



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

GENERACIÓN DE AMBIENTES DE APRENDIZAJE INTERDISCIPLINARIOS CON ROBÓTICA EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE BAJOS RECURSOS ECONÓMICOS

Carlos Alberto Parra, Flor Ángela Bravo, Luisa Fernanda García

Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia

Resumen

En este artículo se presenta una propuesta para la generación de ambientes de aprendizaje interdisciplinarios con robótica en instituciones educativas de bajos recursos económicos, dado a partir de diversas experiencias en instituciones educativas en Colombia, donde se ha trabajado en la generación de ambientes de aprendizaje interdisciplinarios con robótica, explorando diversas opciones para implementar la robótica en el aula de clase de una forma económica, sin la necesidad de tener conocimientos avanzados en programación, electrónica y mecánica.

Palabras clave: robótica educativa; ambientes de aprendizaje; herramientas de robótica para el aula de clase

Abstract

In this paper, we present a proposal for the creation of interdisciplinary learning environments using the robotics. In Colombia, we are working with low-income primary and lower secondary education institutions to discover some options to take in account the robotics in the classroom using cheap tools and open tools. In this proposal, it is not necessary an advanced knowledge in software, electronics or mechanics.

Keywords: educational robotics; learning spaces; robotics tools for the classroom

1. Introducción

Es importante ofrecer a niños y jóvenes la posibilidad de entrar en contacto con nuevas tecnologías, preparándolos para comprender y responder de manera eficiente a los entornos dinámicos del mundo actual, respondiendo así a los avances tecnológicos. La introducción de nuevas tecnologías en el aula de clase permite que los niños y niñas desarrollen nuevas ideas y conceptos sobre la realidad tecnológica.

Una opción para acercar a los estudiantes a la ciencia y la tecnología en el aula de clase es el uso de la robótica. La robótica integra a través de un robot diversas áreas del conocimiento tales como electrónica, mecánica, computación y matemáticas, entre otras disciplinas. En consecuencia, el uso de un prototipo robótico en el aula de clase permite a los profesores explicar una variedad de temas de una manera divertida y motivadora para el estudiante.

La robótica educativa es la disciplina que se encarga de concebir y desarrollar prototipos robóticos y programas especializados con fines pedagógicos (Ruiz-Velasco, 2007). Uno de los principales objetivos de la robótica educativa, es la generación de ambientes de aprendizaje interdisciplinarios. Un ambiente de aprendizaje permite activar procesos cognitivos y sociales que propician un aprendizaje significativo en el estudiante y las destrezas necesarias para desempeñarse adecuadamente en el contexto diverso y complejo que requiere la sociedad (Acuña, 2006). Los ambientes de aprendizaje son espacios ideales para el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes, disciplinares y no disciplinares, personales e interpersonales, algunas tan importantes como la socialización, trabajo en equipo, la creatividad, innovación y la iniciativa, esenciales para que el estudiante se desenvuelva eficientemente en los entornos cambiantes del mundo actual.

Los beneficios del uso de la robótica como una herramienta de aprendizaje son ampliamente reportados en la literatura (Jiménez, 2010), (Ekong, 2009), (Gage, et al., 2003). Por otra parte, se encuentran experiencias en el uso de la robótica haciendo uso de herramientas comerciales. Sin embargo, adquirir este tipo de herramientas comerciales implica una inversión económica por parte del centro educativo y no todos cuentan con estos recursos.

Este artículo presenta diferentes opciones que tienen los centros educativos de bajos recursos económicos para implementar proyectos de robótica educativa en el aula de clase, a partir de diversas experiencias en centros educativos en Colombia, donde se ha trabajado en la generación de ambientes de aprendizaje interdisciplinarios con robótica. También se explora las diferentes herramientas de robótica que se consiguen en el mercado y se presentan las dificultades que se han detectado al momento de llevarlas al aula de clase. Además se presentan una serie de recomendaciones para la implementación exitosa de proyectos de robótica educativa. Finalizando con conclusiones.

2. Proyectos de robótica educativa

Existe el paradigma de que la robótica es una actividad extracurricular; los colegios crean clubes o talleres de robótica para un grupo limitado de estudiantes, o intentan involucrar proyectos de robótica en clase de tecnología pero sin articularla con las demás asignaturas del plan de estudios de primaria y secundaria, desaprovechando así las posibilidades integradoras y motivacionales que trae el uso de esta tecnología en el aula de clase (Bravo, et al., 2012).

Es importante que los colegios tomen conciencia de las ventajas y beneficios que trae el uso de la robótica en el aula de clase como un elemento facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes y permitan que los estudiantes se acerquen a la robótica a través de proyectos de robótica educativa en las diferentes asignaturas y no solo en la clase de tecnología.

Los proyectos de robótica educativa posicionan al estudiante en un rol activo y protagónico en su propio proceso de aprendizaje y facilita el desarrollo de procesos sociales, incrementando las habilidades para la

interacción social, comunicación oral y escrita, liderazgo, y solución de conflictos, entre otros. Los proyectos orientados a la solución de problemas o al estudio de casos permiten al estudiante percibir los problemas del mundo real, imaginar y formular las posibles soluciones y poner en marcha sus ideas, al mismo tiempo que va relacionando los conceptos vistos en clase.

3. Herramientas para implementar robótica en el aula de clase

Los proyectos de robótica educativa están generalmente soportados por una herramienta de hardware y/o software que permiten al estudiante construir, programar o simular diferentes prototipos robóticos.

En el mercado podemos encontrar kits de robótica que permiten construir y programar fácilmente robots. Se puede destacar los siguientes: LEGO Mindstorm, Vex Robotics, Tetrix Robotics, y Fischertechnik. Básicamente estas herramientas están conformadas por 4 componentes:

1. Conjunto de piezas que se pueden ensamblar para construir la estructura mecánica del robot.
2. Una variedad de sensores que permiten al robot interactuar con su entorno.
3. Motores o actuadores que permiten generar movimientos en el robot.
4. Un bloque que es el “cerebro” del robot.

También se puede conseguir en el mercado prototipos robóticos ya ensamblados que permiten a los estudiantes adquirir habilidades de programación a través de un software sencillo e intuitivo con el que controlarán el robot. Se puede destacar la marca Robotics que representa a los robots humanoides DARwIn-O, Bioloid y Parallax Robotics con los robots Scribbler, Boe-Bot y SumoBot.

Otra opción son las herramientas de software comerciales que permiten controlar y/o simular un prototipo robótico. Se pueden destacar los siguientes programas educacionales: NXT-G Educación, ROBOTC, ROBOLAB, Microsoft Robotics Developer Studio, RoboRealm, LabVIEW Robotics, MATLAB y Scratch.

Como ventaja de las herramientas de robótica comerciales, se destaca que son muy intuitivas y permiten construir y programar fácilmente el prototipo, sin necesidad de tener conocimientos avanzados en mecánica, electrónica y programación. Sin embargo adquirir este tipo de herramientas requiere una inversión económica.

El éxito de un proyecto de robótica depende del número de herramientas que disponga el centro educativo. Si son muy pocas los estudiantes se pueden dispersar y desmotivarse, perdiendo así el objetivo pedagógico de la actividad. Para evitar esta situación se recomienda asignar una herramienta a un grupo de 3 o 4 estudiantes, de modo que todos los estudiantes puedan interactuar con ellas. Entonces, para un grupo de 30 estudiantes se debe contar como mínimo con 10 herramientas. Pero adquirir este número de herramientas implica una gran inversión económica por parte del centro educativo y no todas las instituciones cuentan con el presupuesto necesario.

4. Opciones para implementar proyectos de robótica en centros educativos de bajos recursos económicos

Una alternativa que tienen los colegios de bajos recursos económicos para llevar la robótica al aula de clase es utilizar residuos electrónicos y materiales fungibles para la construcción de herramientas robóticas o de

prototipos robóticos. Hoy día una gran cantidad de aparatos electrónicos como televisores, teléfonos móviles, computadores, impresoras, cámaras fotográficas y electrodomésticos de todo tipo, ya no son utilizados por sus usuarios y se convierten en residuos electrónicos o chatarra electrónica. Sin embargo, estos residuos electrónicos son una gran fuente de materiales y componentes para construir prototipos robóticos. Por ejemplo, es posible aprovechar los motores de las unidades de CD-ROM, motores de las impresoras, componentes móviles del ratón, sensores, componentes electrónicos, baterías de celulares para construir prototipos robóticos. Con ello, se construyen robots propios con materiales reciclados y con residuos electrónicos.



Figura 1. Robot Beam desarrollado por estudiantes de la carrera en Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana como parte de su práctica social.

Se resalta que existe una clase de robots denominados como robots BEAM. Estos constituyen una gran alternativa para trabajar en el aula de clase por su sencillez y bajo costo. La mayoría de los robots BEAM utilizan una electrónica simple por lo que no se hace necesario tener conocimientos avanzados en electrónica y programación y se pueden construir de la reutilización de los componentes electrónicos. En la Figura se observa un robot BEAM construido con un panel solar y con un motor vibrador de celular. Este sencillo robot puede introducir el tema de fuentes de energía alternativa y ecología o tratar conceptos como energía, paneles solares, voltaje, motores, movimiento entre muchos más.

En Colombia, el programa Computadores para Educar del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones promueve una alternativa para la reutilización de los computadores usados, a través de la recepción en donación de equipos no útiles para las empresas, entidades públicas y ciudadanos, que se reacondicionan adecuadamente para beneficio de las instituciones públicas del país. Los computadores que no se pueden reacondicionar para su uso, se considera como desecho tecnológico y son desmantelados por el Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos (Cenare). En este sitio recuperan las partes eléctricas, mecánicas, electromecánicas y electrónicas de computadores y periféricos para convertirlas en insumos para construir robots en las escuelas públicas de Colombia (Programa de Robótica Educativa Ambiental del Ministerio de las TIC, por medio de Computadores para Educar).

Por otro lado, se puede hacer uso de materiales económicos o materiales fungibles para la construcción del robot. Por ejemplo, se puede usar la estructura de un carro de juguete y con una sencilla electrónica se pueden construir robots que evitan obstáculos, robots seguidores de línea o de luz o con el ventilador de un computador y cuatro marcadores se puede construir un sencillo robot dibujante (ver Figura).



Figura 2. Robot Dibujante y Carro Chocón. Robots desarrollado por estudiantes de la carrera en Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana como parte de su práctica social

Pero para desarrollar un proyecto exitoso de robótica educativa no es necesario contar con un prototipo robótico completo es de igual forma posible proponer un desarrollo con una parte funcional del robot. De manera general, los sistemas robóticos tienen una arquitectura basada en tres bloques funcionales que permiten al robot ejecutar una tarea. El primero de ellos se denomina el bloque de percepción, en este bloque se adquiere información del entorno utilizando sensores que permiten medir parámetros como: distancia, color, iluminación, temperatura, humedad entre otros. El segundo bloque es el bloque decisional, porque este con base en la medidas anteriores el robot decide que acción ejecutar. Finalmente, el tercer bloque es el bloque de acción donde a través de motores o mecanismos de actuación el robot ejecuta algún movimiento en el espacio físico. De acuerdo a lo anterior, se pueden proponer proyectos para el aula que estén enfocados solamente al trabajo de percepción, actuación y/o decisión. Por ejemplo, se pueden realizar actividades prácticas en la que se realice la captura de señales del ambiente a través de algún sensor y se tome alguna decisión de acuerdo a los valores medidos como encender un bombillo o mover un actuador.

Por otro lado, en el mercado se pueden conseguir tarjetas de desarrollo de bajo costo que permiten fácilmente controlar las partes de un robot. Por ejemplo, Arduino es una plataforma electrónica abierta que facilita el control el movimiento de diferentes actuadores y la captura de diversas variables del entorno como temperatura, humedad, presión, presencia, etc. Los entornos de programación gráfica para el Arduino como Scratch S4, Ardublock, Miniblock permiten a los niños y jóvenes elaborar programas para esta herramienta de una forma sencilla e intuitiva.

De igual manera están disponibles herramientas de software gratuitas para simular prototipos robóticos en el aula de clase o realizar animaciones de robots. Se destaca el programa Scratch, un entorno de programación gratuito que permite explorar y experimentar con los conceptos de programación mediante el uso de una sencilla y dinámica interfaz gráfica. Con Scratch los estudiantes pueden crear su propio robot y a través de una animación o un videojuego pueden darle vida. Otra herramienta gratuita en la que podemos diseñar nuestro prototipo robótico es Google SketchUp.

Por otro lado, es importante motivar a los estudiantes en espacios como el día de la ciencia o la clase de tecnología para que desarrollen proyectos relacionados con robótica. Estos proyectos pueden servir de insumos para los proyectos de robótica educativa. Algo común en los proyectos de los estudiantes de

secundaria es la construir con un brazo robótico con jeringas. Con esta herramienta se explican una variedad de temas como el principio de pascal, presión, movimiento, articulaciones entre muchos otros.

Los centros de educación superior pueden jugar un rol importante en la incorporación de nuevas tecnologías en el aula de clase. Por ejemplo estudiantes de programas de ingeniería electrónica pueden orientar sus trabajos en el desarrollo de herramientas pedagógicas con robótica o pueden desarrollar en sus asignaturas de diseño algún prototipo robótico que luego puede ser donado a un centro educativo de bajos recursos.

Como caso particular, en la carrera de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana, cada semestre, un grupo de estudiantes en práctica social, dedican sus esfuerzos a diseñar actividades prácticas con robótica, a capacitar profesores en el uso de herramientas de robótica y dar apoyo a instituciones educativas en el uso de herramientas tecnológicas en el aula de clase.

5. Implementación de proyectos de robótica educativa

En esta sección se discuten los puntos claves que se deben tener en cuenta al momento de implementar proyectos de robótica en el aula de clase. También se hace referencia a las dificultades detectadas en las experiencias con los colegios y se plantean posibles soluciones.

Claves para tener éxito en la implementación de proyectos de robótica educativa.

Para que la implementación de un proyecto de robótica sea exitosa se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

A. Herramienta de robótica

Es importante contar con las suficientes herramientas, prototipos robóticos o herramientas de software que permita a todos los estudiantes interactuar con ellas y evitar así que se dispersen.

Una dificultad que se ha detectado al momento de implementar proyectos de robótica en el aula de clase está relacionada con la administración del material. Los profesores manifiestan su temor de usar piezas tan costosas y que se descompletan las fichas, cuando se hace uso de kits comerciales. Generalmente ellos tienen que responder económicamente por este material. En este caso se recomienda que entreguen a los estudiantes el robot ya construido o entreguen únicamente las piezas que se necesitan, para armar el prototipo robótico y que al final del proceso se entregue el robot armado.

Por otro lado, el manejo del material es otro obstáculo que se presenta al momento de llevar estas herramientas al aula de clase. La mayoría de profesores tienen el paradigma de que este tipo de herramientas de robótica deben ser manipuladas por personas expertas en robótica y programación. Es importante que los centros educativos capaciten a sus profesores en el manejo de las herramientas de robótica.

B. Diseño de las actividades prácticas con robótica:

Un proyecto de robótica educativa debe:

- Tener objetivo pedagógico bien definido, debe estar relacionado de manera clara con los contenidos de la materia y mostrar al estudiante que los resultados que arroja el proyecto le permiten apropiarse del conocimiento.
- Estar orientado a la solución de problemas o estudio de caso.
- Debe promover el trabajo en grupo. Una de las premisas del uso de la robótica en el aula es que se debe llevar a cabo un proceso de aprendizaje colaborativo, la experiencia de cada uno de los miembros siempre enriquecerá el desarrollo del proyecto y la apropiación de conocimiento.
- Permitir que los estudiantes en el proceso de desarrollo del proyecto, generen espacios de discusión lúdicos que permitan divertirse en clase al mismo tiempo que aprenden y afianzan conceptos.
- Motivar al estudiante hacia la lectura de documentos que permitan una preparación previa del tema o hacia actividades que le generen preguntas que serán resueltas cuando lleve a cabo el proyecto.

De manera general, se recomienda realizar una prueba piloto de la actividad, intentando comprender los alcances del proyecto a realizar. Porque puede darse el caso que la actividad planteada no sea tan fácil de desarrollar y cause frustración o desmotivación al estudiante. Por otra parte, la prueba aumenta la confianza del profesor que coordinará el desarrollo de la clase. Sin embargo esto último plantea desafíos hacia el sistema de educación que debe propender por generar espacios de aprendizaje para sus profesores.

En las experiencias que se han tenido en los colegios, los profesores han manifestado la dificultad que tienen en el diseño de las actividades prácticas con robótica. No ven claramente como relacionar el uso de este tipo de herramientas para explicar los temas de diferentes asignaturas del plan de estudio de primaria y secundaria. Actualmente se puede encontrar una variedad de portales en internet que proponen una variedad de proyectos con robótica para desarrollar en las diferentes asignaturas del plan de estudio de primaria y secundaria. Destacamos el portal de Mundo Robótica y el Portal del Programa de Robótica Educativa Ambiental del Ministerio de las TIC.

C. Instalaciones

Los espacios para llevar a cabo este tipo de actividades es recomendable que sean amplios, flexibles y que favorezcan el trabajo colaborativo. Es deseable que contengan conexión a internet. Que contengan mesas amplias sobre las que se pueda hacer ensamble, corte, construcción y programación de los sistemas que se desarrollen.

6. Conclusiones

La presencia de la robótica en el aula de clase, ofrece a niños y jóvenes la posibilidad de entrar en contacto con las nuevas tecnologías. El uso de la robótica como una herramienta de aprendizaje permite la generación de interesantes ambientes de aprendizaje interdisciplinarios que convierten el aula de clase en un espacio para experimentar y explorar, donde la robótica como facilitador del proceso despierta el interés de los estudiantes por los temas teóricos; ya que el profesor puede desarrollar de forma práctica y didáctica aquellos conceptos que suelen ser abstractos y confusos, aplicándolos en un elemento innovador y atractivo.

A partir de las teorías del constructivismo y la pedagogía activa; se plantea la robótica como herramienta tecnológica para desarrollar actividades en ambientes de aprendizaje interdisciplinarios, creando las experiencias para el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes.

Para generar los ambientes de aprendizaje con Robótica, es necesario analizar los recursos disponibles e integrarlos con las herramientas de robótica, adquirir diferentes herramientas de software y hardware para la construcción de prototipos, reestructurar las prácticas pedagógicas existentes; y diseñar e implementar actividades prácticas utilizando los recursos, herramientas y las prácticas pedagógicas analizadas y adquiridas previamente.

Un proyecto de robótica educativa está ligado a una herramienta de robótica. En el mercado podemos conseguir una variedad de alternativas para implementar la robótica en el aula de clase sin embargo se requiere una inversión económica que no todos los centros educativos están en capacidad de asumir. Pero esto no debe ser impedimento, existe una variedad de alternativas de bajo costo que permiten llevar la robótica a las instituciones de bajos recursos económicos. Por ejemplo se puede construir robots con materiales reciclados y con residuos electrónicos, se puede alterar juguetes y construir nuestros propios robots. También podemos adquirir plataformas de electrónica de bajo costo como la tarjeta Arduino y realizar una variedad de proyectos. Otra opción es usar herramientas de software gratuitas como Scratch y Google SketchUp. Los centros educativos también pueden establecer relaciones con instituciones de educación superior para recibir apoyo de estudiantes de áreas relacionadas con ingeniería de electrónica. Este apoyo puede ser en capacitaciones, asesorías y donativos.

7. Referencias

- Acuña, A. (2006). *Projects for educational robotics: engines for the innovation. Current Developments in Technology- Assisted Education* pp.951-956.
- Bravo F., Guzmán F. (2012) *La Robótica como un Recurso para Facilitar el Aprendizaje y Desarrollo Competencias Generales*. Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, ISSN-e 1138-9737, Vol. 13, N°. 2, 2012 (Ejemplar dedicado a: Robótica educativa), págs. 120-136
- Ekong, D.U. (2009). *Resources for Using Robotics to Inspire Interest in Engineering*, Proceedings of the IEEE SoutheastCon. Page(s): 273- 277
- Gage, A., and Murphy, R.R., (2003). *Principles and Experiences in using LEGOS to Teach Behavioral Robotics*, Proceedings of the 33rd Annual ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2003), Boulder, CO, November 5-8, 2003, pp. F4E-23 - F4E-28.
- Jiménez, J. A., Ramírez, J. F. (2010). *Robótica Educativa. Estrategias Activas en Ingeniería*. Editorial Universidad Nacional de Colombia, ISBN: 978-958-719-453-1
- Ruiz-Velasco, E. (2007) *Educatrónica. Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Ediciones Díaz de Santos S.A. (Madrid, España).

Sobre los autores

- **Flor Ángela Bravo:** Ingeniera Electrónica, Maestra en Ingeniería Electrónica. Profesora de cátedra, bravof@javeriana.edu.co
- **Luisa Fernanda García:** Ingeniera Electrónica, Maestra en Ingeniería Electrónica. Profesora de cátedra, luisa.garcía@javeriana.edu.co
- **Carlos Alberto Parra:** Ingeniero Electrónico, Maestro en Ingeniería Eléctrica. Doctor de la Universidad de Paul Sabatier de Toulouse-Francia, carlos.parra@javeriana.edu.co

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)