

IMPLEMENTACIÓN DEL KIT ROBÓTICO TEAC²H-RI EN LA EDUCACIÓN Y LA INVESTIGACIÓN.

Juan José González España¹ Ing., Jovani Alberto Jiménez Builes² Ph. D.,
John William Branch Bedoya³ Ph. D.

¹Ingeniero Electronico, estudiante de maestría en ingeniería de sistemas; Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Carrera 80 No 65-223, Medellín – Colombia

^{2,3} Profesor asociado Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 80 No 65-223, Medellín

^{1,2,3} Grupo de Investigación Inteligencia Artificial en Educación

{jgonzaleze, jajimen1, jwbranch}@unal.edu.co

RESUMEN

En los últimos años la enseñanza basada en un rol activo del aprendiz ha dado resultados prometedores, lo que ha llevado a un creciente interés por ésta. Como consecuencia numerosas investigaciones se han centrado en desarrollar los métodos y herramientas mediante los cuales el aprendiz puede participar activamente en su proceso de aprendizaje. Recientemente una de las alternativas que ha despertado gran interés dentro la comunidad académica es la robótica educativa. Sus aplicaciones abarcan un amplio espectro de los niveles formativos del individuo: desde el jardín infantil hasta los niveles avanzados de posgrado en la universidad. En el presente artículo se ilustran algunos de los principales acercamientos que se han hecho en esta temática y se enmarca dentro de ellos el enjambre robótico TEAC²H-RI (Technology, Engineering And sScience eduCation through Human-Robot Interaction). Éste se desarrolló en la Universidad Nacional de Colombia y es fruto de un trabajo interdisciplinar de Ingeniería de Sistemas, Control, Electrónica y Mecánica. TEAC²H-RI está diseñado para ser implementado en primera instancia, en el nivel de educación media del sistema educativo colombiano.

Palabras clave: TEAC²H-RI, Robótica Educativa, Interacción Hombre-Máquina, Aprendizaje Activo, Creatividad, Diseño.

Recibido: 30 de Noviembre de 2011. Aceptado: 22 de Diciembre de 2011

Received: November 30th, 2011. Accepted: December 22nd, 2011

IMPLEMENTATION OF THE ROBOTIC KIT TEAC²H-RI IN EDUCATION AND RESEARCH

ABSTRACT

In recent years the teaching based on an active role of the learner has given promising results, which has led to an increased interest in it. As a result of this, a plethora of researches have focused on developing methods and tools by which the learner can actively participate in his/her learning process. Recently, one of the alternatives which has sparked great interest within the academic community is educational robotics. Its applications cover a broad spectrum of the educational levels of the person, i.e., from kindergarten through advanced graduate levels at university. This article illustrates some of the main approaches to this research field and among them is mentioned the robotic swarm TEAC²H-RI (Technology, Engineering And sScience eduCation through Human-Robot Interaction). It was developed at the Universidad Nacional de Colombia and is the result of an interdisciplinary work of Computer Science and Control, Electronic and Mechanic Engineering. In the first stage, TEAC²H-RI is designed to be implemented in the medium educational level of the Colombian educational system.

Keywords: TEAC²H-RI, Educational Robotics, Human-Robot Interaction, Active Learning, Creativity, Design.

1. INTRODUCCIÓN

Los retos que actualmente enfrenta la humanidad (calentamiento global, efecto invernadero, epidemias, pandemias, escasez de recursos naturales, contaminación, entre otros) requieren de un paradigma educativo que fortalezca y desarrolle múltiples destrezas en los individuos. Aunado a esto, el modelo de mercado en el mundo actual requiere de profesionales que además del componente teórico, posean altas capacidades creativas, de innovación, investigación y desarrollo. Lo anteriormente expuesto demanda de un nuevo modelo educativo que incorpore estas necesidades. Conscientes de esto, algunos centros de investigación de los países desarrollados se han puesto en la tarea de aportar diversas soluciones, siendo una de ellas la interacción humano-robot. Los métodos basados en esta herramienta permiten explicar conceptos de electrónica, mecánica, matemática, informática entre otros; a la vez que fortalece la creatividad, el cooperativismo, el análisis y solución de problemas y el diseño. Sin embargo, el beneficio social de la interacción humano-robot no solo se encuentra en la educación sino también en otras áreas como la medicina. En esta última puede ser usada para el tratamiento de trastornos mentales como el autismo [1].

Dentro de las metodologías que se basan en la interacción humano-robot la robótica educativa es una de las opciones que provee de herramientas que cumplen con los nuevos objetivos de la educación. Sin embargo, esta es el producto de un largo proceso investigativo que se remonta al siglo XIX cuando diferentes acercamientos propusieron el cambio del paradigma de educación pasiva que hasta ese entonces regía. En ese modelo, que aun es usado por algunos educadores, hay dos papeles: el pasivo y el activo, que se le 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) [2].

Desde ese entonces hasta el tiempo actual, han sido diferentes los aportes en torno a esta temática. Dos de estos logros son: 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 [3]. La pedagogía del segundo

está muy influenciada por la teoría anterior, lo que se debe a la relación que hubo de alumno-profesor entre Papert y Piaget. El construccionismo también sostiene que el conocimiento se crea activamente en la mente del aprendiz. 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 [4].

Son estas teorías las que sustentan e inspiraron muchos de los productos de la robótica educativa. Algunos de ellos son: LEGO Minstorms, Logo, Fischertechnik [4], Pioneer, K-Team, IroRobot y Handy Board [5], [6], [7]. Los primeros tres no solo son usados en la educación sino también en juguetería. Por otro lado, los últimos cinco pueden ser implementados tanto en colegios y universidades (pregrado y posgrado) como en la industria. Tienen una relevancia importante en la enseñanza de computación, informática, sistemas y afines; porque permiten verificar algoritmos, comprender más profundamente algunos conceptos de programación, y fomentar el desarrollo de otras habilidades cognitivas [8].

De las opciones anteriormente presentadas LEGO Minstorms y Fischertechnik son los más ampliamente difundidos en el mundo. Lo anterior se debe a su relativo bajo costo con respecto a las otras opciones y los recursos didácticos que ofrecen. La filosofía de ambos es muy similar ya que constan de un gran número de bloques de construcción que al ser ensamblados permiten formar diversos prototipos. Uno de ellos es el RoboExplorer de Fischertechnik, el cual tiene sensores ultrasónicos para la medición de distancia, un sensor de color, un sensor infrarrojo de camino, un resistor NTC y una fotorresistencia. Sus movimientos están a cargo de dos motores y ruedas tipo oruga. También vienen con este kit la interfaz ROBO, y el software de programación ROBOPRO [9].

Estos kits han sido usados no solo en los países del primer mundo sino también en economías emergentes como Qatar y Ghana donde la Carnegie Mellon University en conjunto con las algunas instituciones de educación superior de estas regiones, desarrollaron un curso de robots autónomos teniendo como propósito el fortalecimiento de la creatividad y de los conceptos aprendidos por los alumnos en su pregrado de ingeniería informática. Una de las conclusiones

más importante de este trabajo fue que la interacción entre los grupos de trabajo para el cumplimiento de las metas asignadas dependía en gran medida de las condiciones culturales, lo cual debe ser tomado en cuenta al momento de diseñar un curso relacionado con estas temáticas [10].

En Latinoamérica un caso similar se presentó en Costa Rica donde el Massachusetts Institute of Technology (MIT) trabajó con una escuela ubicada en una zona rural de este país. La herramienta de robótica educativa usada fue el Mindstorms de Lego y el software fue el Yellow Brick Logo o RCX Logo. Los resultados obtenidos permitieron concluir que el uso de los robots en la educación primaria fortalece la creatividad, el aprendizaje, y la identificación y solución de problemas [11].

Aunque los kits anteriormente mencionados son uno de los instrumentos para cumplir de manera satisfactoria los objetivos que debe tener el nuevo modelo educativo; en las economías emergentes se logran mejores resultados al implementar tecnologías creadas al interior de ellas [12]. Adicionalmente, los costos de los primeros son considerablemente altos para los presupuestos de la mayoría de las instituciones educativas de estos países. Dos limitaciones técnicas de estos kits que es importante mencionar son el número de piezas determinado y las características inmodificables de las ecuaciones que rigen cada bloque de construcción. Esto tiende a predisponer la mente del aprendiz al desarrollo de ciertos prototipos y limita el aprendizaje de nuevos conceptos [13].

Debido a los problemas anteriormente expuestos se hace necesario hacer un estudio más profundo de la realidad latinoamericana y aportar una solución autóctona adaptada a las necesidades de la región [12]. Empero, en los países latinoamericanos este proceso ha sido mucho más tímido debido principalmente a sus cortos presupuestos económicos, la importancia que se le asigna a la investigación dentro de ese presupuesto, al retraso tecnológico, entre otras razones [12]. No obstante ésta es una de las regiones más necesitadas de individuos creativos e innovadores que puedan aportar soluciones a graves problemas que amenazan la supervivencia. A continuación en la sección dos, se presenta la metodología propuesta por el grupo de investigación Inteligencia Artificial en Educación, la cual es fruto del proyecto "Robótica Educativa: Máquinas Inteligentes en Educación" en donde las

problemáticas arriba mencionadas han sido solucionadas mediante el desarrollo del enjambre robótico TEAC²H-RI (Technology, Engineering And sCience eduCation through Human-Robot Interaction) el cual está enfocado para la población estudiantil de los grados décimo y once de secundaria del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Posteriormente, en la sección tres se presentan los resultados y finalmente en la sección cuatro se ilustran las conclusiones y el trabajo futuro.

2. METODOLOGÍA

La metodología implementada se basa en la herramienta tecnológica TEAC²H-RI (Technology, Engineering And sCience eduCation through Human-Robot Interaction) el cual está compuesto de cuatro robots, 3 robots hijos y un robot madre. Es un sistema híbrido dado 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 actuar de manera autónoma. Es centralizado porque el robot madre puede desempeñar la labor de guía del grupo [1].

Cada robot desempeña labores de navegación en entornos y evasión de obstáculos, pero solo la madre puede enviar o recibir información de y hacia un computador remoto, ya sea mediante un enlace de radio o un cable de datos. La navegación de los robots se puede realizar en modo de seguidor línea, mediante el uso del encapsulado QRB1114, o en modo de evasión de obstáculos mediante sensores infrarrojos o sensores de colisión. En la figura 1 se pueden ver algunas de las tareas que desempeñan los robots.

Este enjambre robótico es el usado en las sesiones de clase en los colegios. En estas sesiones los estudiantes se dividen en grupos a los cuales se les asigna un robot del kit. Cada grupo debe procurar que sus desarrollos tengan coherencia con la de los otros grupos. Esta estrategia de trabajo con el kit TEAC²H-RI propicia 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, con lo cual se pretende fortalecer las habilidades grupales y también las intergrupales, siendo este el modelo fundamental de empresa y en la

investigación. Una explicación más detallada se da a continuación: cada grupo de cuatro personas interactúa coherentemente para lograr el desempeño deseado del robot, pero además su interacción con los otros grupos debe ser adecuada para que el comportamiento global del sistema sea consistente. De esta manera se fortalece el cooperativismo entre individuos de un mismo grupo y adicionalmente las habilidades intergrupales o el intercooperativismo. Las etapas de la metodología implementada se detallan a continuación.

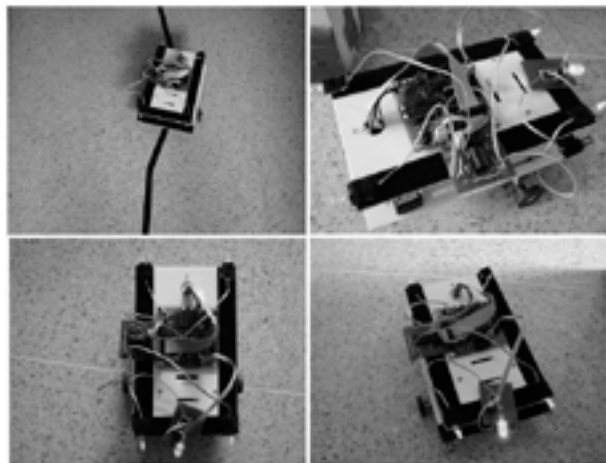


Fig. 1. Robot madre del kit TEAC²H-RI en modo seguidor de línea (parte superior izquierda) y buscando la fuente de mayor luminosidad en el entorno (las otras imágenes)

En la primera fase de la implementación de la metodología el grupo social a afectar son los estudiantes de los grados décimo y once del departamento de Antioquia. Por tanto, se seleccionan cinco instituciones y a cada una de ellas se les entrega un kit TEAC²H-RI junto con una guía de aprendizaje, es decir en total se entregan veinte robots y cuatro guías de aprendizaje.

Es de resaltar que no sólo se busca impactar zonas urbanas sino también rurales, pretendiendo con esto ampliar la cobertura del proyecto. Adicionalmente, el proyecto no sólo se enfoca en los alumnos sino también en los profesores, dado que estos últimos son los que tienen gran parte de responsabilidad en darle continuidad al proceso de cambio de paradigma educativo para llegar a uno donde el aprendiz tome parte activa de su proceso de aprendizaje. Este es uno de los objetivos que ha mantenido su validez durante todo el desarrollo e implementación del proyecto [14].

Una vez se ha seleccionado la institución a la que se le entregaran los kits, se procede a definir la fecha y lugar de las capacitaciones. A estas capacitaciones asistirán un grupo específico de estudiantes y profesores de la institución escogida, y además tres miembros del grupo de investigación que tendrán el rol de tutores del proceso.

Durante la sesión los tutores tienen como uno de sus primeros objetivos a cumplir el de cambiar en los estudiantes y profesores las premisas tecnofóbicas o negativas que puedan existir con respecto a la robótica [11] y adicionalmente fomentar el interés por las temáticas asociadas. Para esto pueden ayudarse de medios audiovisuales, mostrar el funcionamiento del kit e ilustrar algunos aspectos relevantes del mismo.

Posteriormente, los tutores propician y apoyan la interacción de los estudiantes con los robots. En este caso las actividades de los tutores siguen estando enfocadas en aumentar el interés de los estudiantes por la robótica, lo que tiene como propósito que esta área tome un significado especial para ellos [15] y de esta manera comprendan más fácilmente los conceptos que la rigen. Es importante aclarar que si bien los tutores estarán guiando a los aprendices en este proceso no se dejará al margen a los profesores de la institución visitada y constantemente se les requerirá su participación.

Se pretende que el aprendiz como fruto de la interacción con el robot comprenda los principios y ecuaciones que rigen el sistema y de esta manera pueda alterarlo para obtener nuevos resultados y así interiorizar conceptos como: superposición de lóbulos, momento angular, centro de masa, fricción, resistencia, entre otros [16].

3. RESULTADOS

Los resultados actuales son los kits robóticos, la guía de aprendizaje de los kits y la implementación de los kits en labores de enseñanza e investigación. A continuación, se detalla los componentes de los robots (sensores, lenguaje de programación y diseño mecánico), las características de la guía y algunos aspectos importantes de la implementación de los kits.

Sensores

Tradicionalmente los sistemas de robótica educativa para colegios son sistemas cerrados que no aceptan dispositivos de otros fabricantes, esto dificulta la consecución de repuestos, o el diseño de nuevos prototipos. Por el contrario TEAC²H-RI (Technology, Engineering And sCiencE eduCation through Human-Robot Interaction) es compatible con accesorios diferentes a los que componen su kit, siendo por lo tanto más adaptable a otras tecnologías. El kit viene con cinco sensores diferentes por cada agente robótico, sobre los que se puede experimentar y modificar las ecuaciones que los rigen. En el kit cada robot tiene sensores de evasión de obstáculos o seguidor de línea basados en infrarrojos, de luminosidad basados en fotorresistencias, de contacto basados en swiches, de sonido activados por aplausos y se le pueden adicionar, entre otros, de temperatura basados en resistencias NTC y de distancia basados en ultrasonidos. Estos últimos también pueden ser usados para la comunicación de los robots. En la figura 2 se puede ver la interacción de un robot madre y un robot hijo.



Fig. 2. Primera etapa en la construcción de los kits TEAC²H-RI. Montaje de la estructura base.

Diseño mecánico

El chasis de ambos robots es muy similar, sus medidas son 23 cm de largo, 14 cm de ancho y 10 cm de alto. El chasis consta de un primer nivel donde se encuentra la tarjeta de motores y un segundo donde está la tarjeta principal (Main Board). Las placas de ambos pisos contienen en su contorno, velcro macho para variar la posición de cada sensor y explorar su funcionamiento en

función de la posición. El diseño del chasis, el cual puede ser armado o desarmado, lo hace ideal para la experimentación y comprensión de importantes conceptos fisicomatemáticos. Por ejemplo, al modificar la distancia de los motores con respecto al centro de masa, la posición de los sensores o la distribución de la masa en el sistema, se pueden comprender conceptos como el centro de masa, torque, interferencia de ondas, entre otros.

Una ventaja adicional del chasis de TEAC²H-RI es las piezas que lo componen, ya que son de bajo costo y fácil consecución en el mercado nacional y latinoamericano, contrario a lo que sucede con los kits mencionados en la sesión 1.

Lenguaje de programación

Una de los más importantes campos de aplicación del kit TEAC²H-RI se encuentra en la enseñanza y validación de algoritmos mediante la interacción humano-robot. El lenguaje de programación a usar en los robots del kit es C, el cual está soportado por el Entorno Integrado de Desarrollo (IDE por sus siglas en inglés) CodeWarrior de la compañía Metrowerks.

A futuro se considera implementar un lenguaje de uso más sencillo para el usuario, el cual no requiera conocimiento en C para la interacción con el kit y que además brinde una introducción al mundo de la programación [17], [18].

Guía de aprendizaje

La guía de aprendizaje contiene los temas de física, matemática, electrónica, algoritmos e inteligencia artificial que serán abordados por medio de los robots. Algunos de los requisitos a los que se ajustó el desarrollo de este material fueron: un lenguaje, conceptos y ejemplos adecuados, que capten la atención de los aprendices por el tema. Algunos autores aseveran que de no darse la importancia suficiente a este paso el efecto sobre los aprendices podría ser el crear o incrementar la fobia hacia los temas científicos [4]. El nombre de la guía es "Robótica Educativa: Estrategias Activas en Ingeniería" [19].

Primera Etapa de Implementación

En la primera etapa de implementación del proyecto se visitaron cinco colegios ubicados en diferentes municipios del departamento de Antioquia. En la tabla 1 se pueden ver las instituciones que fueron visitadas, los municipios donde están ubicadas, y el número de alumnos y

profesores capacitados. En la figura 3 se pueden ver algunos estudiantes interactuando con el kit y la guía.



Fig. 3. Estudiantes interactuando con el kit de robótica educativa TEAC²H-RI.

En todas las visitas se pudo notar gran interés de parte de los estudiantes para participar en las actividades y talleres asignados. Adicionalmente, se pudo identificar que la robótica es un tema de gran interés general que se puede aprovechar para transmitir importantes conceptos a los aprendices.

Tabla 1. Instituciones educativas visitadas en la primera etapa

Institución	Municipio (Antioquia)	Estudiantes capacitados	Profesores capacitados
I. E. Efe Gómez	Fredonia	20	10
I. E. Normal Superior M. O. R.	Amagá	20	10
I. E. Llanogrande e I. E. Piedraverde	Medellín	40	20
Colegio Cooperativo Juan del Corral	Copacabana	20	10
Biblioteca Empresa Públicas de Medellín	Medellín	30	20
Total		130	70

No obstante, el kit TEAC²H-RI no sólo ha sido implementado en el bachillerato sino que además en cursos de posgrado y pregrado en la Universidad Nacional de Colombia. En la figura 4 se pueden ver los estudiantes del curso analizando el comportamiento del robot ante ciertos estados de su entorno.



Fig. 4. Estudiantes de maestría interactuando con el kit de robótica educativa TEAC²H-RI.

Finalmente, un sensor ultrasónico para identificación de materiales fue implementado en un robot hijo y un robot madre del kit. En este sistema robótico se automatizó el proceso de identificación de materiales, el cual es de gran interés para los Ensayos No Destructivos (NDT) y por tanto podría ser implementado en diversos sectores de la industria [20].

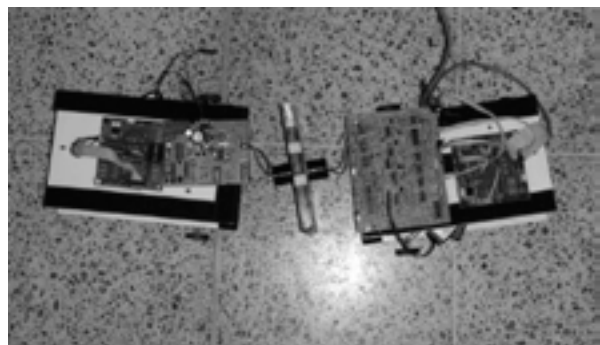


Fig. 5. Kit TEAC²H-RI en el proceso de identificación de materiales [20].

4. CONCLUSIONES

El uso de robots construidos al interior de la región latinoamericana se adaptan mejor a la realidad de la región, que los que son importados de países desarrollados, por ello 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.

El grupo social para el cual se enmarcó TEAC²H-RI es la población estudiantil de los grados décimo y once del Departamento de Antioquia, sin embargo, debido a las características de diseño de los kits, se logró ampliar el espectro de su aplicación a cursos de pregrado y posgrado de la Universidad Nacional de Colombia. Adicionalmente, en un futuro próximo se proyecta alcanzar a afectar positivamente los primeros niveles educativos del colegio, no solo en el departamento de Antioquia, sino también otras regiones del país e incluso de Latinoamérica. Por ello nuevos kits se enfocarán en beneficiar esta población.

El costo de producción es de aproximadamente US\$65 por robot lo cual es relativamente bajo con respecto a las opciones presentes en el mercado. La robótica es un tema de gran interés general que se puede aprovechar para transmitir importantes conceptos a los aprendices.

El kit TEAC²H-RI debido a su modularidad, diseño y escalabilidad es útil para ser usado no sólo en el nivel de educación media del sistema educativo colombiano, sino también en los niveles de pregrado y posgrado. Adicionalmente, puede ser utilizado en investigación para realizar pruebas sobre sistemas de sensores.

Aunque actualmente se presenta una interacción humano-robot se considera necesario integrar nuevos sensores, software y un nuevo diseño mecánico que permita mejoras en este aspecto, donde el sistema se adapte según las características del usuario o grupo [1].

Se considera para futuros proyectos el desarrollo de un lenguaje de programación más básico que permita una interacción más sencilla de los aprendices con el kit TEAC²H-RI y que adicionalmente les genere interés por el tema y les introduzca en el mundo de la programación.

El kit TEAC²H-RI, como cualquier otro kit de Robótica Educativa, no debe ser visto como la panacea a los problemas de la educación en Colombia o Latinoamérica, sino como un instrumento que en el trabajo conjunto Estado-Colegio-Universidad-Empresa facilitará la evolución adecuada hacia un nuevo modelo educativo [12], [1] en el cual el docente tendrá un mayor compromiso y esfuerzo pero que además generará mejores resultados.

Se hace necesario mencionar la resistencia de algunos docentes frente al desafío de nuevas maneras de instrucción para implementar las investigaciones y desarrollos en la educación. Es imperiosamente necesario innovar los métodos tradicionales de enseñanza y de aprendizaje pero antes debe de hacerse una labor de concientización y formación computacional entre los docentes.

5. AGRADECIMIENTOS

El trabajo descrito en este artículo hace parte del programa de fortalecimiento "Plan de acción para el fortalecimiento de los grupos de investigación Inteligencia Artificial en Educación y Diseño Mecánico Computacional" (código Quipú 20201009937) auspiciado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fong, T., Nourbakhsh, I., Dautenhahn, K. "A survey of socially interactive robots" *Robotics and Autonomous Systems* vol. 42, no. 3–4, pp. 143–166, 2003.
- [2] 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.
- [3] Piaget, J., Inhelder, B. "La psychologie de L'enfant". Paris. 1966. P.U.F.
- [4] Chiou, A. "Teaching Technology Using Educational Robotics". En: *Scholarly Inquiry in Flexible Science Teaching and Learning Symposium*. Sydney, Australia, 2004.

- [5] 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. Georgia, USA, 2007.
- [6] Barrera, P., Martin, F., Robles, G., Cañas, J., Matellan, V. "Modelos y herramientas de software libre en el campo de la robótica". En las memorias del congreso Tecnologías del Software Libre. La Coruña, España, 2005.
- [7] Martin, F. "Robotic Explorations. A hands-On Introduction to Engineering". New Jersey Prentice Hall. 2001.
- [8] Blank, D. 2006 "Robots Make Computer Science Personal". In Journal of Communications of the ACM. Vol. 49. Ed. ACM Press, New York, NY, 25-27.
- [9] FISCHERTECHNIK.
<http://www.fischertechnik.com.mx/fischertechnik.htm>. Consultado el: 21 de Septiembre de 2009.
- [10] Dias, B., Browning, B., Mills-Tettey, A., Amanquah, N. "Robotics Education in Emerging Technology Regions". En AAAI Spring Symposium: Robots and Robot Venues: Resources for AI Education. Menlo Park, USA, 2007.
- [11] Urrea, C. "Designing Robotic Artifacts: Rural School-Community Collaboration for Learning". 2001 Media Lab MIT.
- [12] UN Millennium Project. "Innovation: Applying Knowledge in development." Task Force on Science, Technology, and Innovation, 2005.
- [13] Zuckerman, O., Resnick, M. "System Blocks: A Physical Interface for System Dynamics Learning". MIT Media Laboratory. 2003.
- [14] González J.J.; Jiménez J.A.; Ovalle D.A. (2010) TEAC2H-RI: Educational Robotic Platform for Improving Teaching-Learning Processes of Technology in Developing Countries. Technological Developments in Networking, Education and Automation 2010, pp 71-76
- [15] Ausubel, D. "The Psychology of Meaningful Verbal Learning: An Introduction to School Learning", Grune & Stratton Inc., New York, 1963 Bureau of Educational Research, University of Illinois. Grune & Stratton, Inc.
- [16] Wedeward, K., Bruder, S., Sarkodie-Gyan, T. "Exploration in Robotics: Outreach to Secondary Education". In Proceedings of the AAAI 2001 Spring Symposium Series. California, USA, 2001.
- [17] Mckerrow, P. "Robotics research and education with LabVIEW". In Proceedings of the Apple University Consortium Conference. New South Wales, Australia, 2000
- [18] Piperidis, S., Doitsidis, L., Anastasopoulos, C., Tsurveloudis, N. "A Low Cost Modular Robot Vehicle Design for Research and Education" In proceeding of the 15th In 2007 proceeding of the 15th Mediterranean Conference on Control & Automation. MED '07. Athens, Greece, pp 1-6. 2007.
- [19] Jiménez J.A.; Ovalle D.A.; Ramírez J.F. "Robótica Educativa: Estrategias Activas en Ingeniería" Editorial Universidad Nacional de Colombia. 2010.
- [20] González J.J.; Jiménez J.A.; Guzmán J.A. "Design and Construction of an Ultrasonic Sensor for the Material Identification in Robotic Agents" Robotic Systems - Applications, Control and Programming, Ed.: INTECH, 2011. Chapter 22. ISBN: 978-953-307-941-7.