente los cursos de electrónica básica), es insuficiente, desembocando en dificultades para que los estudiantes asimilen el aprendizaje de conceptos básicos de corriente alterna y directa. Estas dificultades generan un efecto de cadena en cursos superiores, presentándose dificultades en la comprensión de conocimientos avanzados como la electrónica analógica, el análisis de señales, las telecomunicaciones y la automatización.

Por tal razón, construir herramientas alternativas a las clases tradicionales, tales como módulos didácticos para el apoyo a los cursos de circuitos eléctricos y electrónicos (electrónica básica), constituye una base para generar experiencias de diseño-implementación (Estándar 5) y espacios de trabajo en ingeniería (Estándar 6) según el marco de referencia CDIO. Asimismo, los módulos didácticos fomentan la aplicación de conceptos teóricos en el aula por medio del trabajo colaborativo, y la validación de teorías y técnicas en forma práctica por parte de los estudiantes, constituyéndose en experiencias de aprendizaje activo (Estándar 8 del CDIO).

Para ofrecer una solución que cambie el rumbo de las clases magistrales tradicionales en electrónica básica, se muestra en este trabajo el diseño, la implementación y los resultados obtenidos con un conjunto de módulos didácticos para circuitos electrónicos de corriente directa (CC) que apoyan el proceso enseñanza-aprendizaje en temas como ley de Ohm, leyes de

Kirchhoff, análisis nodal y de lazos, los cuales incentivan también la solución de problemas básicos generados por circuito abierto y corto circuito. Entre los requerimientos de diseño de los módulos se consideraron elementos como el apoyo al trabajo en equipo, los resultados de aprendizaje de los espacios académicos y atributos esenciales y deseables de los estándares 5 y 6 del CDIO (C.D.I.O, 2010). Estos módulos cuentan con placas físicas para la conexión de componentes, medición y variación de los elementos pasivos y activos. Los módulos son a prueba de fallos, para incentivar el aprendizaje autónomo del estudiante en la solución de problemas típicos de los circuitos como la identificación de cortocircuitos y circuitos abiertos. Además, se desarrolló una interface gráfica en la herramienta Matlab para corroborar leyes, conceptos y análisis fundamentales básicos en los circuitos electrónicos. También, se elaboraron instructivos de uso en el aula por parte de docentes y estudiantes.

Finalmente, para verificar la funcionalidad e interactividad de los módulos de hardware y software con los estudiantes, se vincularon 23 estudiantes voluntarios del curso de Circuitos 1, para quienes se analizó su rendimiento académico antes y después de usar los módulos didácticos. Se observó una mejora en su comprensión de cómo resolver el análisis de circuitos eléctricos, pasando de un rendimiento inicial del 30% a un 70%.

2. Metodología

La metodología empleada para el desarrollo de los módulos se muestra en la Figura 1, y cada una de las etapas se describe en detalle en las siguientes subsecciones.

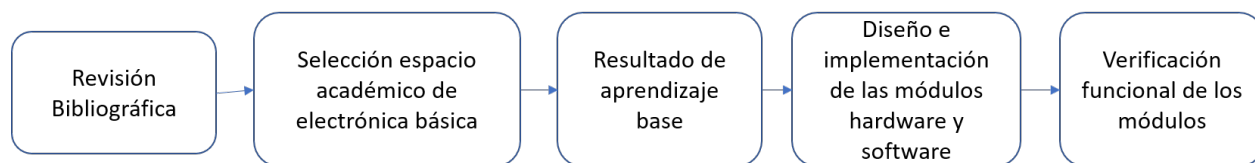


Figura 1. Metodología de trabajo para la construcción de los módulos hardware -software. Fuente: Elaboración propia

2.1 Revisión Bibliográfica

Como se observa en la Figura 2, las especificaciones de los módulos de hardware y software se realizaron según los contenidos del espacio académico y los atributos esenciales de los estándares 5, 6 8 del marco de referencia CDIO (Crawley, 2001), (Crawley et al., 2014), (C.D.I.O, 2010). Estas especificaciones fueron usadas para el diseño de los módulos didácticos.

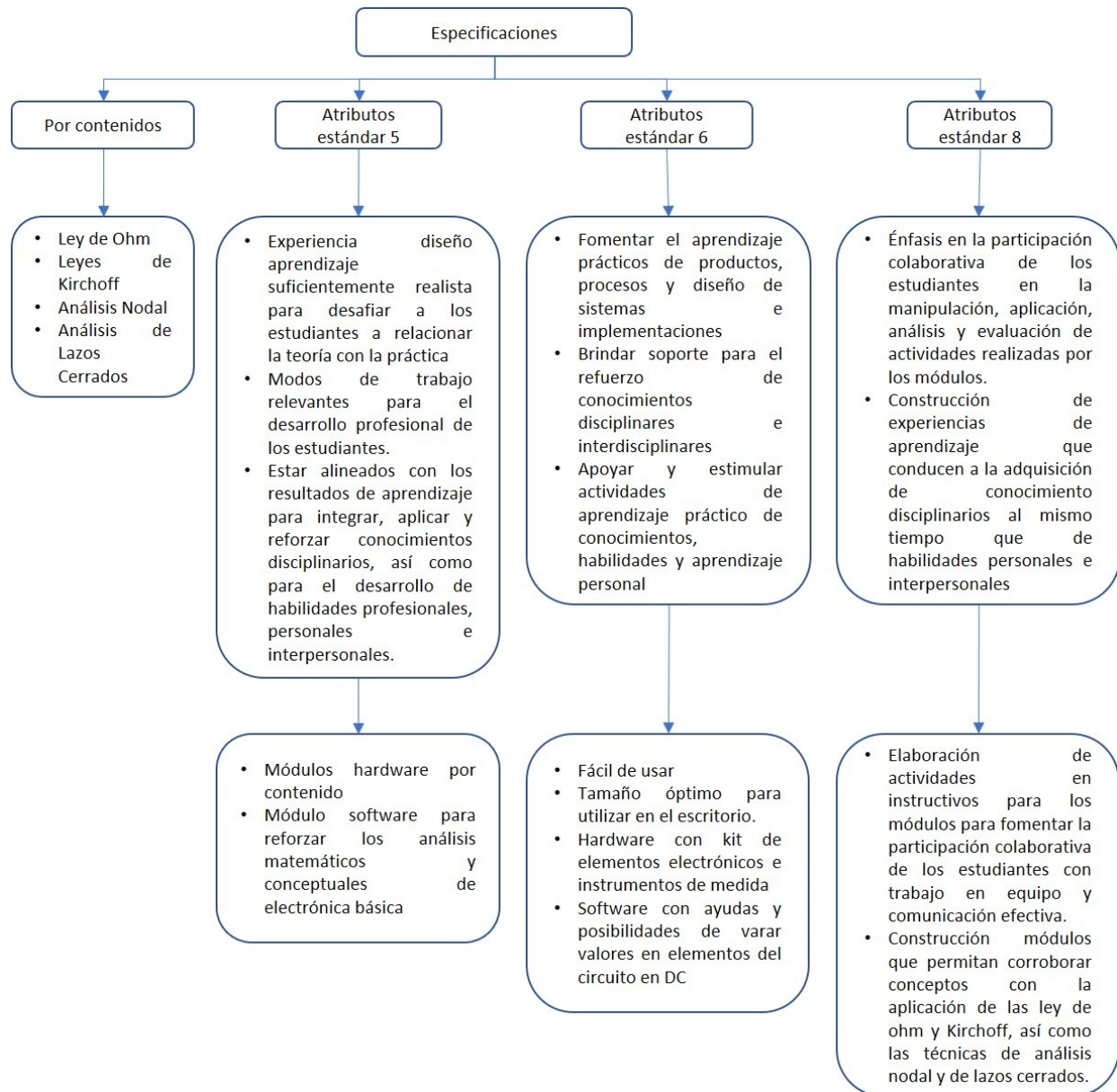


Figura 2. Especificaciones para los módulos. Fuente: Elaboración propia

Con la selección anterior se adaptaron recursos didácticos relevantes para el desarrollo de habilidades específicas como el razonamiento analítico y resolución de problemas, experimentación, investigación y descubrimiento del conocimiento, este último relacionado con matemáticas, ciencias básicas y los fundamentos de la ingeniería.

2.2 Selección espacio académico de electrónica básica

Se seleccionó la implementación de los módulos para un curso de Circuitos I, permitiendo el desarrollo de habilidades experienciales en el aula a medida que se introducen y se enseñan técnicas de análisis soportadas en la ley de Ohm y Kirchhoff, análisis nodal y de lazos cerrados,

y la solución de problemas en circuitos lineales. Se emplearon como base los trabajos de Irwin y Sadiku (Charles K. Alexander, 2013), (Irwin & Nelms, 2010).

2.3 Resultado de aprendizaje base

Tomando como referencia el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje colaborativo según el CDIO (Crawley & Lucas, 2011), se utilizó el resultado de aprendizaje *“aplicar los teoremas de análisis para circuitos en corriente alterna y directa que permitan establecer adecuadamente sus condiciones de funcionamiento”* establecidas para el espacio académico seleccionado (Quindío, 2016).

2.4 Diseño e Implementación de los módulos hardware-software

Los circuitos fueron desarrollados utilizando conceptos y temáticas de electrónica CC (Irwin & Nelms, 2010) (Charles K. Alexander, 2013) para soportar: a) el análisis nodal y de lazos con los puntos necesarios para la ubicación de los componentes; y b) la ubicación de circuitos resistivos en configuraciones de circuitos serie, paralelo. En la Figura 3, se muestran las diferentes configuraciones soportadas por los módulos.

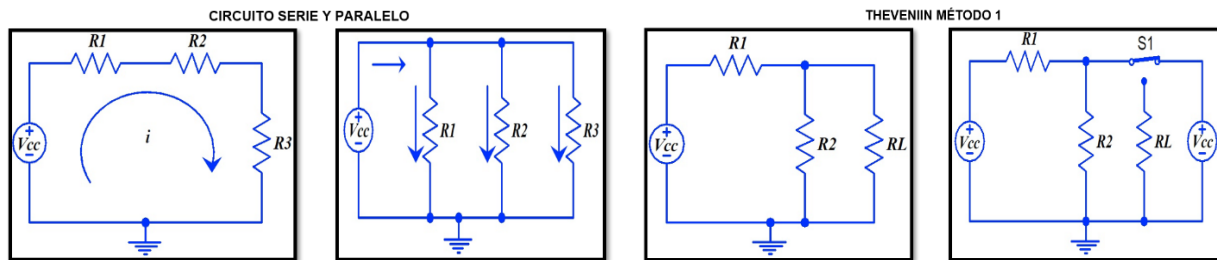


Figura 3. Diseño de los módulos hardware. Fuente: Elaboración propia

Para el diseño del software en Matlab se plantearon especificaciones que se indican en la Figura 4.



Figura 4. Vista funcional del software. Fuente: elaboración propia

Con base en las recomendaciones de Londoño y Santos (Santos, 2014) (Toro Londoño, 2009), se especificaron los instructivos como se plantea en la Figura 5. Estos instructivos fueron diseñados en conjunto con el docente del espacio académico seleccionado (Circuitos I).

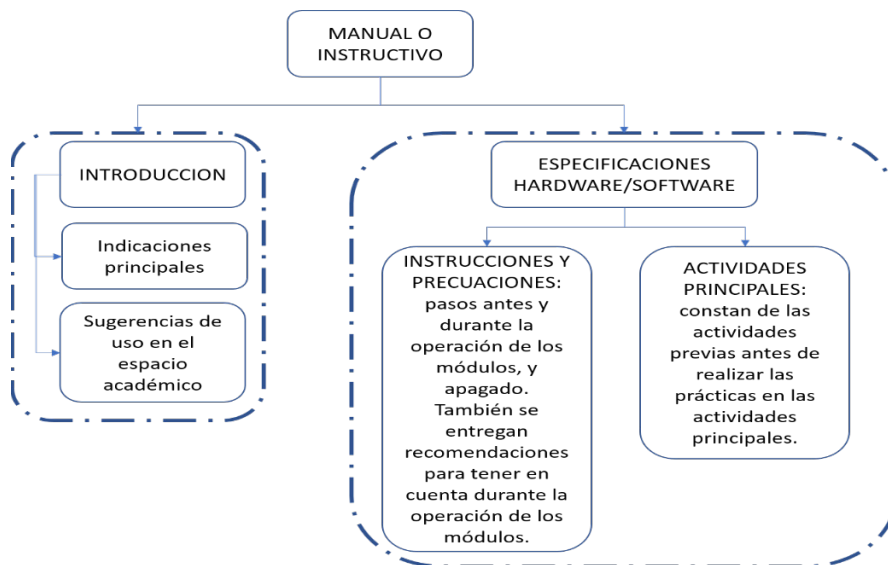


Figura 5. Características del instructivo. Fuente: elaboración propia

2.5. Verificación funcional y pertinencia del sistema

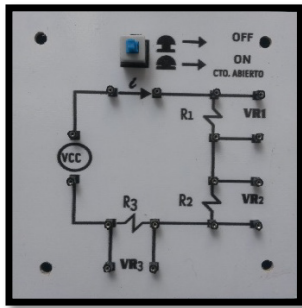
La verificación funcional y pertinencia del sistema se realizó con base en el tema de análisis nodal y análisis de lazos, participando la totalidad de los 23 estudiantes del espacio académico de Circuitos I, como voluntarios. Los estudiantes interactuaron con los módulos durante un periodo de 30 minutos y al finalizar esta actividad fueron encuestados acerca de la usabilidad de los módulos. Así mismo, se revisaron resultados académicos comparando los resultados antes y después de usar los módulos en la solución de problemas del curso de Circuitos I.

3. Resultados y Discusión

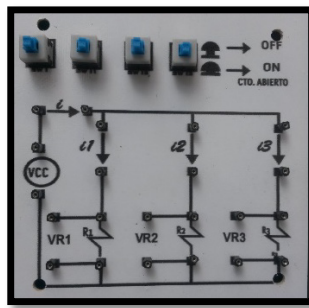
El escenario propuesto tiene dos componentes: un conjunto de módulos hardware y software para abordar el tema de análisis nodal y de lazos como se muestra en la Figura 6. Los módulos hardware son de un tamaño que se ajusta a su silla de trabajo, permitiéndole realizar prácticas especificadas en los instructivos, mientras los otros miembros del equipo realizan las conexiones y utilizan un multímetro o un osciloscopio para las mediciones. Asimismo, pueden utilizar el software para comprobar el uso adecuado de las técnicas de análisis nodal y de lazos. Esto complementa, la formación referente a la comprobación de teorías y técnicas para resolver problemas circuitales.

Con estos módulos se logró implementar un escenario interactivo de aprendizaje, en el que los estudiantes revisan el instructivo, conectan componentes y realizan mediciones de variables, a través del trabajo colaborativo en equipo. Asimismo, los estudiantes desarrollan habilidades de comunicación efectiva y gestión de tiempo y recursos.

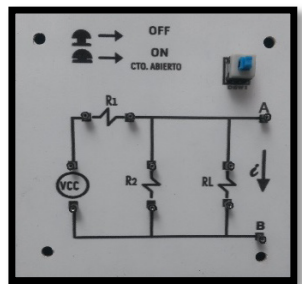
MODULOS HARDWARE



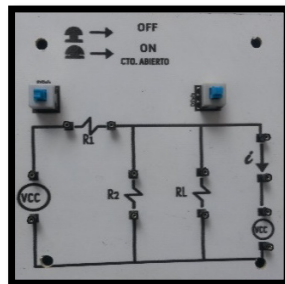
Circuito serie



Circuito paralelo



**Circuito Thevenin método
1**



**Circuito Thevenin método
2**

MODULOS SOFTWARE

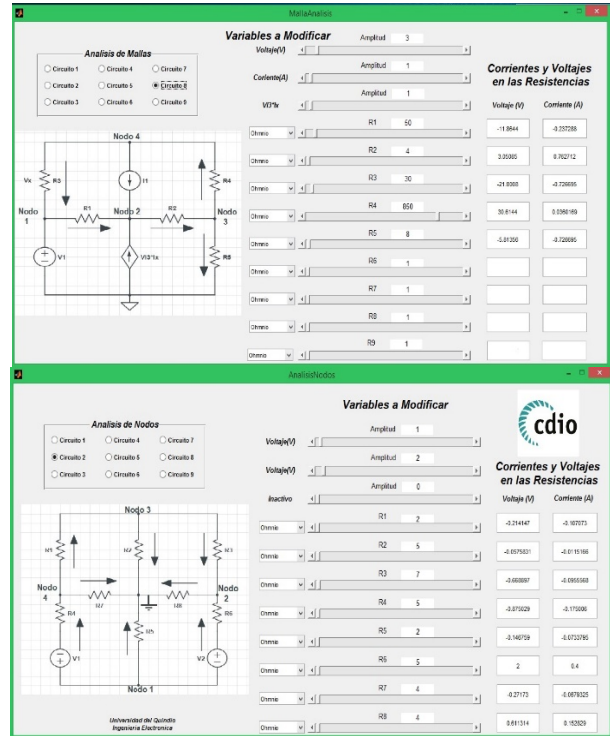


Figura 6. Módulos de hardware y software. Fuente: elaboración propia.

Para validar el desempeño de los estudiantes, se realizó una prueba después de haber empleado métodos tradicionales de enseñanza para el tema de análisis nodal y análisis de mallas en el curso de Circuitos I. Los estudiantes en general obtuvieron una calificación promedio de 2.3/5.0. Después de utilizar los módulos, el rendimiento académico de los estudiantes mejoró considerablemente (3.55/5.0), como se muestra en la distribución de notas de la Figura 7. En general, el rendimiento mejoró desde el 46% a un 71%.

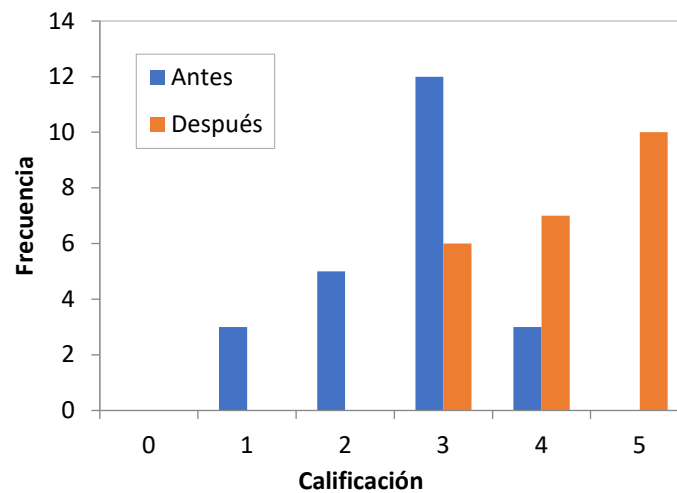


Figura 7. Distribución de las calificaciones antes y después de usar los módulos.
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la percepción de los estudiantes, se plantearon dos enfoques en un instrumento tipo encuesta, orientados a la usabilidad y al desarrollo de los ambientes de aprendizaje. Con respecto al uso de los módulos en ambientes de aprendizaje, el grupo encuestado consideró que los módulos hardware y software son elementos esenciales para el uso durante las clases magistrales. Entre los aspectos principales considerados en la encuesta y con los resultados más significativos se pueden citar la complementariedad de los fundamentos teóricos vistos en clase (87% de favorabilidad), la creatividad e interactividad de los talleres para el uso de los módulos (87% de favorabilidad), la intención de uso futuro y como herramienta de apoyo al trabajo independiente de los estudiantes (74% de favorabilidad). En los aspectos de usabilidad se consideraron la facilidad de uso (87% de favorabilidad), la claridad e ilustración de los conceptos teóricos de las técnicas de análisis de circuitos (65%) y la apreciación frente al tamaño de los módulos de acuerdo con el espacio de trabajo (70%). Lo anterior refleja una respuesta general favorable en el manejo de los módulos con los estudiantes.

4. Conclusiones

El proceso de formación en los espacios académicos en la ciencia básica de ingeniería, tomando el caso puntual el análisis de circuitos eléctricos (análisis nodal y de lazos) en el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío, requiere un complemento en el aula de clase con módulos hardware y software para comprobar y verificar los teoremas expuestos en las clases magistrales. Lo anterior se justifica porque en la ciencia básica de la ingeniería electrónica se deben construir puentes de conocimiento para enlazar los conceptos matemáticos y físicos con la electrónica aplicada, a través de experiencias significativas que abran paso a la innovación y preparación de los ingenieros en formación a soluciones profesionales a problemas del entorno.

Los teoremas y técnicas de electrónica básica, como la ley de Ohm, leyes de Kirchhoff, análisis nodal y de lazos cerrados, teoremas de Thevenin y Norton, circuitos transitorios de primer y segundo orden, se desarrollan tradicionalmente dando un soporte teórico con clases magistrales y laboratorios en espacios independientes para su aprehensión y conceptualización. Sin embargo, este enfoque presenta inconvenientes porque en los intervalos de tiempo entre la clase y las prácticas no se tiene la oportunidad para corroborar de inmediato teoremas y técnicas. Por esta razón, en este trabajo se propuso el desarrollo de herramientas de hardware/software que sirvan de puente para conectar el desarrollo teórico con la práctica, por medio de experiencias teórico-prácticas en tiempo real, ofreciendo a los estudiantes un espacio de trabajo interactivo para el aprendizaje de electrónica básica. Se mostró que este enfoque mejora significativamente el desempeño de los estudiantes en las pruebas estándar.

5. Referencias

- C.D.I.O. (2010). *ESTÁNDARES CDIO* v. 2.0. Retrieved from <http://www.cdio.cl/documentos/estandares-cdio>
- Charles K. Alexander, M. S. (2013). *Fundamentos de Circuitos Eléctricos* (Quinta; Mc Graw Hill, ed.). Mexico D.F.

- Crawley, E. F. (2001). The CDIO Syllabus Education. *Engineering Education*, (January), 82. Retrieved from http://www.cdio.org/files/CDIO_Syllabus_Report.pdf
- Crawley, E. F., & Lucas, W. a. (2011). The CDIO Syllabus v2 . 0 An Updated Statement of Goals for Engineering EducationB. *Engineering Education*, 24, 1–4. Retrieved from http://files.conferencemanager.dk/medialibrary/59856d54-6d1c-4deb-ac21-0dd98ccd0470/images/CrawleyEtAlCDIOSyllabus2.0Paper_17June2011.pdf
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. R., & Edstrom, K. (2014). Rethinking engineering education: The CDIO approach, second edition. In *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, Second Edition*. Springer International Publishing.
- Irwin, D., & Nelms, M. (2010). Basic Engineering Circuit Analysis 10th Edition. In Wiley (Ed.), Wiley. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Quindío, U. del. (2016). PLANEA. Retrieved September 29, 2017, from http://ingelectuq.net/planea/view_syllabus_raps.php?ID=36
- Santos, A. M. P. (2014). *Métodos educativos en salud*. Elsevier España.
- Toro Londoño, A. (2009). *Elaboración del manual de mantenimiento preventivo para una máquina empacadora vertical ET-02*. Universidad EAFIT.

Sobre los Autores

- **Jorge Alejandro Aldana Gutiérrez** es Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia-Administración, y Magister en Administración. Profesor e investigador del grupo ELECTRAE. jaldana@uniquindio.edu.co
- **Alexander Vera Tasamá** es Ingeniero Electrónico, Doctor en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Profesor asistente e investigador del grupo GDSPROC. avera@uniquindio.edu.co
- **Jorge Iván Marín Hurtado** es Licenciado en Electricidad y Electrónica, Magister en Ciencia de los Materiales y Doctor en Ingeniería Eléctrica y Computación. Profesor asistente e investigador del grupo GDSPROC. jorgemarin@uniquindio.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)