

# *La robótica como herramienta para la educación en ciencias e ingeniería*

**Juan J. González E., Ing.; Jovani A. Jiménez B., PhD.**

Grupo de investigación: Inteligencia Artificial en Educación  
Escuela de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Minas  
Universidad Nacional de Colombia  
Medellín -Colombia  
{jjgonzaleze, jajimen1}@unal.edu.co

**Resumen:** En años recientes la robótica ha tenido aplicaciones en campos tan diversos y críticos como la medicina, la exploración planetaria y submarina, automatización de procesos industriales, seguridad, entretenimiento, entre otros. Uno de los aportes de mayor impacto se ha dado en la educación, donde los robots al integrarse al grupo de estudiantes y tutores, propician el aprendizaje y el fortalecimiento de habilidades cognitivas. En el presente artículo se ilustra algunos de los alcances más representativos en esta materia y se enmarca dentro de ellos el kit educativo *TEAC<sup>2</sup>H-RI* (Technology, Engineering And sCience eduCation through Human-Robot Interaction), el cual fue desarrollado por el Grupo de Investigación Inteligencia Artificial en Educación de la Universidad Nacional de Colombia. Este tiene características de modularidad, bajo costo y cooperativismo. Adicionalmente, es abierto a cambios tanto en el software como en el hardware.

**Palabras clave:** Computación y Sociedad, Robótica Educativa, Aprendizaje, Creatividad, Diseño.

**Abstract:** In recent years robotics had been implemented in many diverse and critical fields such as medicine, planetary and underwater explorations, automation of industrial processes, security, and entertainment, among others. One of the contributions of greatest impact is in the education field, where the robots when are integrated to a group of students and tutors facilitate the learning and the strengthening of cognitive skills. In this article is described some of the most important approaches in this topic and among of them is presented the educational kit *TEAC<sup>2</sup>H-RI* (Technology, Engineering And sCience eduCation through Human-Robot Interaction), which was developed by the Research Group Artificial Intelligence in Education of the National University of Colombia. The characteristics of this kit are the modularity, low cost and cooperativism. Additionally, it is open not only for software changes but also for hardware changes.

**Key words:** Computers and Society, Educational Robotics, Learning, Creativity, Design.

## **1. Introducción**

Los retos a los que actualmente se ve enfrentado el mundo son tan críticos que amenazan la supervivencia del ser humano. Algunos de estos son: calentamiento global, efecto invernadero, epidemias, pandemias, escasez de

recursos naturales, superpoblación, contaminación, desempleo, entre otros. Para poder afrontarlos adecuadamente se requiere que el modelo actual de educación evolucione e incorpore nuevos métodos que fortalezcan ampliamente las habilidades de diseño, investigación, creatividad, trabajo en grupo, entre otras; y

adicionalmente facilite el aprendizaje de conceptos teóricos. En los países desarrollados una de las soluciones aportadas se basa en la interacción Humano-Robot [1].

Aunque este método se ha difundido ampliamente en los países desarrollados, en las economías emergentes, que son las más necesitadas de estas soluciones, ha sido más tímido y ha dependido en gran manera de los productos disponibles comercialmente en los países desarrollados. Por ello se requiere de soluciones creadas al interior de estas naciones que se ajusten a su realidad [2].

El resto del artículo se divide así: en la siguiente sección se expone algunos de los principales aportes en robótica educativa. En la sección tres se explica la metodología propuesta. Para finalmente en la sección cuatro presentar las conclusiones y trabajo futuro.

## 2. Robótica Educativa

En el proceso evolutivo de la educación uno de los momentos más importantes se dio en el siglo XIX cuando diferentes acercamientos proponen el cambio del paradigma de educación pasiva que hasta ese entonces regía. En ese modelo hay dos papeles, el pasivo y el activo, que se asignan al estudiante y al profesor, respectivamente. Allí, se toma al conocimiento como un fluido que se transfiere desde su fuente (profesor) hasta su destino (aprendiz) [3].

Años después, en el siglo XX, dos de los principales logros fueron la teoría constructivista del psicólogo suizo Jean Piaget y la pedagogía del construccionismo desarrollada por el matemático sudafricano Seymour Papert. El primero afirma que el conocimiento no se transmite sino que se construye, es decir, se crea activamente en la mente del aprendiz [4]. El construccionismo también afirma lo mismo, pero que además, es necesario para alcanzar esto que el individuo construya algo tangible, un elemento fuera de su mente, que además tenga un significado personal para él [3]. Ésta última pedagogía fue en la que se basa muchos de los principales desarrollos en robótica educativa.

Algunos de los productos de robótica educativa más relevante son LEGO Minstorms, Fischertechnik, Logo [5], Pioneer, K-Team, IroRobot y Handy Board [6, 7]. El primero es uno de los productos de robótica

educativa más reconocido. Uno de sus productos más interesantes es el Humanoide Rex que tiene sensores de distancia, sonoros y táctiles para el sistema de percepción, servomotores para el movimiento y el bloque central NXT para el control. Adicionalmente, tiene un parlante que le permite hablar. El comportamiento del robot se programa en el Mindstorms NXT software, y mediante un enlace de Bluetooth o vía USB el programa se carga en el bloque NXT [8].

También de gran relevancia son los kits de Fischertechnik, con características técnicas y de flexibilidad superiores a las de LEGO [9], pero con una menor difusión, debido a su alto costo con respecto a los kits LEGO Mindstorms. Son usados para enseñar conceptos básicos de sensorica, sistemas robóticos multi-agente y simulaciones de sistemas industriales a pequeña escala. Uno de sus principales productos es Robo Explorer, que en su sistema de percepción tiene sensores ultrasónicos para la medición de distancia, sensor de color, un sensor infrarrojo de camino, un resistor NTC y una fotorresistencia. Su sistema motriz está a cargo de dos motores y ruedas tipo oruga. También vienen con este kit la interfaz ROBO, y el software de programación ROBOPRO [9].

Los otros kits mencionados aunque también son importantes en el ámbito académico, investigativo e industrial tienen una menor difusión y se obvian en este artículo sus detalles.

## 3. Metodología Propuesta

Los kits de robótica educativa exhibidos anteriormente son creados por compañías en países desarrollados con niveles y condiciones de vida diferentes a los de las economías emergentes. Por lo cual su implementación en uno de estos últimos, solo comprendería una transferencia de tecnología que no brinda el mismo éxito si se hiciera una lectura del entorno y se desarrollara un producto acorde a sus necesidades, recursos y características [2].

En el campo técnico, las dos debilidades más comunes de estos kits son el número de piezas definido y las ecuaciones de comportamiento de los sensores que componen el sistema de percepción de

los robots, las cuales son estáticas e inmodificables por el usuario [10]. Estos dos factores truncan inadecuadamente el conocimiento obtenido y además el fortalecimiento de las habilidades creativas y de diseño, debido a que predisponen la mente del aprendiz a los diseños que debe realizar.

El proyecto Robótica Educativa: Maquinas Inteligentes en Educación del grupo de investigación Inteligencia Artificial en Educación de la Universidad Nacional de Colombia, mediante el desarrollo del sistema multi-agente robótico *TEAC<sup>2</sup>H-RI* (*Technology, Engineering And sCience eduCation through Human-Robot Interaction*) abordó las problemáticas arriba mencionadas. Este proyecto se enfoca en su primera fase para la población estudiantil de los grados 10 y 11 de bachillerato de la ciudad de Medellín. Se tomó un rango de edad comprendido entre 14 y 17 años, puesto que es cuando el individuo descubre sus intereses y se crean sus modelos de aprendizaje [10]. Aunque se aclara que la creatividad no se limita a un rango de edades sino que se debe fomentar en toda fase del desarrollo humano [11].

*TEAC<sup>2</sup>H-RI* está compuesto de cuatro agentes robóticos; tres hijos y una madre. Es un sistema híbrido ya que tiene características distribuidas y centralizadas. Es distribuido porque los robots hijos, que tienen comportamientos de navegación similares a los de su madre, pueden interactuar entre ellos y desarrollar labores autónomamente. Es centralizado porque el robot madre puede desempeñar la labor de guía del grupo. En la Figura 1 se puede ver dos robots del kit interactuando.

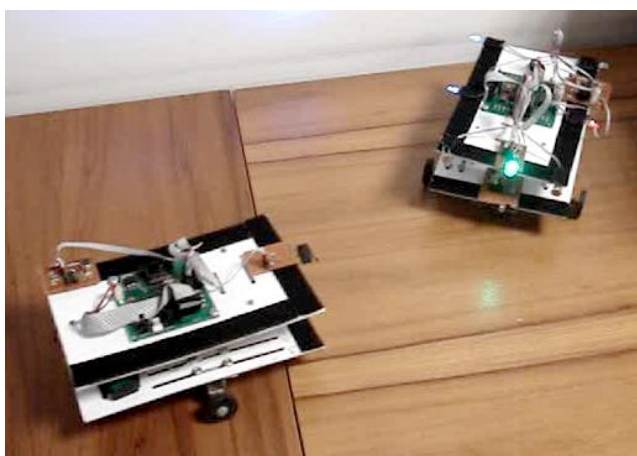


Figura 1. Robots interactuando

Las características del sistema multi-agente tienen como objetivo fortalecer el cooperativismo, al promover que cada integrante del grupo trabaje en función de los otros, pero a su vez que cada grupo actúe en función de los otros grupos.

Cinco diferentes sensores componen el sistema de percepción de los agentes robóticos. Sobre estos sensores se puede experimentar y modificar las ecuaciones que los rigen [10]. Los sensores usados pueden ser para evasión de obstáculos o seguidores de línea basados en infrarrojos, de luminosidad basados en fotorresistencias, de contacto basados en *switches*, sonoros activados por aplausos.

El diseño del chasis, el cual puede ser armado o desarmado, es ideal para la experimentación y comprensión de importantes conceptos fisicomatemáticos. Es más robusto que los kits comerciales, ya que su desarrollo está basado en piezas fáciles de conseguir en el mercado nacional, que en caso de pérdida o daño se pueden reemplazar a un bajo precio.

Otra importante aplicación del kit *TEAC<sup>2</sup>H-RI* se encuentra en la enseñanza y validación de algoritmos. En la primera fase de implementación de este proyecto se usará el lenguaje de programación CodeWarrior de la compañía Metrowerks, el cual se encuentra soportado en C. Sin embargo, se está considerando desarrollar un algoritmo de uso más sencillo para el usuario que no requiera conocimiento en C para la interacción con el kit y que además brinde una introducción al mundo de la programación.

Cuando se realizan los talleres se entrega un libro guía de aprendizaje. El libro contiene los temas de física, matemática, electrónica, algoritmos e inteligencia artificial que serán abordados por medio de los robots. Éste es uno de los puntos de mayor cuidado, porque demanda que el desarrollo del material tenga un lenguaje, conceptos y ejemplos adecuados, que capten la atención de los aprendices por el tema. [5]

#### 4. Resultados

Algunos de los temas abordados y los resultados más importantes a resaltar en una primera sesión con un grupo de estudiantes se presentan en la tabla 1. Los

estudiantes atendiendo al tutor en medio de la sesión con los kits se pueden ver en la figura 2. En la figura 3 se presenta uno de ellos en el proceso de ensamble de los robots.

**Tabla 1.** Resultados del primer grupo en su interacción con el kit

Actividad	Resultado
Se presentan los robots del kit.	Los estudiantes se encuentran interesados por sus características
Robot madre explora su entorno.	Los estudiantes hacen algunas preguntas con respecto al algoritmo y procesamiento de información
Interacción de los estudiantes con el sensor infrarrojo	Los estudiantes comprenden que dependiendo del color del obstáculo este podrá ser detectado o no
Los estudiantes modifican los parámetros del sensor infrarrojo	Los estudiantes comprenden el efecto del cambio de resistencia en un circuito.
Los estudiantes modifican la configuración mecánica del robot	Se comprende y fortalece con el kit conceptos de física como el centro de masa
Los estudiantes arman en grupo el robot madre	Los estudiantes ponen a prueba sus destrezas en la manipulación de herramientas.
Se hace un conversatorio final sobre la experiencia con el kit	Los estudiantes logran asociar algunas características del robot con termino propios de sus áreas de conocimiento



**Figura 2.** Primer de grupo de estudiantes que trabajan con el kit

En una siguiente sesión se presentaron a otro grupo de estudiantes los robots, los resultados fueron muy similares.

Uno de los logros implícitos que los jóvenes han conseguido en el momento de armar los robots son aquellos asociados a competencias cívicas, democráticas, artísticas, cooperativas y colaborativas. Estos logros no habían sido programados desde el inicio, sino que se convirtieron en valor agregado.

Al finalizar el taller se socializaron los resultados. En esta etapa estuvo presente el profesor de los jóvenes. Durante el taller, el profesor participo como observador.



**Figura 3.** Miembro del primer grupo en el proceso de armado del robot.

El profesor indicó que este tipo de aprendizaje es más desestresante para los estudiantes, dado que la única

asignatura que se sale un poco del contexto de clase magistral es educación física, recreación y deportes. Dijo además que, los estudiantes se mostraron entusiasmados experimentando durante la realización de los talleres. También se mostraron interesados en la manera como se fusionaron diversas asignaturas mediante el proyecto innovador de la construcción de los robots, durante la realización de los talleres.

## 5. Conclusiones y Trabajo Futuro

El costo de producción es de aproximadamente \$65US por robot lo cual es relativamente bajo con respecto a las opciones presentes en el mercado.

Contrario a lo que se pensó en un inicio, los kits no solo presentan una oportunidad para ser implementados en estudiantes de bachillerato sino también en estudiantes de niveles de pregrado y aun posgrado con el propósito de aumentar su interés por la investigación en robótica. Esto permitiría el fortalecimiento de grupos de investigación en estas temáticas.

El uso de robots para educación construidos al interior de Colombia se adaptan mejor a la realidad de la región, que los que son importados de países desarrollados, por consiguiente se hace necesario que la universidad, el sector privado y el gobierno unan esfuerzos para crear nuevas alternativas autóctonas que fortalezcan habilidades creativas, de aprendizaje, diseño y cooperativas, entre los aprendices.

La herramienta tecnológica, TEAC2H-RI en este caso, no debe ser vista como la panacea a los problemas de la educación en Colombia, sino que se hace necesario el trabajo conjunto Estado-Colegio-Universidad-Empresa para la evolución adecuada hacia un nuevo modelo educativo, en el cual el docente tendrá un mayor compromiso y esfuerzo, pero a su vez obtendrá mejores resultados en los aprendices.

## 6. Agradecimientos.

El trabajo descrito en este artículo hace parte del proyecto de investigación “Robótica Educativa: Maquinas Inteligentes en Educación” auspiciado por

la Dirección de Investigación (DIME) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

## Referencias

- [1] T. Fong, I. Nourbakhsh, and K. Dautenhahn, A survey of socially interactive robots. En: *Robotics and autonomous systems* vol. 42, no. 3–4, pp. 143–166 (2003).
- [2] UN millennium project Innovation: applying knowledge in development. Task force on science, technology, and innovation (2005).
- [3] Papert S. A Critique of technocentrism in thinking about the school of the future. 1990 M.I.T. Media Lab Epistemology and Learning Memo No. 2 (1990).
- [4] Piaget, J. Inhelder, B. *La psychologie de L'enfant*. Paris. P.U.F. (1966).
- [5] Chiou A. Teaching Technology using educational robotics. En: *Scholarly Inquiry in Flexible Science Teaching and Learning Symposium*. pp. 10–14. (2004).
- [6] Anderson M., Thaete L, Wiegand N. Player/Stage: A unifying paradigm to improve robotics education delivery. En: *RSS Workshop on Research on Robotics in Education* (2007).
- [7] Martin F. *Robotic explorations. A hands-on introduction to engineering*. New Jersey Prentice Hall (2001).
- [8] LEGO Mindstorms: Disponible en: [http://mindstorms.lego.com/Overview/MTR\\_AlphaRex.aspx](http://mindstorms.lego.com/Overview/MTR_AlphaRex.aspx). Fecha de acceso: octubre de 2009.
- [9] Fischertechnik. Disponible en: <http://www.fischertechnik.com.mx/fischertechnik.htm>. Fecha de acceso: octubre de 2009.
- [10] Zuckerman O., Resnick M. *System blocks: a physical interface for system dynamics learning*. MIT Media Laboratory. (2003).
- [11] Jiménez, J., Ovalle, D., Ramírez, J. *Robótica educativa: estrategias activas en ingeniería*. En: cap. 1: *La universidad*. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Colombia: Unibiblos (2010).