



Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness  
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global*

# QUEMES: ENSEÑANZA INNOVADORA DE LA PROGRAMACIÓN EN INGENIERÍA

Enrique González Guerrero, Laura Cortés Rico, Germán Chavarro Flórez, Rafael González Rivera

Pontificia Universidad Javeriana  
Bogotá, Colombia

## Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de un caso de estudio de la aplicación de un modelo innovador para la enseñanza de la programación a estudiantes de Ingeniería. El modelo propuesto se sustenta en dos pilares principales: la integración de los paradigmas propuestos por CDIO y la ciencia del diseño, y la focalización de proyectos basada en la plataforma de investigación, innovación y emprendimiento PI2E de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Javeriana. Estos elementos se articulan en un modelo de enseñanza que combina la adquisición de conceptos y la apropiación práctica mediante proyectos que solucionan problemas relevantes para la sociedad. El caso de estudio presentado sustenta el uso de robots cooperativos; en este marco no sólo se desarrollan las competencias técnicas y tecnológicas ligadas a un primer curso de programación, sino que también se contribuye a la formación en competencias más transversales, como el trabajo en equipo.

**Palabras clave:** educación; robótica; programación

## Abstract

*In this paper the results of a study case of the application of an innovative model for teaching programming to engineering students are presented. The proposed model is based on two main components: the integration of the CDIO and design science paradigms, and the focalization generated by the platform for research and innovation developed by the Engineering Faculty of Universidad Javeriana. These elements are articulated in a learning model that combines the acquisition of concepts with their practical application for the solution of problems relevant for the society. The case that is introduced is based on the use of cooperative robots; this framework not only allows developing programming technical skills, but also contributes to progress on transversal competences, as team work.*

**Keywords:** education; robotics; programming

## 1. Introducción

Normalmente en todas las áreas de la ingeniería, los planes de estudio incluyen en mayor o menor grado la enseñanza de la programación como una herramienta que potencia el quehacer profesional de los futuros ingenieros. En efecto, cada vez más se hace presente el soporte de herramientas TIC en los diferentes campos del conocimiento; para los ingenieros, incluso si su labor puede no implicar programar, la adquisición de competencias algorítmicas aporta al desarrollo de las habilidades de abstracción y generación de soluciones creativas para los problemas. Dado el impacto que tiene la adquisición de estas competencias en la formación, los docentes del área de programación se han preocupado desde hace varias décadas por introducir en el aula metodologías y herramientas que potencien el aprendizaje de los estudiantes.

En este artículo se presenta un modelo innovador de formación en programación soportado en robótica cooperativa. El modelo pedagógico propuesto se basa en el aprendizaje centrado en problemas y en el aprendizaje activo; estos paradigmas, como se reconoce desde la filosofía de CDIO, transforman la manera en que se realiza el proceso de enseñanza aprendizaje. Adicionalmente, es una manera de lograr el equilibrio entre relevancia y rigor que se viene buscando en las ciencias de la computación. Por un lado, se trata de una manera de aprender haciendo o aprender mediante la solución de problemas, lo cual no solo tiende a estimular a los estudiantes sino que además ha demostrado su efectividad. El conocimiento no se maneja de manera aislada, sino que se adquiere en la medida en que es aplicado, resultando en un aprendizaje exteriorizado, en lugar de interiorizado. Por otra parte, ha sido una manera efectiva de integrar las actividades de docencia e investigación que resulta en empoderamiento de los estudiantes y en mayor pertenencia y capacidad de asesoramiento por parte de los docentes. Estos últimos han adoptado este enfoque no solo como una filosofía de enseñanza, sino como una aproximación a la investigación en ingeniería, donde investigación, diseño y solución de problemas vienen a ser equivalentes. En el artículo se presentará cómo el aprendizaje activo y la ciencia del diseño se integran y aplican en el contexto de la informática.

La robótica es utilizada ampliamente en la educación porque conjuga elementos lúdicos y técnicos, haciendo que los estudiantes se interesen por el aprender. La idea de esta aproximación es aplicar una metodología de “aprender jugando” (Barker et al 2007). El aporte original de la plataforma de robótica Quemes, reportada en este trabajo, es el uso de robots cooperativos (Franco et al 2010). Además de lograr una apropiación práctica del conocimiento, se aporta al desarrollo de una visión colaborativa para la solución de los problemas. Se brinda así una opción innovadora para la enseñanza y el aprendizaje. El uso de Quemes se realiza en forma de talleres y proyectos enmarcados en un área de impacto de las que han sido caracterizadas en la Plataforma de Investigación, Innovación y Emprendimiento PI2E de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Javeriana. Los estudiantes identifican y caracterizan un problema particular en el cual aplican los conocimientos de programación en forma progresiva.

Este artículo inicia contextualizando la aproximación pedagógica sustentada en las aproximaciones de CDIO y la ciencia del diseño. Luego, se presenta la plataforma Quemes y la forma en se lleva al aula. Finalmente, en las últimas secciones del artículo se presentan los resultados de una prueba piloto y las conclusiones derivadas de esta experiencia.

## 2. Modelo Marco CDIO

Los ingenieros modernos están involucrados en el proceso de creación de productos, procesos, sistemas o servicios que dan respuesta a las necesidades de la sociedad. La educación de la Ingeniería, sin embargo, se había vuelto teórica restando importancia a la parte práctica, o limitándola a la realización de talleres estereotipados y alejados de las necesidades reales de la sociedad. El modelo CDIO pretende ofrecer una educación en Ingeniería con buenos fundamentos técnicos desde un punto de vista práctico. La base se encuentra en que el ciclo de vida de cualquier producto o servicio involucra concebir, diseñar, implementar y operar. Un plan de estudios debe reflejar de manera real estos elementos así como reflejar el hecho que el ingeniero moderno es líder, sabe trabajar en equipo, es creativo, y entiende su relación con la sociedad.

La implementación del modelo CDIO, implica establecer los resultados de aprendizaje (“learning outcomes”), definir un currículo integrado, contar con espacios de trabajo adecuados, una reforma al proceso de enseñanza aprendizaje y un proceso de recolección de evidencia y evaluación. El trabajo presentado en este artículo se refiere principalmente al uso del primero y el cuarto de estos objetivos CDIO (Worldwide CDIO 2013). Se parte de la base que es necesario definir las necesidades de aprendizaje del estudiante y a partir de ellas construir una secuencia de experiencias de aprendizaje que permitan cumplir con esas necesidades. La iniciativa CDIO ha definido un conjunto específico de resultados de aprendizaje que es posible encontrar codificados en el syllabus de CDIO (Crawley et al 2011). Este documento representa el conjunto de habilidades que un ingeniero debe poseer. Estos resultados de aprendizaje son luego la base para el diseño del programa, la recolección de evidencia y la evaluación. Los cursos dentro del programa deben ser diseñados de tal forma que sus propios objetivos estén alineados con los resultados de aprendizaje del programa y sea posible evidenciar su cumplimiento. Si bien CDIO lo menciona a nivel del programa, las mismas ideas pueden ser usadas a nivel del diseño de cursos.

Por otra parte, el modelo educativo debe contar con experiencias de aprendizaje integradas donde el diseño y la práctica juegan un papel preponderante, el estudiante es expuesto a situaciones cercanas a la realidad de su profesión y juega un papel predominantemente activo. En nuestro caso, la plataforma de investigación de la Facultad provee un contexto real sobre el cual trabajar. El aprendizaje integrado involucra métodos de aprendizaje activo y experiencial, con resultados claramente definidos. Este tipo de aprendizaje permite que el estudiante integre teoría y práctica, adquiera habilidades interpersonales y se involucre en el proceso de Ingeniería. Algunos ejemplos de estrategias empleadas en el aprendizaje activo e integrado, incluyen cursos basados en proyectos con experiencias de tipo diseño-construcción, casos de estudio, simulaciones y juego de roles.

Estudios realizados en varias universidades suecas (Crawley et al 2007) indican que para lograr una enseñanza- aprendizaje más efectiva se debe: establecer previamente los resultados de aprendizaje, tener en cuenta la visión de los estudiantes (cómo les va a ser útil) y utilizar actividades de aprendizaje de diseño con alto grado de interacción entre pares y entre los estudiantes y los profesores. El objetivo es lograr un aprendizaje profundo en el cual la intención del estudiante sea entender el material y no simplemente memorizarlo de manera temporal.

Siguiendo esta aproximación, en el programa de ingeniería de sistemas de la Universidad Javeriana, desde hace varios años, el curso de introducción que cursan los estudiantes de primer semestre incluye el uso de robots construidos con LEGO para el desarrollo de un proyecto aplicado. Teniendo en consideración los buenos resultados obtenidos, a partir de este año se está utilizando la plataforma Quesmes en el curso de Pensamiento Algorítmico; este curso es tomado, no solo por los estudiantes de ingeniería de sistemas, sino

también por los de todas las otras carrera de ingeniería de la Facultad. En las siguientes secciones se explicará cómo el uso de los robots Quemes se enmarca tanto en el paradigma de la ciencia del diseño como en el modelo de CDIO.

### 3. Ciencia del Diseño

El enfoque centrado en el diseño que propone el modelo CDIO no es nuevo en ingeniería, hace parte de una discusión que ha venido madurando hace décadas en las disciplinas de ciencias de la computación y los sistemas de información particularmente. La preocupación ha sido cómo obtener tanto rigor como relevancia en la actividad académica desarrollada en estas disciplinas (Benbasat y Zmud, 1999; Denning et al., 1989). Mientras que el énfasis en el rigor produce resultados científicamente confiables, transparentes, repetibles y validados, el énfasis en la relevancia busca que el resultado de las actividades de docencia, investigación y desarrollo resulten en artefactos que de hecho solucionen problemas reales. En principio no tendría por qué existir esta dicotomía. Nada impide que un trabajo relevante sea además riguroso; sin embargo, en la práctica, los métodos empleados, el punto de partida, y la manera en que se distribuye el esfuerzo de hecho sí han terminado favoreciendo rigor sobre relevancia y viceversa. Esto ha llevado incluso a que se despierten debates académicos donde, por un lado, están quienes comulgan con la lógica y las prácticas de las ciencias naturales, para las cuales el rigor, la experimentación, la prueba de hipótesis y el análisis estadístico, entre otros, son parte del quehacer tradicional e incluso mínimo para garantizar la credibilidad científica de un trabajo académico. Por otra parte, están quienes defienden una posición desde la ingeniería, donde se argumenta que en lugar de emular las prácticas de biólogos o físicos, se debería aprovechar la experticia y naturaleza de la ingeniería más bien, concentrándose en diseños que resuelvan problemas del mundo y no del laboratorio.

En términos de enseñanza-aprendizaje, esta dicotomía ha sido una preocupación constante. Estudiantes y docentes se enfrentan a esta aparente división entre cursos o actividades “muy teóricos” o “muy prácticos” sin saber muy bien dónde se encuentra el equilibrio entre las dos aproximaciones. En consecuencia, como en el caso que relata este artículo, se han venido realizando esfuerzos orientados justamente a lograr este equilibrio. Una de las corrientes más fuertes desde el punto de vista de investigación, que complementa modelos como CDIO orientados a la enseñanza, es la ciencia del diseño, o investigación científica centrada en el diseño (Hevner & Chatterjee, 2010). En nuestro caso no se trata solamente de una filosofía de enseñanza, sino de una aproximación a la investigación en ingeniería, donde investigación, diseño y solución de problemas vienen a ser equivalentes, en concordancia con la tradición propuesta por Herbert Simon (Simon 1996). La ventaja de articular este enfoque de investigación con las prácticas de enseñanza-aprendizaje es cambiar en general la filosofía de trabajo académico en ingeniería, haciendo notar que a diferencia de las ciencias naturales que estudian el mundo como es, las ciencias “de lo artificial”, como las llama Simon, se ocupan de transformar el mundo a través del diseño-solución de problemas.

En resumen, se pretende buscar ese objetivo, ya reconocido e impulsado con iniciativas como CDIO, de aprender haciendo o aprender mediante la solución de problemas. Esta aproximación para la enseñanza no solo tiende a estimular a los estudiantes sino que además ha demostrado su efectividad en la apropiación de los elementos de la base de conocimiento. En lugar de estudiarlos de manera pura o aislada, se estudian en la medida en que son aplicados, resultando en un aprendizaje exteriorizado, en lugar de interiorizado, lo cual permite una absorción más natural, así como una aprehensión más material y crítica de lo teórico. Adicionalmente, esta integración entre las apuestas de CDIO y la ciencia del diseño es una manera efectiva de integrar las actividades de docencia e investigación que resulta en empoderamiento de los estudiantes y

en mayor pertenencia y capacidad de asesoramiento por parte de los docentes. Más en general, el impacto se logra mediante la solución de problemas, aumentando la pertinencia y visibilidad de la ingeniería académica, a la vez que se incorpora un valor agregado (a diferencia de la práctica ingenieril no académica) en la forma de contribuciones teóricas útiles para la comunidad científica y profesional.

#### **4. Plataforma de Investigación, Innovación y Emprendimiento**

El uso de la plataforma Qumes se realiza en forma de talleres y proyectos enmarcados en un área de impacto de las que han sido caracterizadas en la Plataforma de Investigación, Innovación y Emprendimiento PI2E, desarrollada en la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. Durante el año 2012, esta Facultad desarrollo un ejercicio de prospección y planeación a largo plazo. Como resultado de este proceso se definió un marco estratégico orientado a propender por incrementar el impacto de la Facultad en la sociedad enmarcado en el referente del desarrollo humano sostenible. A partir de este marco se definieron apuestas, objetivos y metas estratégicas de largo y mediano plazo. Como mecanismo para avanzar hacia estas metas se plantearon y comenzaron a ejecutar once proyectos; los objetivos específicos de estos proyectos buscan generar procesos de transformación de las estructuras, prácticas y perspectiva de trabajo de los miembros de la Facultad.

En este marco de desarrollo, el proyecto PI2E tiene un papel muy importante y comenzó a ejecutarse desde el mismo 2012. El objetivo del proyecto es diseñar e implementar procesos sistemáticos y permanentes, en materia de investigación, innovación y emprendimiento, dentro de la FI para contribuir con un mayor impacto en los modelos de desarrollo económico y social que se configuran en los ámbitos local, regional y nacional. Los cuatro componentes principales que se están desarrollando son: el fortalecimiento de un marco de colaboración, para la cultura inventiva, innovadora y emprendedora; el montaje de un observatorio que soporte la toma de decisiones estratégicas; el diseño e implementación de un sistema de generación de conocimiento; y el diseño y puesta en operación un modelo de transferencia tecnológica y emprendimiento. Estos desarrollos se están realizando con el apoyo del ITESM-Guadalajara con financiación de un proyecto de Colciencias.

A partir de un análisis basado en referentes internacionales se ha construido un modelo que permite orientar en forma estratégica el trabajo tanto de investigación, innovación y emprendimiento, como el desarrollo de los programas de pregrado y posgrado que se ofrecen. Teniendo en cuenta que la meta es incrementar el impacto, no solo se han analizado y generado estrategias de articulación entre los grupos de investigación a través de sus líneas, sino que también se han identificado y caracterizado las áreas con mayor potencial de impacto. Estas áreas de impacto incluyen: salud, medio ambiente, seguridad civil, educación, organización corporativa, agricultura, infraestructura, energía, desarrollo social. Las áreas proporcionan un marco claro de problemáticas en las cuáles los desarrollos de ingeniería tienen un alto potencial de generar bienestar en la sociedad. Por tal motivo, sirven como marco para focalizar y aglutinar el trabajo colaborativo al interior de la Facultad y en relación con aliados estratégicos externos, tanto en la misma Universidad como fuera de ella.

En primera instancia la plataforma PI2E se centra en proveer un marco para la articulación y focalización de los grupos de investigación. Sin embargo, el alcance es más amplio, debido a que estos mismos efectos de articulación y focalización deben aplicarse también a los programas y las prácticas pedagógicas. En efecto, aplicando la visión integrada del marco CDIO en conjunción con el paradigma de la ciencia del diseño se están diseñando prácticas de enseñanza-aprendizaje innovadoras. El modelo generado en la plataforma PI2E

ha permitido que la relevancia, según la perspectiva de la ciencia del diseño, tenga un marco de referencia. Los estudiantes no sólo desarrollan proyectos aplicando los preceptos del aprendizaje activo, sino que también los problemas a resolver se relacionan con las realidades asociadas a las áreas de impacto PI2E. La experiencia Quemes, reportada en este artículo, es un ejemplo que ilustra cómo se puede aplicar en forma exitosa esta metodología innovadora de enseñanza en ingeniería.

## 5. Plataforma QUEMES - LAURA

Hay muchas definiciones para el concepto de “Educar en Tecnología”, sin embargo, todas ellas apuntan a la siguiente: proporcionar a niños y jóvenes las herramientas necesarias para aplicar el conocimiento científico en la creación de soluciones a problemas cotidianos y la satisfacción de necesidades en su entorno. Tradicionalmente educar en tecnología es mal entendida como educación técnica, en la que el tópico principal es “hacer” en oposición a educación en tecnología donde el punto principal es “saber-hacer”, partiendo de la teoría hacia la construcción de un conocimiento aplicado que permita la solución de problemas cotidianos a través de dispositivos, sistemas o procesos (Rozo 1996).

En el marco del proyecto Agentes Cooperativos, financiado por Colciencias y liderado por la Universidad Javeriana con participación de la Universidad de los Andes y Maloka, se diseñó la plataforma Quemes para educación en tecnología basada en robots cooperativos aplicando el paradigma de los sistemas multiagente (González 2012). Quemes es una plataforma de robótica cooperativa, compuesta por hardware, software y material didáctico (figura 1). La herramienta se basa en una interfaz gráfica, sobre la cual los estudiantes pueden definir un conjunto de tareas a ser desarrolladas por los agentes robóticos de manera cooperativa, en base a un contexto de aplicación real y delimitado por un espacio de trabajo que simula una ciudad. La ciudad es representada como una grilla con calles y carreras. El contexto específico del problema a resolver es seleccionado por los participantes, de acuerdo a sus intereses y lectura particular de la realidad; por ejemplo, si la problemática se enmarca en el área de impacto PI2E de salud, el problema podría consistir en diseñar mecanismos para la atención de emergencias en la ciudad, en este contexto los robots se asimilan a vehículos de atención de emergencias que deben trabajar en forma coordinada. Para la utilización de Quemes a nivel escolar, este ha sido el caso de aplicación que ha sido desarrollado. A partir de este contexto se desarrolló el material de apoyo para docentes y estudiantes. A nivel universitario, este caso es usado sólo como un ejemplo introductorio; en los cursos de programación de la universidad, los grupos de trabajo de estudiantes deben identificar y caracterizar un problema diferente cada uno.

La gran ventaja de la robótica en la educación es que genera motivación y fascinación en los estudiantes, convirtiéndose en una herramienta que conjuga lo lúdico con lo técnico. Esta conjugación facilita los procesos de enseñanza – aprendizaje a través del “aprender jugando”. En particular, Quemes no es sólo una herramienta robótica, sino una de robótica cooperativa, que desarrolla habilidades de comunicación y cooperación en los estudiantes. La metodología propuesta para el desarrollo de las actividades está fundamentada en la solución sinérgica de problemas basados en contextos cotidianos. El enfoque principal es que los estudiantes aprendan a “saber-hacer”, a entender las variables que modelan un problema y a diseñar la solución como una secuencia de pasos ordenados.



Figura 1: Elementos de la plataforma Quemes: arriba, software, abajo Robot sobre la grilla, izquierda, portada de la cartilla para entorno escolar.

## 6. Modelo Pedagógico de Aplicación de QUEMES

Inicialmente el modelo pedagógico de Quemes se basó en la metodología “Motivación para la Creación” (MpC) (Franco y Pérez 2005). Este modelo se desarrolló para escenarios de educación no formal y fue extendido para ser aplicado con estudiantes de bachillerato, en escenarios formales de educación. La metodología propone que una actividad de enseñanza de tecnología se puede realizar en tres momentos: motivación, creación y reflexión. Durante la motivación se exploran los referentes cotidianos de los participantes a través de preguntas provocadoras. La creación es el momento en el que los participantes dimensionan el problema, lo formulan, exploran posibilidades de solución, diseñan planes y los ponen en marcha. La reflexión es el momento final en el que se recoge lo vivido en la actividad y se hace un análisis de la transformación o el fortalecimiento de los referentes del participante desde lo cotidiano, lo conceptual y la práctica desarrollada.

Desde de 2012 se ha desarrollado una estrategia para integrar la metodología CDIO a una actividad típica de Quemes, e implementarla como herramienta de apoyo a la clase de Pensamiento Algorítmico de primeros semestres de ingeniería. Como resultado se diseñó una actividad prototipo de utilización de Quemes en el aula, resaltando cada uno de los momentos MpC, y de los *outcomes* del syllabus CDIO relacionados con estos momentos. Los resultados se presentan en la tabla 1. A lo largo del primer semestre de 2013 se realizaron pruebas piloto con un grupo de 20 estudiantes de Pensamiento Algorítmico con participación de estudiantes de ingeniería electrónica, civil e industrial. Las pruebas consistieron en desarrollar el proyecto de la asignatura haciendo uso de la herramienta Quemes. Para esta experiencia cada grupo de trabajo seleccionó un contexto de aplicación, en el que se evidenciara la necesidad de realizar trabajo cooperativo, y basado en el desplazamiento de diferentes tipos de “vehículos” sobre la grilla que simula la ciudad. La diversidad de proyectos seleccionados fue amplia, mostrando el interés que se despierta en los estudiantes el pensar en problemáticas que hacen parte de su realidad. Es destacable que se logró una apropiación

práctica del conocimiento, desde el desarrollo de una visión colaborativa para la solución de los problemas. En la figura 2 se muestran los resultados de las preguntas clave realizadas a los estudiantes como parte del proceso de sistematización y evaluación de la experiencia.

MpC	Componente – MpC	Learning Outcomes - CDIO	Actividades
Motivación	Exploración de referentes	Desarrollo del pensamiento crítico (Habilidades personales y profesionales).	Planteamiento de los posibles problemas. Indagación directa a través de preguntas detonantes o actividades prácticas para pensar en la cotidianidad y en referencias tecnológicas.
	Reflexión sobre referentes	Desarrollo de habilidades de comunicación (Habilidades interpersonales). Concebir el problema.	Discusión, debate, recolección de referentes. Concepción y formulación del problema.
Creación	Dimensionar el problema	Conocimiento técnico.	Generar un marco de referencia conceptual. Información de referencia y fundamentos conceptuales para acercarse al problema y sus posibles soluciones.
	Planear, a través de lineamientos	Trabajo en equipo (Habilidades interpersonales).  Diseño de la solución.	Diseño de la solución a través de diagramas de bloques, diagramas de flujo, pseudocódigo, esquemas, entre otros de la(s) posible(s) solución(es). Definición del equipo de trabajo, los roles y las tareas de cada rol, estudiante o grupo de estudiantes, al interior del grupo.
	Aplicar lo planeado	Trabajo en equipo (Habilidades interpersonales).  Implementar la solución.	Seguir el concepto de diseño, construyendo funciones para desarrollar tareas por bloques; registrar el proceso de creación, ensamblar los bloques, partes, o funciones; probar, comprobar y realimentar el proceso.
	Cierre	Operar la solución.  Desarrollo de habilidades personales y profesionales.	Sintetizar el proceso de creación a través de esquemas, diagramas o tablas que recojan lo sucedido.
Reflexión	Articular	Desarrollo de habilidades de comunicación (Habilidades interpersonales).  Análisis de resultados (Desarrollo de habilidades personales y profesionales).	Retomar las preguntas iniciales, recoger la experiencia. En este punto se hace un análisis de la experiencia y se analizan los referentes iniciales.
	Sacar conclusiones	Desarrollo de habilidades de comunicación (Habilidades interpersonales).  Análisis de resultados (Desarrollo de habilidades personales y profesionales).	Comparar resultados, realimentar la experiencia. Los diferentes grupos de trabajo comparten su experiencia en el desarrollo de la solución al problema.

Tabla 1: Integración del modelo Motivación para la Creación con el marco CDIO.

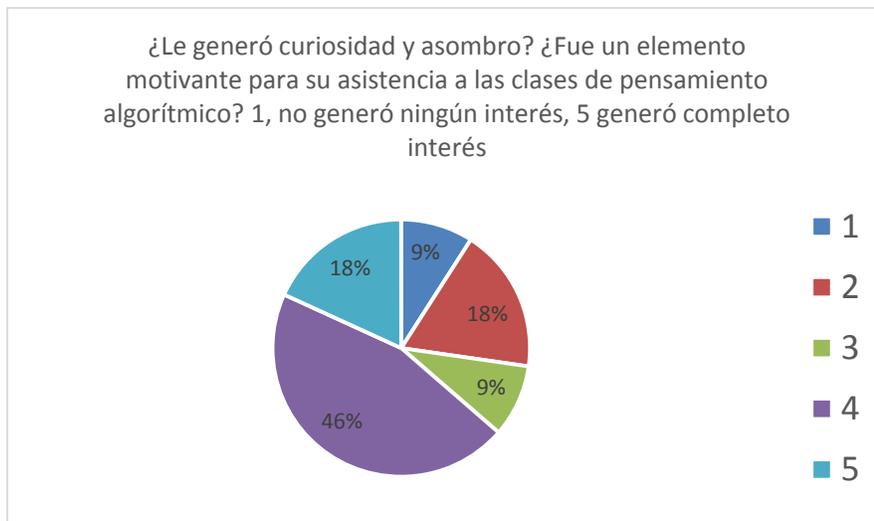


Figura 2a: Resultados evaluación prueba piloto en curso Pensamiento Algorítmico.

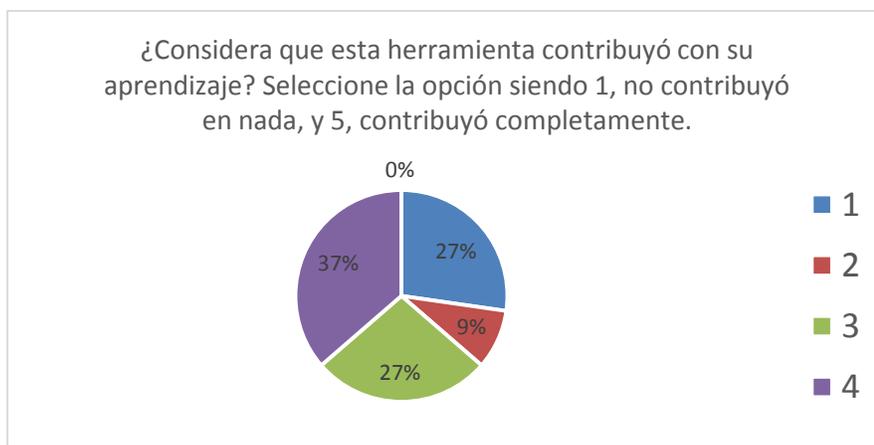


Figura 2b: Resultados evaluación prueba piloto en curso Pensamiento Algorítmico.

## 7. Conclusiones y Discusión Final

En este artículo se presenta una experiencia piloto innovadora de formación en ingeniería soportada por el uso de la plataforma de robótica cooperativa Quemes. Esta experiencia está enmarcada por un modelo pedagógico que integra la perspectiva CDIO con el paradigma de la ciencia del diseño. Para la contextualización de los problemas de los proyectos realizados por los estudiantes se utiliza el modelo de focalización basado en áreas de impacto generado por la plataforma PI2E. La articulación de este marco con la novedad del componente de cooperación de la plataforma hace de este caso una propuesta realmente original.

Para la implementación del piloto, primero fue necesario conjugar el modelo base de Motivación para la Creación con las competencias de CDIO, para así lograr diseñar una actividad prototipo de aplicación en el

aula. Los resultados obtenidos en la primera experiencia piloto con participación de estudiantes de varias áreas de la ingeniería son prometedores. Al analizar las gráficas de la figura 2, se puede observar que para el 64% de los estudiantes la experiencia fue motivadora y contribuyó al aprendizaje. Al finalizar el semestre se realizará una evaluación más exhaustiva. La sistematización realizada hasta el momento permite concluir que se requiere refinar el esquema de integración del uso de la plataforma con los módulos en Iso que se desarrolla el curso. De igual forma, se requiere complementar las herramientas actuales para lograr una mayor transparencia entre el modelo de programación orientada a eventos de Quemes y las herramientas de programación tradicional. Estos aspectos ya están siendo analizados con miras a realizar ajustes que permitan mejorar los resultados en la segunda prueba piloto que se desarrollará en el próximo semestre.

## Referencias

- Barker Bradley; Ansorge John (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of Research on Technology in Education*, Vol. 39 Issue 3, p229-243.
- Benbasat, I., & Zmud, R. W. (1999). Empirical Research in Information Systems: The Practice of Relevance. *MIS Quarterly*, 23(1), 3-16.
- Crawley E., Malmqvist J., Ostlund S., Brodeur D. (2007). Rethinking Engineering Education The CDIO Approach, Springer, pp 131-133.
- Crawley, E., Malmqvist J., Lucas W., Brodeur D. (2011). The CDIO Syllabus v2.0 An Updated Statement of Goals for Engineering Education. *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*, Technical University of Denmark, Copenhagen.
- Denning P. J., Comer D. E., Gries D., Mulder M. C., Tucker A., Turner A. J., Young P. R. (1989). Computing as a Discipline. *Communications of the ACM*, 32(1), 9–23.
- Franco Manuel, Becerra Laura, Roldan Fabián, Buitrago Sergio, Bustacara Cesar, González Enrique (2010). QUEMES: Technology Education based on Cooperative Robots”. *Proceedings AAMAS-MEIE 2010*, International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, Toronto-Canada.
- Franco Manuel, Pérez Tania (2005). Motivación para la Creación. Corporación Maloka, Bogotá.
- González Enrique (2013). Robótica Cooperativa. Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Rozo A. (1996). La Educación en Tecnología una Alternativa. *Educación en Tecnología No. 01*, Universidad Pedagógica y Nacional de Colombia, Bogotá.
- Simon H.A. (1996). *The Sciences of the Artificial*, 3rd ed. MIT Press.
- Worldwide CDIO Initiative (2013, Mayo). Official Syllabus. <http://www.cdio.org/knowledge-library/cdio-syllabus>.

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)