



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN  
DE INGENIEROS EN LA  
ERA DIGITAL



# **IMPLEMENTANDO EL MARCO EDUCATIVO CDIO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA EBPr, EN LA ASIGNATURA “INTERNET DE LAS COSAS: APLICACIONES EN SALUD”**

**Pedro Antonio Aya Parra, Jefferson  
Sarmiento Rojas, Daniel Alejandro  
Quiroga Torres**

**Universidad del Rosario  
Bogotá, Colombia**

**Antonio Miguel Cruz**

**University of Alberta  
Alberta, Canada**

## **Resumen**

El marco educativo Concebir, Diseñar, Implementar y Operar (CDIO) hace parte de una iniciativa internacional que se centra en el modelo de cómo enseñar ingeniería, lo cual permite que exista una estandarización de competencias en los profesionales en ingeniería. Por otro lado, la enseñanza basada en proyectos (EBPr) permite a los estudiantes simular contextos reales de su profesión. Estas dos estrategias de educación acopladas permiten que se generen nuevos mecanismos de enseñanza que garantizan a los futuros profesionales en ingeniería biomédica adquirir competencias para desempeñarse satisfactoriamente en el mundo laboral.

La estrategia educativa utilizada en este proyecto está articulada a través de ejercicios didácticos que se fundamentan en tres componentes principales; el primer componente es la implementación del marco de educativo CDIO en cada uno de los proyectos vinculándolo directamente con el contenido de la asignatura. El segundo componente está relacionado con el concepto de Internet de las Cosas (IoT), tecnología actualmente catalogada como parte de la cuarta revolución industrial. Finalmente, el tercer componente es la EBPr, la cual se logra gracias al diseño e implementación de prácticas de laboratorio estructuradas en “problemas reales” que permitan dar respuesta a un aprendizaje significativo y desarrollar habilidades para la vida profesional.

De igual manera, se presenta en forma detallada la estructura y contenido de una asignatura creada bajo el nombre de “Internet de las Cosas: Aplicaciones en Salud”; que se imparte en el

programa de pregrado de Ingeniería Biomédica de la Universidad del Rosario en convenio con la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

En conclusión, se puede afirmar que la relación entre los modelos tradicionales de educación y las nuevas iniciativas de enseñanza en el campo de la ingeniería, con relación a las necesidades actuales del mercado laboral deben ser reformados. Esto, con el firme propósito de mejorar la capacidad de pensamiento crítico orientado a la aplicación y solución de problemas reales y de paso, permitiendo a los estudiantes identificar fortalezas y debilidades de acuerdo a la estrategia pedagógica utilizada por los docentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura de IoT.

**Palabras clave:** modelo educativo CDIO; internet de las cosas; aprendizaje basado en problemas

### **Abstract**

*The educational framework Conceive, Design, Implement and Operate (CDIO) is part of an international initiative that focuses on the model of how to teach engineering, which allows a standardization of competencies in engineering professionals. On the other hand, project-based learning (PBLr) allows students to simulate real contexts of their profession. These two education strategies allow for the creation of new teaching mechanisms that guarantee future professionals in biomedical engineering acquire skills to perform satisfactorily in their workplace.*

*The educational strategy used in this project is articulated through didactic exercises that are based on three main components. The first component is the implementation of the CDIO educational framework in each of the projects, linking it directly with the content of the subject. The second component is related to the concept of the Internet of Things (IoT), technology currently classified as part of the fourth industrial revolution. Finally, the third component is EBPr, which is achieved because of to the design and implementation of laboratory practices structured in "real problems" that allow answer to meaningful learning and developing skills for professional life.*

*Likewise, the structure and content of a subject created under the name of "Internet of Things: Applications in Health" is presented in detail; which is taught in the undergraduate program of Biomedical Engineering of the Universidad del Rosario under an arrangement with the Colombian School of Engineering Julio Garavito.*

*In conclusion, the relationship between traditional models of education and new teaching initiatives in the field of engineering, in relation to the current needs of the labor market must be transformed. This, with the purpose of improving the critical thinking capacity oriented to the application and solution of real problems, allowing students to identify strengths and weaknesses according to the pedagogical strategy used by teachers in the teaching process and learning the IoT subject.*

**Keywords:** CDIO educational model; internet of things; problem-based learning

## 1. Introducción

El panorama actual de los programas de ingeniería se transforma de una manera dinámica de acuerdo a la evolución de la tecnología e innovación en las últimas décadas. Esto mismo ha generado un crecimiento económico en ciertos sectores que ha permitido a su vez el surgimiento de nuevos términos en la academia como “sociedad del conocimiento” y la “economía naranja” para describir la evolución socioeconómica que en la actualidad percibimos (Alvarez, Karen 2016).

En este aspecto se puede pronosticar una conexión literalmente directa con la transformación de una sociedad en términos de innovación, que permita el continuo crecimiento económico y social donde el conocimiento tanto técnico como científico este asociado a las problemáticas actuales. Como resultado, se obtiene que las diferentes actividades reinventadas, planificadas y desarrolladas en la ingeniería, son la base para generar nuevas capacidades de pensamiento científico e iniciativas con proyectos tecnológicos I+D+i (investigación, desarrollo, innovación), clave en la formación de los nuevos ingenieros del programa de ingeniería biomédica (Fuchs, 2012).

En este contexto es deseable que el ingeniero del futuro este en la capacidad, por ejemplo, diseñar modelos matemáticos, interpretar el comportamiento de sistemas, poseer destrezas experimentales, diseñar procesos e integrar el conocimiento para resolver problemas de la vida real. Para alcanzar este perfil profesional es pertinente desarrollar e implementar estrategias pedagógicas que permitan generar nuevos conocimientos y habilidades en los ingenieros. Por las razones anteriormente descritas, generar cambios en los programas de ingeniería es una necesidad esencial para la mejora continua de la competitividad, dado los cambios sistemáticos que afronta la sociedad principalmente en el sector salud.

A partir de lo expuesto, la iniciativa CDIO proporciona un marco innovador para la educación en ingeniería, el cual se centra en los fundamentos de la ingeniería enmarcados en el contexto de concebir, diseñar, implementar y operar de sistemas, productos y servicios del mundo real, con el objetivo de promover el aprendizaje bajo un entorno similar al ejercicio profesional moderno y de trabajo en equipo.

Esta propuesta de trabajo (CDIO) se proyecta como una arquitectura abierta que presenta una metodología que puede ser adaptada y aplicada en diferentes instituciones de educación en ingeniería. El objetivo primordial del marco de estudio de CDIO es crear una información clara, completa y coherente de acuerdo al conjunto de objetivos considerados en la actualidad para la educación de pregrado en ingeniería (Penttila, Kairisto, Putkonen and Lehto, 2013).

De esta forma se dispone una estrategia de innovación pedagógica basada en el marco CDIO, donde el objetivo primordial fue implementar una asignatura electiva que hiciera parte de la malla curricular del programa de pregrado de Ingeniería Biomédica. Esta asignatura electiva fue concebida y desarrollada con base al surgimiento de la transformación digital, una de las tendencias tecnológicas con más influencia es el internet de las cosas (IoT); una nueva fase de internet en la que hoy ya hay más objetos y dispositivos que personas conectadas a la red a escala

global. Es así como estos llamados "objetos" (maquinas, sensores, dispositivos) tienen la capacidad de computo, almacenamiento y comunicación para recopilar, procesar y distribuir información por la red a la que están conectados, permitiendo ser analizados para posteriormente tomar mejores decisiones y optimizar múltiples procesos (Kranz, 2017).

La suma de todos estos sectores innovadores y de otros que pronto migrarán a la revolución del "todo conectado" se traducen en una importante generación de valor principalmente en la atención sanitaria. A partir de lo expuesto, se plantea la asignatura electiva "internet de las cosas y sus aplicaciones en salud: un estudio piloto" en el programa de Ingeniería Biomédica, la cual está diseñada bajo el uso de herramientas y entornos digitales para el aprendizaje, pedagogía y didáctica en el marco de aprender a aprender y evaluación de aprendizaje.

## 2. Implementación del syllabus CDIO y el diseño de la asignatura

Los estándares de CDIO hacen referencia al syllabus o plan de estudios propios de un programa de ingeniería. De allí uno de los novedosos marcos educativos es la llamada iniciativa para la enseñanza en la ingeniería donde se contempla: Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas en entornos reales (por sus siglas en inglés CDIO) (CDIO Initiative, 2013). Este marco educativo se basa en el supuesto de que un ingeniero (egresado) debe estar en la capacidad o en su defecto, entrenado para resolver problemas en el campo real; en consecuencia, debe ser educado bajo el paradigma "problema de ingeniería / proyecto solución". Precisamente uno de los primeros marcos educativos tangibles para lograr este paradigma de la enseñanza en la ingeniería fue la iniciativa CDIO.

En la figura 1 se relaciona la estructura del syllabus de la iniciativa CDIO con relación al perfil deseado después de tomar la asignatura electiva donde se pretende materializar el syllabus CDIO donde se hace énfasis en competencias tanto profesionales como personales.

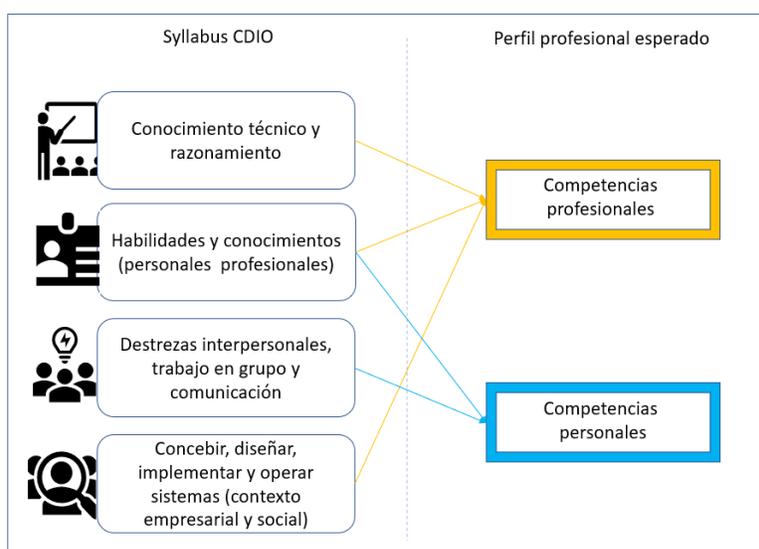


Figura 1. Articulación del perfil esperado y el syllabus CDIO.  
Adaptado de: (portilla, 2015)

Conforme a lo presentado y de acuerdo a la dirección del syllabus CDIO, el programa ha apostado por la aplicación de un modelo pedagógico de formación por competencias. De manera que diferentes asignaturas de reciente creación han seguido los lineamientos CDIO parcial o totalmente. Si bien los lineamientos CDIO ha sido implementado exitosamente en muchas universidades del mundo demostrando su validez (Bisagni, chiringhelli, y Ricci, 2010), está aún necesita ser validada en nuestro contexto. Por otra parte, desde su creación el programa no tuvo en cuenta la implementación de las asignaturas y estrategias para la enseñanza y la implementación de tecnologías como es el caso de Internet de las cosas (IoT) entre otras, en su currículo. Esto último, debido a que esta área del conocimiento aún estaba en gestación en el mundo. Por las razones anteriormente descritas se toma la iniciativa de diseñar, implementar y desarrollar esta asignatura en el programa de ingeniería Biomédica buscando un valor añadido para la sociedad del futuro.

La medición del impacto de la aplicación total o parcial de del marco educativo CDIO en nuestro contexto, a través de estrategias pedagógicas de la enseñanza basada en proyectos reales (EBPr) aplicando IoT constituye una novedad científica y pedagógica, ya que, por una parte, la iniciativa CDIO es relativamente reciente y necesita ser validada con un mayor número de experiencias en países en vía de desarrollo (Lu, Jaichandar and Leong, 2012). De otro lado, la aplicación de la estrategia de EBPr mediante la implementación de proyectos basados en IoT pondrá un paso adelante a los estudiantes del programa de ingeniería biomédica para la revolución de las cosas que se vienen en los diferentes campos de la tecnología de la llamada revolución 4.0, basados en tendencias realistas en ciencia e ingeniería (Almada-Lobo, 2016).

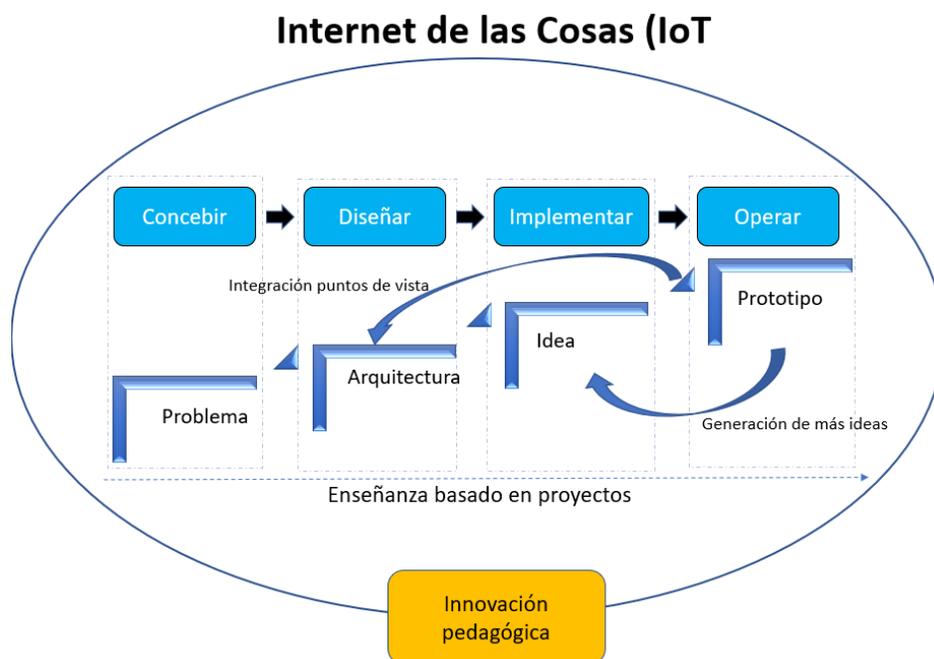


Figura 2. Planteamiento de la asignatura de IoT a partir de EBPr con base al Syllabus CDIO

### 3. Resultados

Con base a las competencias declaradas en el syllabus CDIO, como lo son los conocimientos técnicos, habilidades y atributos personales y profesionales, habilidades interpersonales: comunicación y trabajo en equipo y la capacidad de concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en el contexto organizacional y social, la asignatura se ha enfocado en cada una de las declaraciones anteriormente mencionadas, alineando los contenidos propios de la tecnología de internet de las cosas (IoT) en cada fase de desarrollo.

De acuerdo a lo anterior, se diseñó, desarrolló e implementó en una página web los contenidos de la asignatura, abordando las temáticas propias de cada fase de desarrollo para una aplicación en IoT; integrando a su vez, cada una de las declaraciones del syllabus CDIO. En ese sentido, lo que se buscó es lograr que el estudiante adquiriera las capacidades y conocimientos que necesita el futuro ingeniero en escenarios reales, a lo largo del desarrollo de la guía de asignatura, de una forma previamente establecida por medio de laboratorios prácticos, a través del planteamiento de problemas en el contexto real de una institución de salud o un sector industrial.

Resultado de ello, como se observa en la figura 3 el diseño de los laboratorios se presenta de una forma clara y detallada, orientando paso a paso a los estudiantes, en el desarrollo de cada una de las actividades propuestas en cada módulo de aprendizaje<sup>1</sup>.

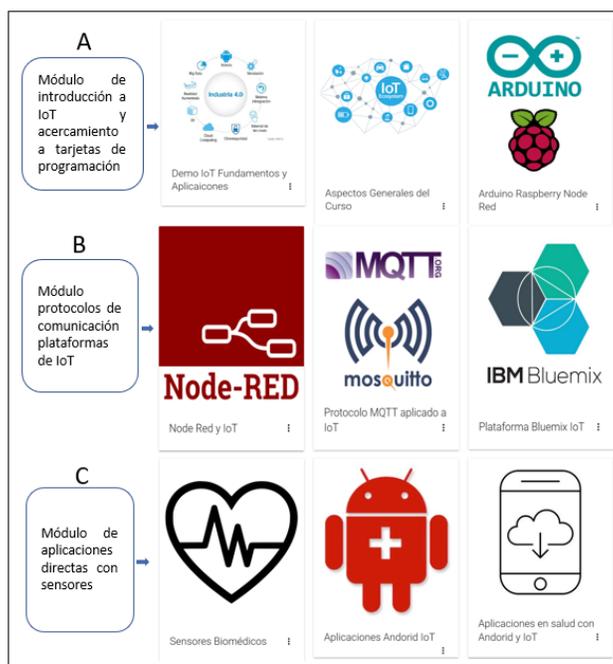


Figura 3. Diseño e implementación de la asignatura de IoT

De acuerdo con lo anterior, el curso se desarrolló en tres módulos principales (A, B, C) los cuales contienen diferentes temáticas para cada uno de los temas a trabajar. De esta manera se plantean los diferentes laboratorios prácticos, enfocados en los contenidos propios de la tecnología IoT.

<sup>1</sup> Para ampliar la información del curso puede ingresar a <https://www.urbiomedeng.com/cursoiot>

Conforme a las características propias de la asignatura, en la tabla 1 se presenta el diseño e implementación de la metodología planeada para el desarrollo de cada uno de los módulos en términos de créditos, cantidad de horas tanto prácticas como teóricas y los objetivos de aprendizaje esperados al final de cada módulo.

<b>Créditos</b>	<b>Planeación de clases</b>	<b>Resultados de aprendizaje esperados (RAEs)</b>
3	<p>Clase magistral 20 %</p> <p>práctica laboratorio 80 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar modelos matemáticos a través de axiomas, teoremas y leyes, además analizar los resultados desde el ámbito de las matemáticas.</li> <li>- Resolver problemas, diseñar procesos y realizar experimentos propios de la Ingeniería Biomédica utilizando herramientas de la computación para el procesamiento, simulación y el cálculo numérico y simbólico.</li> <li>- Desarrollar algoritmos que sean codificados, depurados y ejecutados en entornos de programación gráficos utilizando metodologías de programación estructurada y Programación Orientada a Objetos (POO) que resuelvan tareas específicas propias de la Ingeniería Biomédica.</li> </ul>

Tabla 1. Relación entre créditos académicos, porcentaje de clases teórico/prácticas y principales resultados de aprendizaje esperados RAEs

Adicionalmente las clases magistrales, están acompañadas por lecturas previas obligatorias, evaluaciones parciales y sustentación de un proyecto final.

#### **4. Conclusiones**

La creación de la asignatura de internet de las cosas IoT proporciona al estudiante un panorama general y muy bien estructurado sobre la práctica de esta tecnología (IoT) a la Ingeniería Biomédica. En esta misma se logra implementar el método de trabajo a partir de un problema de un entorno real, el desarrollo de una aplicación a partir de los requerimientos, entidades, arquitectura y la interfaz propia de cada solución en concordancia directa con la iniciativa CDIO.

La implementación de la iniciativa CDIO a través de la asignatura de IoT, ha sido muy bien calificada por los estudiantes, ya que las clases se desarrollan en un 80% bajo prácticas de laboratorio, permitiendo que sus conocimientos se confronten entre el grupo de trabajo. En el 2018-I se ofertó y abrió por primera vez con 10 estudiantes; para el 2018-II la cantidad de estudiantes fueron alrededor de 12 y finalmente para el 2019-I cerramos con 19 estudiantes. Esta experiencia sin duda alguna deja un aprendizaje profundo y nuevos interrogantes, lo cual abre una nueva puerta que permite asociar el conocimiento y las habilidades académicas y personales con relación a sus futuros intereses de desarrollo profesional y laboral.

Cada uno de los estudiantes contaron con un usuario y contraseña para ingresar al curso, de tal forma que el material y actividades pudieran estar siempre disponibles. Por otra parte, el sistema desarrollado permitió hacer seguimiento del avance y consulta de cada uno de los laboratorios propuestos para cada uno de los participantes.

## 5. Agradecimientos

Agradecimientos a la gestión de la dirección académica de la Universidad del Rosario y al personal de las diferentes áreas asociadas, que permitieron llevar a cabo el proyecto de innovación pedagógica con orden interna FIP-BG002; su atención y oportuna colaboración son parte de este trabajo.

## 6. Referencias

- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), pp. 16-21.
- Álvarez Riascos, Karen Tatiana. Desarrollo local como herramienta de postconflicto en Colombia. *GeoGraphos*. [En línea]. Alicante: Grupo Interdisciplinario de Estudios Críticos y de América Latina (GIECRYAL) de la Universidad de Alicante, 2 de enero de 2016, vol. 7, 82, pp. 1-35.
- Bisagni C, H., chiringhelli, G., y Ricci S. 2010. Survey for program evaluation of aerospace engineering at politecnico di milano. *Proceeding of the 6th international CDIO conference, École Polytechnique*, pp. 1-13. Montreal.
- Carolina Castaño Portilla. (2015). Implementación de la Iniciativa CDIO en el Diseño Curricular de los Programas de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. *Escuela de Ingeniería de Antioquia Envigado, Colombia*
- CDIO Initiative. (2013). El programa de estudios CDIO. Obtenido de <http://www.cdio.org/>
- Crawley, E. F., Cha Jianzhong, Malmqvist, J., and Brodeur, D.R., “The Context of Engineering Education”, *Proceedings of the 4th International CDIO Conference*,
- Fuchs, Willi. (2008). The New Global Responsibilities of Engineers Create Challenges for Engineering Education. *Journal of Education for Sustainable Development* 6, no. 1. pp 16-19 Hogeschool Gent, Belgium.
- Lu, H., Jaichandar, K., & Leong, C., (2012). An integrated approach to design and delivery of biomedical engineering course, 8<sup>th</sup> international CDIO conference 2012 July 1- 4, Queensland University Technology, pp 1- 6, Brisbane.
- Maciej Kranz. (2017). Internet of Things. Build new business models
- Penttila, T., Kairisto-Mertanen, L., Putkonen, A. & Lehto, A. (2013). Innovation Pedagogy – A strategic Learning approach for the future. *Pedagogical views on innovation competences and entrepreneurship*, pp. 11-23.

## Sobre los autores

- **Pedro Antonio Aya Parra:** Ingeniero Biomédico, Magíster en Ingeniería Electrónica. Instructor de prácticas del programa de Ingeniería Biomédica, Universidad del Rosario. [pedro.aya@urosario.edu.co](mailto:pedro.aya@urosario.edu.co)

- **Jefferson Sarmiento Rojas:** Ingeniero electrónico, Magíster en Ingeniería Electrónica. Instructor de prácticas del programa de Ingeniería Biomédica, Universidad del Rosario. [jefferson.sarmiento@urosario.edu.co](mailto:jefferson.sarmiento@urosario.edu.co)
- **Daniel Alejandro Quiroga Torres:** Ingeniero Biomédico y Electrónico. Profesor Auxiliar de Carrera del programa de Ingeniería Biomédica, Universidad del Rosario. [daniel.quiroga@urosario.edu.co](mailto:daniel.quiroga@urosario.edu.co)
- **Antonio Miguel Cruz:** Ingeniero Nuclear, Magíster y Doctor en Bioingeniería. Post Doctor del Hospital For Sick Children y de la University of Alberta. Department of Occupational Therapy, Faculty of Rehabilitation Medicine, University of Alberta. [miguelcr@ualberta.ca](mailto:miguelcr@ualberta.ca)

---

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)