

# ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DE APRENDIZAJES EN INGENIERÍA BASADO EN ROBÓTICA EDUCATIVA Y COMPETITIVA: CASO UNIVERSITARIA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, UDI

Sergio Andrés Zabala-Vargas<sup>1</sup>, John Albert Pérez-López<sup>2</sup>, Henry Fernando Rodríguez-Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Docente investigador. Líder del Grupo de Investigación en Robótica, Control y Procesamiento de Señales. Correo electrónico: sergiozabala@udi.edu.co.*

<sup>2</sup> *Docente investigador del Grupo de Investigación en Robótica, Control y Procesamiento de Señales Dirección de Investigaciones, Universitaria de Investigación y Desarrollo, Colombia*

**Recibido:** 8 de septiembre del 2013. **Aprobado:** 10 de noviembre del 2013.

**Cómo citar este artículo:** S. A. Zabala-Vargas, J. A. Pérez-López y H. F. Rodríguez-Hernández, "Estrategia para el desarrollo de aprendizajes en ingeniería basado en robótica educativa y competitiva: caso Universitaria de Investigación y Desarrollo, UDI". *Ingeniería Solidaria*, Vol. 9, No. 16, pp. 153-159, Dic., 2013.

**Resumen.** En el marco del desarrollo de competencias propias y transversales de ingeniería, se han venido implementado durante décadas metodologías, herramientas, estrategias y experimentos para su consolidación en los estudiantes de grados finales de la media vocacional y en los primeros semestres de las universidades. Dentro de esta noción se presenta el actual proyecto, el cual desarrolla una experiencia piloto de incorporación de las TIC en el currículo, generando una clara estrategia de innovación para la formación. Esto establecido en el entorno de colegios públicos y privados en el área metropolitana de Bucaramanga, así como en la realidad de los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI). Para lograr un proceso de implementación viable y coherente con las aptitudes y actitudes de los estudiantes, así como los requerimientos académicos y del entorno productivo de estos, se ha recurrido a la robótica, y más específicamente a la competitiva, para estimular competencias propias de modelado, diseño e implementación de productos. Este trabajo ha permitido recurrir a una estrategia integradora donde los estudiantes realizan diferentes fases propias de proyectos de ingeniería: 1. analizar el reto dispuesto, 2. el diseño mecánico de un dispositivo, generalmente móvil, 3. la etapa electrónica, tanto de control como de manipulación directa de actuadores; con estos elementos es posible generar 4. un prototipo competitivo, que se pueda validar para realimentar información y plantear estrategias de mejoramiento continuo.

**Palabras clave:** competencias en tecnología, educación basada en proyectos, robótica, transferencia.

## STRATEGY FOR ENGINEERING LEARNING BASED ON EDUCATIONAL AND COMPETITIVE ROBOTICS: UNIVERSITY RESEARCH AND DEVELOPMENT CASE STUDY, UDI

**Abstract.** In the context of developing engineering skills across the full spectrum of the discipline, methodologies, tools, strategies and experiments have been implemented over the years to consolidate these skills in students finishing in the final stages of their secondary vocational education or in the first years of their university studies. The project in this paper is presented against this background, and consists of the development of a pilot program to incorporate information and communication technology (ICT) into the curriculum, resulting in a clear strategy of innovation for education. It was established in public and private secondary schools in the metropolitan area of Bucaramanga, and for electrical engineering students at the Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI). To create an implementation process that was viable and suited to the skills and attitudes of the students—as well as academic requirements and their productive environment—robotics, and specifically competitive robotics, have been used to stimulate modeling, design and product implementation skills. This work has allowed the incorporation of an integrating strategy in which students carry out different stages of engineering projects: 1. Analysis of the challenge set, 2. The mechanical design of a device, generally moving, 3. The electronic stage, including control and direct manipulation of actuators; with these elements it is possible to create 4. A competitive prototype that can be validated to provide feedback data and propose strategies of continuous improvement.

**Keywords:** technological skills, project-based education, robotics, transfer.

## ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE APRENDIZAGENS EM ENGENHARIA BASEADO EM ROBÓTICA EDUCATIVA E COMPETITIVA: CASO UNIVERSITÁRIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (UDI)

**Resumo.** No marco do desenvolvimento de competências próprias e transversais de engenharia, vêm sendo implementadas durante décadas metodologias, ferramentas, estratégias e experimentos para sua consolidação nos estudantes dos últimos anos da média vocacional e nos primeiros semestres das universidades. Dentro desse contexto, apresenta-se o atual projeto, o qual desenvolve uma experiência piloto de incorporação das TIC no currículo, o que gera uma clara estratégia de inovação para a formação. Isso estabelecido no ambiente de colégios públicos e particulares na área metropolitana de Bucaramanga, bem como na realidade dos estudantes de Engenharia Eletrônica da Universitária de Pesquisa e Desenvolvimento (UDI). Para atingir um processo de implantação viável e coerente com as aptidões e atitudes dos estudantes, bem como com os requerimentos acadêmicos e do ambiente produtivo destes, recorreu-se à robótica, e mais especificamente à competitiva, para estimular competências próprias de modelado, desenho e implantação de produtos. Este trabalho permitiu recorrer a uma estratégia integradora na qual os estudantes realizam diferentes fases próprias de projetos de engenharia: 1) analisam o desafio proposto; 2) o desenho mecânico de um dispositivo, geralmente móvel; 3) a etapa eletrônica, tanto de controle quanto de manipulação direta de atuadores; com esses elementos, é possível gerar 4) um protótipo competitivo, que se possa validar para realimentar informação e propor estratégias de melhoramento contínuo.

**Palavras-chave:** competências em tecnologia, educação baseada em projetos, robótica, transferência.

## 1. Introducción

En el contexto nacional, desde hace varios años, la robótica se ha venido posicionando como una de las líneas de trabajo tecnológico de mayor difusión, ya que esta ha permitido la automatización de procesos industriales, el reemplazo por parte de robots de tareas riesgosas o difíciles para el hombre y como estrategia de entretenimiento y diversión. Estas actividades se propenden principalmente desde la académica tanto en colegios como en universidades; entidades privadas como las responsables de eventos tan destacados como *Campus Party* [1], que reúne a más de 4.000 personas anualmente en torno a temas tecnológicos; espacios gubernamentales como el Ministerio de las TIC, entre otros.

En este sentido, la Universitaria de Investigación y Desarrollo, a través de la Dirección de Investigaciones y el grupo de Investigación en Robótica, Control y Procesamiento de Señales GPS, de Ingeniería Electrónica, ha venido incursionando en la incorporación de la robótica en procesos industriales, sistemas lúdicos para publicidad y sistemas de seguridad (alianza con la empresa Bionix Ltda), incursión y apoyo a los procesos de aula y de divulgación de la carrera de Ingeniería Electrónica (Club de Robótica) y la participación en eventos de robótica móvil y educativa a escala nacional. Este proceso se ha venido realizando desde el 2008 de forma ininterrumpida y con una estrategia de constante mejoramiento.

Para entrar más en detalle en el aspecto de la robótica móvil y competitiva, cabe resaltar que existe una serie de eventos, generalmente organizados por las universidades o grupos de investigación, los cuales buscan la integración de los diferentes equipos de robótica, permitiendo generar un espíritu competitivo, para la consecución del mejoramiento continuo y la generación de alianzas efectivas con impacto real en la sociedad. La Universitaria de Investigación y Desarrollo se ha convertido en líder nacional en esta temática, tanto en la participación activa como en la organización de eventos de alto impacto a la comunidad involucrada.

Coherente con lo anterior, el trabajo se ha estructurado de la siguiente forma: en primera instancia, una descripción general de los objetivos del proyecto de incorporación de la robótica en el aula, tanto a nivel de pregrado como en el proyecto de Club de Robótica en colegios de la región; la segunda etapa mostrará la metodología utilizada en estos procesos de formación e incorporación de competencias, destacando que elementos se han convertido en relevantes para la sos-

tenibilidad del proyecto. Por último, se listan algunas experiencias exitosas que evidencian la pertinencia entre el trabajo realizado y los logros obtenidos por estudiantes y egresados de la UDI en el campo de la robótica, para, finalmente, esbozar el panorama y las metas hacia el 2015 en esta temática.

## 2. Objetivos generales de la propuesta

Como objetivo general es posible describir el proyecto de Robótica Educativa y Competitiva de la UDI como una estrategia a largo plazo para el fortalecimiento en la formación por competencias de los Ingenieros Electrónicos de la institución. Con esto se busca generar habilidades, conocimientos y capacidad en torno a áreas específicas como la electrónica, la matemática, la instrumentación, la mecánica y la programación de dispositivos embebidos.

Consecuencia de esta experiencia exitosa en pregrado —cuyas evidencias serán presentadas en la sección 5 de este trabajo—, se generaron también lineamientos de trabajo para el denominado Club de Robótica UDI, el cual se lleva a cabo desde el 2012, en promedio en 15 colegios, públicos y privados, del área metropolitana de Bucaramanga. Con esto se pretende mejorar la articulación entre colegio y universidad, así como las competencias investigativas y procedimentales de los estudiantes.

## 3. Descripción general de la metodología del proyecto

### 3.1. Caso Semillero de Robótica Universitaria-Zion

La iniciativa de estimular la formación de competencias a través del desarrollo de actividades en robótica para los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la UDI surge de actividad de clase, específicamente del curso académico de Robótica, el cual se encuentra en la parte final del currículo del programa indicado. La intención de los docentes a cargo fue inicialmente lograr llevar a la práctica, a través de robótica móvil y de competencias, las nociones matemáticas, electrónicas y mecánicas que se estudian en dicha asignatura.

Es así como en el primer semestre del 2008 se da inicio a los denominados Concursos de Robótica UDI,



**Figura 1.** Encuentros de robótica 2008-2009 / Inicios de la experiencia

Fuente: los autores

iniciativa interna de clase donde el docente establece un reto al inicio del curso, el cual es resuelto durante las 16 semanas lectivas en el que, en espacio público y con la participación de comunidad, se “concurará” por el reconocimiento y ponderación cuantitativa en la asignatura. En la figura 1 se presentan evidencias de esas actividades. La consecuencia directa de este proceso fue el interés de estudiantes y docentes por fortalecer la participación en el evento, así como el inicio de la institucionalización del mismo por parte de la UDI, que comprendió que la actividad se convertiría en una buena estrategia de divulgación del programa, además de la consecuente formación de sus estudiantes y las capacidades de sus egresados.

Posterior a esto, se formaliza que el Semillero Zion, del programa de Ingeniería Electrónica, deter-

mine como su principal línea de trabajo el área de robótica, e inicie las labores del mismo con estudiantes de todos los niveles del programa.

La metodología propuesta en este aspecto se lleva a cabo con la determinación de una estructura en varias categorías o niveles de formación, en los cuales los docentes responsables del semillero (generalmente dos integrantes del programa) se responsabilizan del seguimiento y ejecución del mismo. Estas estrategias son soportadas también por profesionales adscritos al grupo de investigación, GPS y que hacen parte activa del Grupo de Robótica UDI, denominando así al equipo de expertos —estudiantes, egresados y profesionales— que representan a la institución en competencias regionales, nacionales e internacionales. Para mayor detalle ver figura 2.

Nivel 1: Estudiantes de primeros semestres (formación en competencias básicas de ingeniería, circuitos, electrónica, y herramientas matemáticas lúdicas).

Nivel 2: Estudiantes de semestres intermedios (formación en competencias específicas en circuitos digitales, sistemas embebidos y conceptos básicos de control de procesos).

Nivel 3: Estudiantes de últimos semestres (formación específica en robótica, comprensión del uso de sensores, procesamiento de señales).

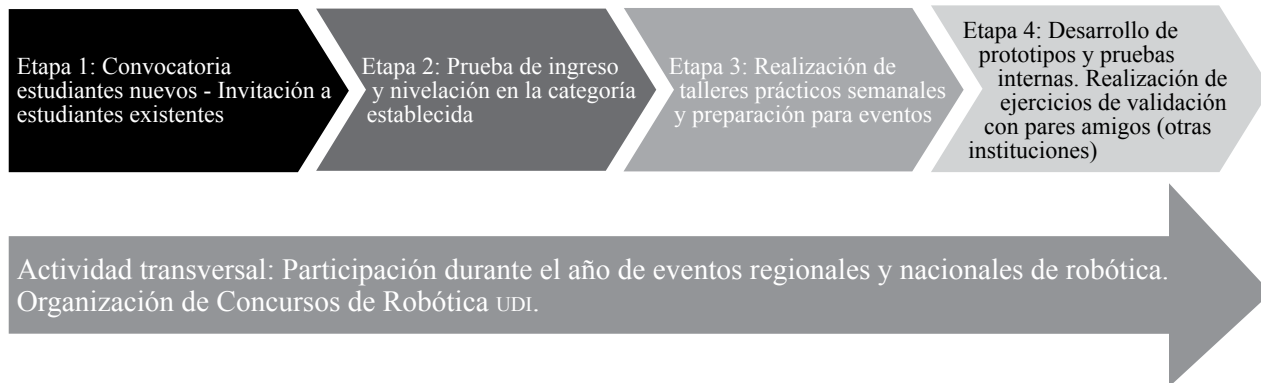
Grupo de Robótica UDI: Estudiantes, egresados y profesionales que hacen parte del equipo de competencia oficial de la UDI- Participación en eventos exentos.

**Figura 2.** Etapas de formación del Semillero de Robótica Zion

Fuente: los autores

Finalmente, desde el punto de vista procedimental, se han determinado un conjunto de cuatro macroprocesos, los cuales son de ejecución iterativa, que se realizan cada semestre lectivo de la Universidad. El

detalle de estos procesos es presentado en la figura 3, donde se destaca como actividad transversal la participación y organización de eventos, con el apoyo de las directivas de la institución.



**Figura 3.** Macro procesos de formación del semillero de Robótica  
Fuente: los autores

Con este contexto, es posible visualizar el desarrollo de la experiencia en la institución y que, como consecuencia de la apertura de categorías en los eventos de robótica a colegios —comprendiendo que son actores fundamentales en el andamiaje de la investigación en Colombia—, se ha habilitado el Club de Robótica, el cual es una iniciativa que se describirá en la siguiente sección. Finalmente, se invita al lector a profundizar en temáticas propias de la aplicación de la robótica en espacios educacionales —tanto en el área de ingeniería como en otros campos del conocimiento—. Los referentes de estas temáticas son Vavassori [2], Alvarez [3] y Bers, Seddighin y Sullivan [4].

### 3.2. Caso Club de Robótica para Colegios

Datos recientes del proceso del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación de Santander (PECTI) evidencian cómo los estudios de vigilancia tecnológica y del entorno de las labores de I+D+i han encontrado que los colegios de la región son actores clave en la generación de progreso y desarrollo de la región [5]. Comprendiendo esta situación, desde hace más de dos años la UDI ha generado el proyecto denominado *Club de Robótica para Colegios*, el cual espera sea un complemento en la formación de los estudiantes, un estímulo para el desarrollo de la ciencia y la tecnología y un generador del mejoramiento de la calidad de vida de la región.

Este tipo de proyectos se presentan de forma complementaria y como un apoyo a iniciativas estatales

como el proyecto ONDAS [6] y a los esfuerzos que año tras año realizan redes como Redcolsi (Red Colombiana de Semilleros de Investigación) [7]. Los principales objetivos de la propuesta se resumen en:

- Generar talleres para los estudiantes de los colegios con el propósito de apoyar la creación o fortalecimiento de sus clubs de robótica, apoyando las instituciones desde sus docentes del área de tecnología y sus estudiantes, con el fortalecimiento de esta área tan importante para la formación integral.
- Capacitar y asesorar para este primer periodo académico de 2013 un número significativo de instituciones.
- Dar a conocer a los jóvenes el estado actual de la robótica en el mundo y su importancia para el desarrollo tecnológico de un país.
- Señalar la evolución de la tecnología robótica, su futuro y cómo se relaciona con la sociedad.
- Crear conciencia en la mente de los jóvenes para que sean los productores de nuevas tecnologías en nuestro país.

Para cada uno de estos se han generado los logros y competencias asociados, y se cuenta con el respaldo y participación —actual o anterior— de cerca de doce colegios de la región, entre los que se destacan los siguientes:

- Instituto Técnico Nacional de Comercio
- Instituto Técnico Rafael García Herreros
- Colegio INEM

- Colegio Gimnasio Campestre San Sebastián
- Andrés Páez de Sotomayor
- Colegio Santander
- Institución Educativa La Libertad
- Colegio Salesiano
- Instituto Dámaso Zapata “Tecnológico”
- Instituto La Medalla Milagrosa
- Colegio La Presentación
- Colegio José Antonio Galán (Charalá)

Este trabajo ha exigido seguimiento semanal en las instituciones, por lo cual se cuenta con un profesional de tiempo completo —formado en el proceso del Grupo de Robótica— quien desarrolla los talleres, prepara a los estudiantes y brinda apoyo a las asignaturas propias de tecnología en los colegios mencionados. La figura 4 evidencia la participación activa de los estudiantes y el compromiso de las instituciones listadas en el proceso.



**Figura 4.** Evidencias de actividades Club de Robótica 2012-2013

Fuente: los autores

#### 4. Breve descripción de los logros alcanzados en el proyecto (2009-2012)

En esta sección se evidencian los principales logros del Grupo de Robótica UDI, que muestra la participación

activa, tanto en eventos externos como en la organización interna de los mismos. Estos logros son relacionados en la tabla 1, en la que se expone la participación activa en compromisos regionales y nacionales.

**Tabla 1.** Principales logros y reconocimientos del Grupo de Robótica UDI-Semillero Zion

Entidad	Reconocimiento	Año
Unisangil	Primer puesto en la participación del Robot Sumo 3kg	2009
Universidad de Pamplona	Segundo puesto en la participación del Robot Sumo 3kg	2009
Redcolsi	xii Encuentro Nacional y VI Internacional de Semilleros de Investigación- Distinción Meritoria	2009
Universidad Cidca	Segundo lugar en la categoría de Sumo y Nanosumo.	2010
Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI)	Primer puesto categoría seguidor de línea, segundo puesto en Megasumo, Minisumo y categoría de constructores.	2010
Futura Networks-Campus Party	Primer puesto: Recicla y Construye.	2010
Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI)	Primer puesto Categoría Mini sumo, seguidor de línea y robot más fuerte. Segundo lugar robot laberinto y robot de Sumo	2011
Universidad Santo Tomás Bucaramanga	Primer puesto Seguidor de Línea básico, seguidor de línea avanzado, robots de categoría sumo 3 kg y minisumo de 500 g	2012
Universidad de Pamplona	Primer puesto y Segundo puesto Seguidor de Línea, Primer puesto Categoría Sumo 3 Kg	2012

Fuente: los autores

En la figura 5 se presentan evidencias de las participaciones del Grupo de Robótica UDI en diferentes eventos y concursos reconocidos.

Finalmente, se destaca en la trayectoria de organización de eventos que se cuenta en el haber del grupo con:

- Cuatro concursos de robótica internos-Comunidad UDI (2008-2009)
- Tres concursos nacionales (2010-2011).
- Un concurso internacional con la participación de delegaciones de México, Perú, Costa Rica, España y Ecuador (2012).



**Figura 5.** Evidencias de participación del equipo udi a nivel regional y nacional

Fuente: los autores

## 6. Conclusiones

- La robótica educativa y de competencias se ha convertido en un campo de la Ingeniería Electrónica que cada día gana más adeptos, sobre todo en la población infantil y juvenil, siendo entonces cada día más competitivos e incorporando instituciones de educación media y superior en esta temática.
- La experiencia para la Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI) en este tipo de participación ha sido altamente positiva, permitiendo que la institución se posicione y sea reconocida a nivel nacional en el área de la Ingeniería Electrónica; esto es complemento de la mejora en la formación de sus estudiantes y de la calidad de los egresados que se enfrentan a un medio cada vez más competitivo.
- La mezcla entre el trabajo desde el Grupo de Investigación GPS, el trabajo operativo y de desarrollo del Grupo de Robótica, la gestión y administración del proceso de la Dirección de Investigaciones y el apoyo de las directivas ha permitido obtener resultados muy positivos, lo que hace que sea una generación indirecta de reconocimiento y prestigio para la UDI.
- El abordar la experiencia desde el Club de Robótica con colegios de la región ha sido un reto constante, para mantener la dinámica y motivación de estudiantes y docentes en el mismo. Las principales estrategias se encuentran siempre ligadas a operar dentro de altos estándares de calidad, trabajo en temáticas innovadoras y la participación en concursos de sana competencia.
- Se ha podido evidenciar que el desarrollo de experiencias en el área de robótica han permitido que los

estudiantes participantes mejoren, en un porcentaje considerable, los resultados en sus cursos académicos. Es importante destacar que se ha logrado que estudiantes que se encuentran en cursos académicos de los primeros semestres avancen en temáticas de niveles superiores, siendo una ventaja competitiva para estos en el momento de llevar a cabo los cursos específicos.

## Referencias

- [1] Campus Party, “Robótica”, Jun., 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.campus-party.com.co/2013/robotica.html>
- [2] F. Vavassori, “Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review”. *Computer & Education*, pp. 978-988, 2012.
- [3] I. Alvarez, “VEX Robotics: STEM Program and Robotics Competition Expansion into Europe”. *Research and Education in Robotics*, pp. 10-16, 2011.
- [4] M. Bers, S. Seddighin y A. Sullivan, “Ready for Robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education”. *Journal of Technology and Teacher Education*, Vol. 21, No. 3, pp. 145-174, Jul., 2013.
- [5] PEDCTI, *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Departamento de Santander - fase 1 diagnóstico*, May., 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.pedctisantander.co/images/sampled/PEdCTI/documentacion/presentaciones/Diagn%C3%B3stico%20del%20SRCTI%20de%20Santander.pdf>
- [6] Colciencias, *Programa Ondas*, Feb., 2012. [En línea]. Disponible en: [http://www.colciencias.gov.co/programa\\_estrategia/programa-ondas](http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/programa-ondas)
- [7] Red Colombiana de Semilleros de Investigación (Redcolsi), *Fundación Redcolsi-Fomentando la formación Investigativa*, Feb., 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.fundacionredcolsi.org/>