

USO DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA COMO HERRAMIENTA EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA

(Use of robotics education as a tool
in the process of teaching)

María Luisa Pinto Salamanca*, Nelson Barrera Lombana**, Wilson Javier Pérez Holguín***

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Investigación en Robótica y Automatización Industrial, GIRA
* pintosml@gmail.com, ** barreranelson@hotmail.com, ***wilson.perez@uptc.edu.co

(Recibido el 9 de septiembre de 2009 y aceptado el 3 de marzo de 2010)

<p>Resumen: A través de la robótica educativa y el uso de referentes pedagógicos y didácticos, es posible apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la comunidad académica, con herramientas tecnológicas. En este documento, se describe la implementación de un robot móvil de configuración diferencial, construido con el set de piezas del kit de robótica Lego Mindtorms™ NXT, como apoyo a los procesos de enseñanza y aprendizaje en los niveles de educación preescolar y educación básica primaria, en tres instituciones educativas del departamento de Boyacá, Colombia. Se establece un estado del arte de aplicaciones similares, los lineamientos para la construcción del robot y los resultados de su aplicación en el ambiente educativo.</p> <p>Además, de forma general, se hace evidente el potencial de los ambientes para el aprendizaje desarrollados a partir de la robótica educativa, como nueva propuesta didáctica que responde a los requerimientos de sociedades contemporáneas que reclaman nuevos métodos de enseñanza.</p>	<p>Abstract: Through educational robotics, concerning the use of didactic and pedagogic can support teaching and learning processes in the educational community with technological tools. This document describes the implementation of a differential mobile robot configuration built with the set pieces of kit Lego Mindtorms™ NXT robotics, to support teaching and learning processes in three elementary schools from the State of Boyacá, in Colombia. Moreover, the state of art of similar applications is established and the guidelines for building the robot and the results of its application in the educational environment are presented.</p> <p>In addition, it is generally clear, the potential for learning environments, developed from the educational robotics as a new teaching proposal that meets the requirements of contemporary societies that demand new teaching methods.</p>
<p>Palabras clave: robótica pedagógica, preescolar, robot móvil.</p>	<p>Key words: educational robotics, elementary school, mobile robot.</p>

1. INTRODUCCIÓN

La robótica se puede considerar una de las áreas tecnológicas con más auge en la actualidad, fundamentada en el estudio de los robots, que son sistemas compuestos por mecanismos que le permiten hacer movimientos y realizar tareas específicas, programables y eventualmente inteligentes, valiéndose de conceptos de áreas del conocimiento como la electrónica, la mecánica, la física, las matemáticas, la electricidad y la informática, entre otras. Dependiendo de la aplicación, la robótica puede extenderse y generar beneficios no solo en el sector industrial y de servicios, sino también en las aulas de clase, posibilitando la elaboración de novedosos ambientes para el aprendizaje.

Desde la década de los setenta, se ha despertado un especial interés por los aportes que la robótica puede realizar a los procesos educativos (Ruiz, 1987), generándose una nueva área de estudio, que se ha denominado “Robótica Pedagógica”, que utiliza los elementos multidisciplinares de la robótica con

finés didácticos, permitiendo la aplicación de ciertas herramientas tecnológicas, como apoyo en las diferentes metodologías de enseñanza y de aprendizaje, llevando la acción, del lugar monopolizado del maestro, al universo personal del estudiante.

En la actualidad, existe una amplia variedad de técnicas y recursos que son utilizados como apoyo tecnológico para favorecer el aprendizaje académico y el desarrollo social de las personas (Brendan, 2010); sin embargo, las aplicaciones robóticas para estos propósitos aún son limitadas.

En este documento, se describe una primera aproximación a la implementación de estrategias de robótica educativa para el apoyo a los procesos de enseñanza en la comunidad educativa del departamento de Boyacá, en Colombia. Se indican, aunque de forma somera, los requisitos y lineamientos para la selección e implementación de un robot educativo en el nivel de preescolar y las pruebas realizadas en tres Instituciones Educativas. Para finalizar, se muestran los resultados, conclusiones y algunas propuestas de trabajos futuros.

2. DESARROLLO DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA

A través de la integración de diferentes áreas del conocimiento, es posible la obtención de considerables resultados. La robótica es un ejemplo de la integración de diferentes áreas del conocimiento; a través de esta disciplina se integran sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, informáticos y de comunicaciones. El término “robot” aparece por primera vez en 1921, en una obra checa del autor dramático Karel Capek, en cuyo idioma la palabra “robota” significa fuerza de trabajo o servidumbre (Ollero, 2001).

La “Robótica Pedagógica” es definida como una disciplina que permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología (Ruíz, 2007); surge con la finalidad de explotar el deseo de los educandos por interactuar con un robot para favorecer los procesos cognitivos. Martial (Vivet y Nonnon, 1989) también define esta disciplina como “la actividad de concepción, creación y puesta en funcionamiento, con fines didácticos, de objetos tecnológicos, que son reproducciones reducidas muy fieles y significativas de los procesos y herramientas robóticas que son usadas cotidianamente, sobre todo, y que cada vez son más comunes en nuestro entorno social, productivo y cultural”.

Numerosas investigaciones ya demuestran el interés global por la inserción de herramientas robóticas en las aulas de clase. Desde el año 1975, en la Universidad Du Maine, en Le Mans, Francia, aparece una primera utilización con fines educativos de la robótica, con el desarrollo de un sistema de control automatizado para la administración de experiencias en laboratorio, para prácticas de psicología experimental (Nonnon et Laurencelle, 1984) (Ruíz, 2007); en 1989, la Universidad Autónoma Metropolitana y la Universidad Nacional Autónoma de México realizaron trabajos relacionados con la implementación de un robot educativo para el aprendizaje de conceptos informáticos (Ruíz, 1989); en 1998 se inició el proyecto “Robótica y Aprendizaje por Diseño”, realizado conjuntamente por el Centro de Innovación Educativa de la Fundación Omar Dengo y el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica (Fundación Omar Dengo, 2004). En España, redes educativas como COMPUBLOT (2008) implementan aulas de robótica y cursos de formación para niños en nivel de formación primaria.

En Colombia también se han desarrollado importantes aportes para la aplicación de los robots en los ambientes educativos. La Universidad Pedagógica Nacional lideró, en el año 2004, proyectos para la formación de docentes en robótica educativa (Narváez y Narváez, 2009). En 2008, la Universidad del Cauca inició un proyecto de robótica pedagógica denominado “Plataforma de Robótica y Automática Educativa de Computadores para Educar” (Universia, 2007). En la comunidad educativa del Colegio Bolívar (www.colegiobolivar.edu.co), el Instituto Nuestra Señora de la Asunción INSA ([INSA-
http://www.insa-col.org](http://www.insa-col.org)) y la Fundación Gabriel Piedrahita Uribe, en Cali, también se han implementado talleres para

la aplicación de la robótica educativa. Para el apoyo específico en los primeros años de formación, en la Universidad Nacional de Colombia se realizó la construcción de un robot móvil didáctico para trabajo con niños de básica primaria (Peña, 2002).

Para verificar los objetivos de la robótica educativa como disciplina integradora de distintas áreas del conocimiento es necesario el desarrollo de dos procesos individuales, pero altamente dependientes. Por una parte, se deben establecer funciones desde el punto de vista de ingeniería para el estudio y proceso de concebir, diseñar y construir mecanismos robóticos; y una segunda función, desde el punto de vista didáctico, para constatar que efectivamente dichos mecanismos cumplan los fines educativos para los cuales fueron desarrollados, lo que involucra investigaciones en las disciplinas del conocimiento de la educación, enseñanza y aprendizaje.

Las seis principales áreas de trabajo que se han propuesto en la robótica pedagógica (Cabrera, 1996) son las siguientes:

- Apoyo en la enseñanza de primaria y secundaria;
- Adultos en formación profesional;
- La robótica aplicada a las personas discapacitadas;
- La robótica como herramienta de laboratorio;
- La robótica pedagógica para facilitar el desarrollo de los procesos cognitivos y de representación, y
- Análisis y reflexiones sobre la Robótica Educativa y sus aplicaciones.

Como apoyo a la enseñanza de primaria y secundaria, se han conseguido considerables aportes en el aprendizaje de conceptos principalmente relacionados con las matemáticas, las ciencias y la programación, utilizando herramientas que resulten interesantes para los alumnos y que faciliten sus procesos de aprendizaje (Papert, 1995). La aplicación de esta disciplina pretende explotar lo atractivo que resulta para los educandos la idea de aprender jugando.

3. UN ROBOT PEDAGÓGICO PARA EL NIVEL DE PREESCOLAR

Basados en implementaciones anteriores sobre la robótica educativa, según el estado de arte establecido, y de acuerdo con ciertos requerimientos y fines pedagógicos necesarios, se seleccionó el set de piezas didáctico Lego Mindtorms™ NXT Hardware Developer Kit (Lego Education, 2006) para la construcción de un prototipo robótico móvil con fines didácticos.

Mediante documentos de invitación en varias instituciones educativas del departamento de Boyacá, se realizó la presentación de la propuesta, una descripción del robot y la solicitud de aval para la realización de una jornada de motivación y socialización de la robótica pedagógica en los niveles de preescolar y primaria. Finalmente, las instituciones en las que se pudieron implementar estrategias de apoyo a los procesos de aprendizaje académico mediante la aplicación de la robótica pedagógica fueron:

- Colegio Nacionalizado Lisandro Cely, Sección Primaria, Municipio de Mongua (CNLC);
- Institución Educativa Técnica Gustavo Jiménez, Sede La Manga, grado preescolar, Municipio de Sogamoso (IEGJ), y
- Colegio Gabriel Camargo Pérez, grado preescolar, Municipio de Sogamoso (CGCP).

Se identificaron las necesidades educativas planteadas en el desarrollo del proyecto, mediante la observación e indagación con el personal encargado de los procesos didácticos de los colegios participantes en los niveles de preescolar y primaria. De acuerdo con las sugerencias de los docentes, el prototipo robótico debería contar con las siguientes características:

- Una estructura de construcción y programación que permita apoyar actividades relacionadas con las áreas de matemáticas, ciencias, lecto-escritura y programación;
- Realización de movimientos libres sobre terrenos lisos, con y sin obstáculos, a fin de realizar dibujos de figuras geométricas planas, y
- Capacidad de interacción con los niños, a través de funciones llamativas que simulen los sentidos y algunos movimientos humanos, como por ejemplo: hablar (parlantes y emisión de sonidos), escuchar (sensor de sonido-micrófonos), tocar (sensor de contacto), ver (sensores ultrasónicos e infrarrojo) y desplazamiento: (actuadores servomotores).

En la tabla 1 se presenta un esquema de las actividades planeadas para los cursos de preescolar y primaria en las instituciones participantes; el tamaño sugerido para los grupos se determinó por la limitación de contar solamente con un dispositivo robótico; sin embargo, se procuró que todos los niños de las instituciones participantes tuvieran la oportunidad de interactuar con el robot.

4. EL ROBOT EDUCATIVO “AMIBOT”

El sistema de robótica de Lego® está constituido por una serie de piezas, un dispositivo programable y un conjunto de sensores (entradas) y actuadores (salidas) compatibles, que permiten armar estructuras robóticas, tomar señales de ambiente, procesar datos y ejecutar ciertas tareas, realizando una rápida y sencilla introducción a los sistemas robóticos.

Se presentan dos versiones: el kit Lego Dacta™, conocido típicamente como RCX (Sistema de Comandos de Robótica), cuyas partes se muestran en la figura 1, y el set de piezas de Lego Mindstorms™ NXT *Hardware Developer Kit*, lanzado en Agosto de 2006 como la evolución de su antecesor RCX (Lego Education, 2006).

Se ha desarrollado una plataforma robótica educativa denominada AMIBOT (figura 1), móvil, de configuración diferencial, basada el modelo de construcción “Tribot”, presentado como uno de los ejemplos de construcción que aparece en la herramienta de programación del kit de robótica de Lego Mindstorms™ (Lego®, 2007).

Tabla 1. Actividades planeadas. Jornada de motivación y socialización de la robótica pedagógica en los niveles de preescolar y primaria.

Niveles	Actividad	Tiempo	Recursos	Tamaño grupo
Preescolar-Primero	Los números: el robot realiza tareas que obedecen a una secuencia numérica. Los colores: el robot se mueve de forma diferente dependiendo del color de la superficie sobre la cual se desplaza.	1 hora	Aula de clase, papel y colores, para que los niños interactúen gráficamente.	10 niños
Segundo-Tercero	Geometría: el robot dibuja figuras geométricas de diferente forma y tamaño.	1 hora	Aula de clase, papel y lápiz, para que los niños interactúen con operaciones matemáticas relacionadas con la geometría dibujada.	20 niños
Cuarto-Quinto	Motivación: las mismas prácticas de los grados anteriores. ¿Cómo funciona un Robot?, ¿cuáles son sus partes? y ¿qué es un sistema?	1 hora	Aula de clase, papel y lápiz, para que los niños interactúen con el tema descrito.	20 niños

Para la descripción del robot se consideraron tres bloques básicos: los actuadores, para realizar el desplazamiento del robot en un plano; una etapa de instrumentación a partir de los cuatros sensores de AMIBOT, para la recepción de señales de contacto, proximidad, sonido y detección de colores, y una etapa final de procesamiento mediante la interfaz programable NXT. Además, Bermúdez indica los momentos de inercia, radios de las ruedas, características eléctricas de los motores y giros que la plataforma robótica LEGO MINDSTORMS™ puede realizar, a partir de cálculos experimentales e identificación de sistemas (Bermúdez y Pinto, 2007).

4.1 Actuadores

Para implementar una plataforma tipo diferencial, se utilizaron los tres servomotores del Kit Lego Mindstorms™, a los cuales fueron acopladas las ruedas de la configuración. Esto con base en los parámetros presentados por Bermúdez, para el Servomotor NXT LEGO Mindstorms® con Técnicas de Identificación de Sistemas (Bermúdez y Pinto, 2008).

4.2 Instrumentación

Se usaron *encoders* para determinar la velocidad de los motores utilizados. Adicionalmente, se dispusieron cuatro sensores externos para recoger las señales del entorno, que están

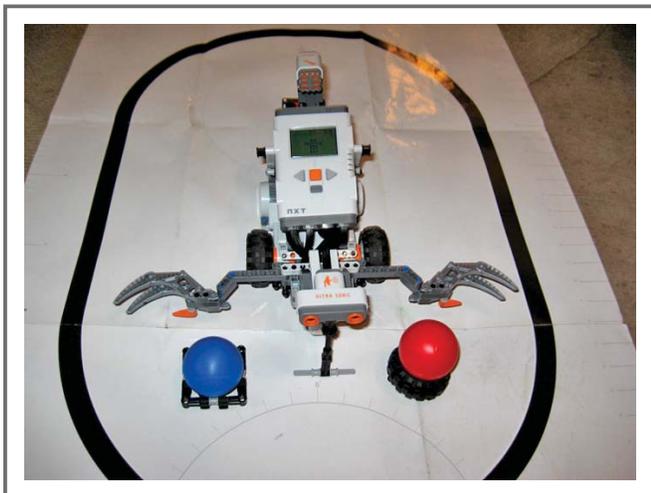


Figura 1. Descripción general de Amibot.

constituidos por un sensor ON/OFF, que determina contactos, y tres análogos para medir distancia (ultrasónico), intensidad lumínica (infrarrojo) y sonido (micrófono). La descripción de cada sensor se encuentra en (The Lego Group, 2006).

4.3 Programación

El controlador NXT es una interfaz con cuatro entradas digitales para navegar por los programas previamente descargados, ejecutarlos, configurarlos y monitorizar el estado de los sensores. Olaskoaga describe diferentes opciones de software para programar la plataforma NXT, algunas de ellas corresponden a las aplicaciones Robolab (LEGO, 2007), (Olaskoaga, 2001).

5. INSTRUMENTALIZACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

A partir del robot móvil construido, y gracias a las facilidades de programación de que éste dispone para la realización de tareas básicas diseñadas con propósitos didácticos, se realizaron jornadas de socialización y motivación en los estudiantes de los niveles preescolar y primaria, por solicitud de las instituciones educativas involucradas, buscando que los niños afianzaran sus funciones cognitivas superiores, aumentaran su creatividad y capacidad de concentración, y desarrollaran habilidades sensoriales y motrices, a la vez que se aumentó en ellos su grado de motivación hacia los procesos educativos. Tal como se indicó en la tabla 1, se plantearon cuatro temáticas para el desarrollo de las actividades, así:

5.1 Los números

Muchos niños entran a su nivel de preescolar con un conocimiento preliminar sobre los números. Pueden contar de cinco a diez objetos, sin problema, y también pueden leer algunos de los números, pero hay niños que no han construido

ese tipo de concepto y que, en particular, necesitan más oportunidades para aprender a contar, a leer y a escribir números (Chavarría, 2007).

A partir de un instrumento novedoso, pueden reforzarse en los niños sus conocimientos relacionados con los números y operaciones matemáticas muy simples. En este caso, y con el fin de recordar algunos números naturales, el robot realizó tareas que obedecían a una secuencia numérica específica:

- a) Saludar n veces;
- b) Abrir y cerrar sus tenazas n veces, simulando un aplauso;
- c) Girar n veces;
- d) Cambiar el valor de n , y
- e) Ir a i).

Con el lenguaje de programación gráfico NXT, se implementó una rutina para una ejecución numérica de aplausos en el robot. Posteriormente, se preguntó sobre la secuencia desarrollada por el robot: ¿cuántas veces aplaudió?, ¿cuántas veces giró? y ¿cuántos saludos dio?

En la tabla 2 se presentan algunas apreciaciones y resultados de la actividad en cada uno de los colegios en los que fue implementada. De forma general, como se aprecia en la figura 2, el desarrollo de la actividad fue de gran interés para los niños participantes.



Figura 2. Actividad "Los números", en el Colegio Nacionalizado Lisandro Cely (Municipio de Mongua).

5.2 Los colores

La enseñanza de los colores se convierte en un área esencial para la exploración espacial del niño. Se realizaron actividades muy simples para reconocimiento de colores primarios. El carácter audiovisual de esta actividad permitió obtener una participación más activa de los estudiantes.

Se programó al robot para emitir sonidos o moverse de forma diferente (en línea recta, girando sobre su eje, en círculos, etc.), dependiendo del color de la superficie sobre la cual se desplazó, lo que, además de reforzar el conocimiento de colores indirectamente, le permitió a los niños una aproximación a la noción de luz, reflexión y otros fenómenos físicos que suceden en este proceso de reconocimiento.

La figura 3 muestra un ejemplo del programa implementado con NXT, en el que de acuerdo al porcentaje de la señal obtenida por el sensor infrarrojo conectado al puerto 3, se emite una señal sonora correspondiente al color de la superficie. El porcentaje exacto se obtiene recalibrando el sensor de acuerdo con las condiciones lumínicas del espacio de trabajo. En la tabla 2 se indican los resultados de la actividad, con un ejemplo de aplicación en la figura 4.

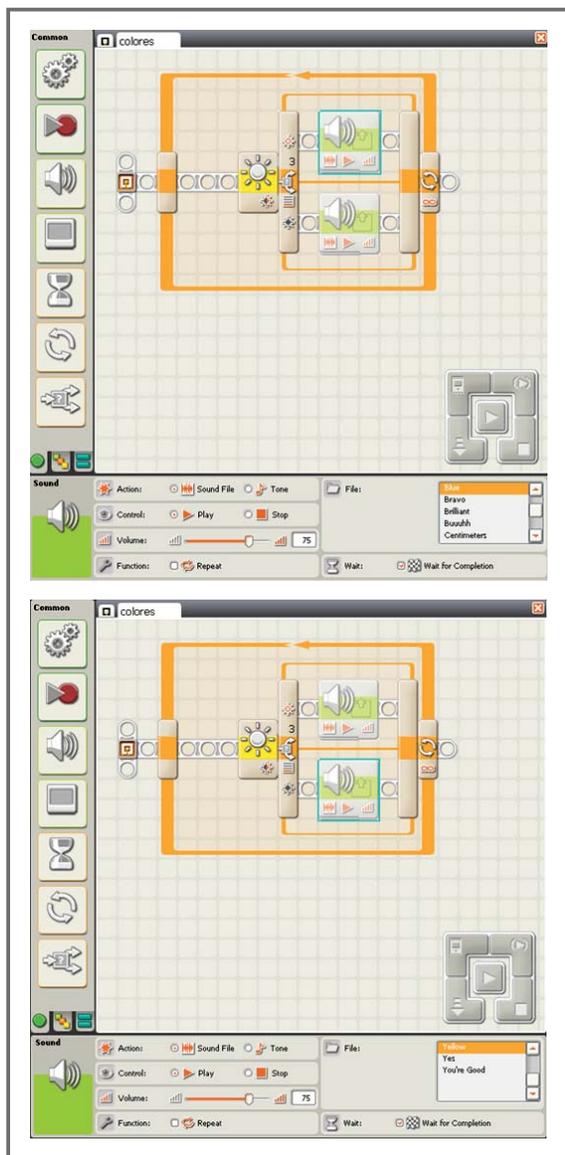


Figura 3. Los Colores: se nombra en inglés el color sobre el cual está ubicado el robot (Programa NXT).



Figura 4. Actividad “Los colores”, en el nivel preescolar del Colegio Gabriel Camargo Pérez

5.3 Geometría

La enseñanza de figuras geométricas planas y sus procesos matemáticos relacionados, como medición de lados, cálculo de perímetro, nociones de dimensionalidad, etc. pudieron ser fácilmente reforzados con actividades que involucraran el dibujo, reconocimiento de las figuras, una relación dimensional entre ellas y un cálculo matemático.

El robot dibuja figuras geométricas de diferente forma y tamaño. En la plataforma diferencial realizada por Pinto, se apreció que a partir de una diferencia de velocidad entre las dos ruedas laterales, se podían obtener giros de longitud proporcional a la diferencia del voltaje aplicado a los motores conectados a cada rueda. (Pinto y Bermúdez, 2007). El dibujo de las figuras geométricas resultantes se obtuvo ubicando, en la parte inferior del robot, un marcador del color seleccionado por los niños participantes.

En la figura 5 se aprecia el programa para el dibujo de un cuadrado, a partir de movimientos combinados de avance, con cuatro giros de 90 grados, obtenidos mediante la polarización de un solo motor. Para el dibujo de triángulos, se disminuyó a tres el par avance-giro, con diferentes grados por giro, dependiendo del tipo de triángulo. En las figuras 6 y 7 se muestran algunas imágenes de la actividad desarrollada en los colegios, cuyas apreciaciones también se incluyen en la tabla 2.

5.4 Motivación de la robótica

Mediante el uso de la robótica educativa pueden realizarse aproximaciones tecnológicas desde una temprana edad (Boring, 1979), desmintiendo, con un bajo costo, el mito de que la aplicación de sistemas robóticos solamente se da en el ámbito industrial, militar o de ciencia-ficción. El carácter transdisciplinar de esta área de estudio permite, además, la introducción de conceptos más profundos de las ciencias exactas y naturales.

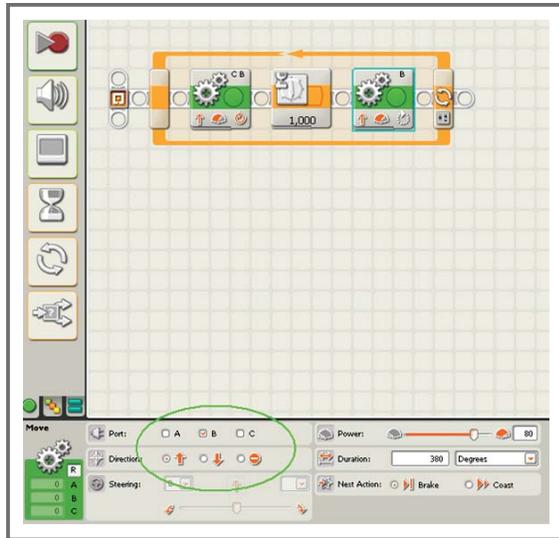


Figura 5. Geometría: dibujo de cuadrados.

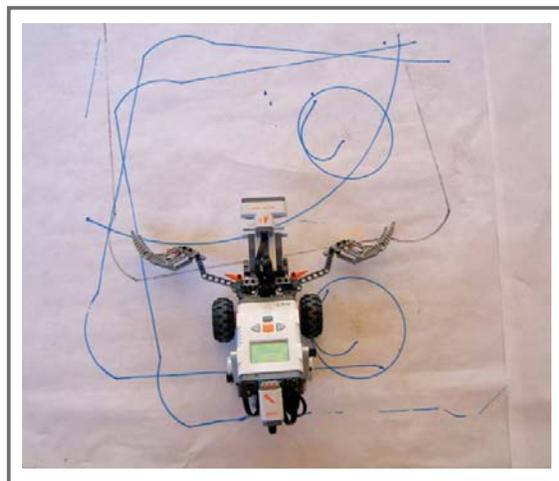


Figura 6. Actividad Geometría. Ejemplos de dibujos realizados por AMIBOT.



Figura 7. Actividad Geometría. I. E. Técnica Gustavo Jiménez, Sede La Manga, Grado Preescolar.

Para que los estudiantes reconocieran nociones básicas sobre los sistemas robóticos, físicos, mecánicos y electrónicos, se realizó una actividad de descripción de las partes del robot, identificación de sensores y relación con los sentidos humanos, se explicó la generación de movimiento, motores, acople mecánico, fuente de alimentación, etc., métodos de comunicación y programación.

Se describieron, además, otras plataformas robóticas desarrolladas por el grupo de Investigación GIRA, de la UPTC. Al final de la actividad, los estudiantes debían estar en la capacidad de responder a los interrogantes: ¿cómo funciona un robot?, ¿cuáles son sus partes? y ¿qué es un sistema? En la tabla 2 también se incluyen las observaciones y resultados de esta práctica.

6. CONCLUSIONES

Se plantea la robótica educativa como una alternativa didáctica, que de forma paralela a los métodos ya establecidos, propende por nuevos enfoques que promuevan en los educandos intereses que coadyuven en la creación de ambientes para el aprendizaje en el que los estudiantes encuentren circunstancias favorables para la construcción de conceptos y de su interpretación personal de la realidad.

Aparece la robótica educativa como una actividad transdisciplinar pues, desde la perspectiva instrumental, el desarrollo de sistemas robóticos con fines didácticos resulta un proceso relativamente sencillo desde el punto de vista de la ingeniería electrónica. Sin embargo, el planteamiento y desarrollo de las prácticas debe estar guiado por personal con formación en didáctica y pedagogía, que aporte su conocimiento y experiencia en el ámbito educativo. (Bijker y Law, 1992).

Los docentes manifiestan desconocimiento en el manejo de herramientas didácticas que usen tecnologías recientes, por lo que se hace relevante la capacitación de los mismos, ya que muestran interés e iniciativa en el complemento de sus clases con herramientas que hagan uso de la tecnología.

En la actualidad, la sociedad contemporánea y los estudiantes en formación reclaman nuevas estrategias didácticas que estén acordes con los requerimientos de un mundo que brinda a los individuos una avalancha de información, que no es asimilable de forma sencilla y que finalmente logra intoxicar el intelecto antes de enriquecerlo.

Se hace un primer acercamiento a los referentes teóricos mediante la revisión del estado del arte, pero se aprecia que este se puede ampliar, dando bases más sólidas que orienten la propuesta hacia procesos que logren importantes transformaciones en los métodos de enseñanza que se usan en el entorno regional y nacional, construyendo nuevas e importantes propuestas metodológicas que aporten a las cambiantes sociedades contemporáneas.

Tabla 2. Resultados de las actividades planeadas, por colegio, en las jornadas de motivación y socialización de la robótica pedagógica en los niveles de preescolar y primaria.

Actividad	Colegio / Nivel	Resultados de las observaciones parciales
Los números: el robot realiza tareas que obedecen a una secuencia numérica.	CNLC	Respuestas acertadas y participación general. Para el desarrollo de la actividad, el grupo de niños y niñas fue muy grande, lo que impidió que todos los niños atendieran las solicitudes.
	CGCP	Se trabajó por grupos de 4 niños, obteniendo una mayor aproximación individual al robot. Las respuestas también fueron acertadas. Se contaron e identificaron, además, las partes más visibles del robot. No se habían realizado aproximaciones anteriores a la robótica desde el aula de clase.
	IEGJ	La novedad y diversión fueron aspectos predominantes en la actividad. Una vez conocido el robot, y entendidas las preguntas, las respuestas numéricas fueron acertadas en cada grupo de trabajo.
Los colores: el robot se mueve de forma diferente, dependiendo del color de la superficie sobre la que se desplaza.	CNLC	Respuestas acertadas. El proceso de reconocimiento de colores ya estaba totalmente aprendido, por lo que se rescató más la enseñanza del fenómeno físico de reflexión de la luz.
	CGCP	Repuestas acertadas y masiva participación. El reconocimiento de colores es un tema aprendido por los niños desde años anteriores, por lo que llamó más la atención la emisión de sonidos en inglés, relacionados con los colores.
	IEGJ	Repuestas acertadas y masiva participación. La identificación del sensor y la explicación de su funcionamiento fueron el tema central de la actividad.
Geometría: el robot dibuja figuras geométricas de diferente forma y tamaño.	CNLC	Los estudiantes de preescolar y primero identifican correctamente las figuras geométricas dibujadas por el robot. Los estudiantes de segundo a quinto realizan correctamente el proceso de medición de perímetro para cada figura geométrica dibujada. Los niños generaron iniciativas para hacer adaptaciones similares (ajustar un lápiz) con sus juguetes, de forma que estos apoyaran sus tareas o reforzaran lo aprendido en clase.
	CGCP	Los estudiantes del grado preescolar identifican correctamente las figuras geométricas dibujadas por el robot.

7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En futuros trabajos, se recomienda que este tipo de labor se fortalezca con referentes teóricos relacionados con los diferentes modelos cognitivos y con teorías relacionadas con el aprendizaje de los humanos, y cómo éste construye la realidad mediante las experiencias que vive día a día, lo que permitirá la planeación de actividades que sean más efectivas y adecuadas, pues en muchas ocasiones se diseñan este tipo de herramientas desde la perspectiva instrumental que da la ingeniería y se

se desconoce la perspectiva del sujeto cognoscente, que es -en últimas- al que va dirigido el trabajo.

Por otro lado, la implementación de un robot pedagógico en el nivel de preescolar de algunas instituciones educativas del departamento de Boyacá, fue sólo una introducción hacia la aplicación de herramientas tecnológicas de impacto regional. Sin embargo, para apreciar los verdaderos alcances de la robótica educativa, no solo en los niveles de educación preescolar y primaria, sino también en los de secundaria y media, se requiere una iniciativa y acompañamiento de las

instituciones participantes, mediante la inclusión de propuestas similares, en un plan de estudio académico con una completa orientación didáctica para el planteamiento, realización y análisis de resultados en las jornadas, talleres y pruebas que se realicen con los prototipos robóticos. Por estas razones, se propone continuar con el desarrollo de la robótica educativa, a través de propuestas de investigación, como la de implementación de estrategias de robótica educativa como apoyo en la enseñanza de conceptos básicos, en los niveles de primaria y secundaria de las instituciones educativas del departamento de Boyacá, o la de diseño e implementación de módulos de formación en ciencias y tecnología, mediante la robótica educativa, utilizando plataformas móviles, para estudiantes de bachillerato en instituciones educativas de la provincia del Sugamuxi.

Estas actividades podrían ser desarrolladas con el apoyo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC, a través de la Escuela de Ingeniería Electrónica, el Centro de Investigaciones y Formación Avanzada, la Dirección de Investigaciones de la Universidad y las instituciones educativas interesadas.

Finalmente, importa señalar que durante el proceso de medición del impacto del prototipo, se resalta un notable interés por parte de los estudiantes de las instituciones participantes, al interactuar con el robot AMIBOT.

Para futuras experiencias que hagan uso de la robótica educativa, debe contarse con una serie de prototipos robóticos que permitan una aproximación más personalizada a los sistemas robóticos. Una forma interesante de lograrlo a bajo costo puede ser la aplicación de adaptaciones a juguetes, con motores, sistemas de alimentación de voltaje y sistemas de control.

8. AGRADECIMIENTOS

El Grupo de Investigación en Robótica y Automatización Industrial “GIRA”, adscrito a la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC, Sede Seccional Sogamoso, agradece a las directivas y docentes de las instituciones educativas que permitieron la inclusión de prácticas de robótica en sus procesos pedagógicos:

- Colegio Nacionalizado Lisandro Cely, Sección Primaria, del Municipio de Mongua;
- Institución Educativa Técnica Gustavo Jiménez, Sede La Manga, nivel preescolar, del Municipio de Sogamoso.
- Colegio Gabriel Camargo Pérez, nivel preescolar, del Municipio de Sogamoso.

Igualmente, expresa su gratitud a la Dirección de Investigaciones de la UPTC; al Centro de Investigaciones y Formación Avanzada de la UPTC Sogamoso (CIFAS), y a la Escuela de Ingeniería Electrónica de la UPTC Sogamoso, por su constante preocupación de afianzar el carácter social de la investigación.

9. REFERENCIAS

- Bermúdez G. y Pinto M. (2007). Determinación de parámetros de un robot móvil de Lego Mindstorms®. Ingeniería, Investigación y Desarrollo I2+D. Vol. 4, pp. 7-13.
- Bermúdez G. y Pinto M. (2008). Determinación de parámetros para el servomotor NXT® del kit de robótica Lego® Mindstorms® con técnicas de identificación de sistemas. Memorias: VII Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CISCI, 2008.
- Bijker, W. and Law, J. (1992). Shaping technology / building society: studies on sociotechnical change. MIT. Cambridge.
- Boring, E. (1979) Historia de la psicología experimental. Trillas, México.
- Cabrera O. (1996) La robótica pedagógica: un vasto campo para la investigación y un nuevo enfoque para la academia. Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl. Soluciones Avanzadas No.40. [Online], disponible en internet <http://www.fodweb.net/robotica/roboteca/articulos/pdf/robotica_pedagogica.pdf> [citado en 30 de octubre de 2008].
- Cañas J. (2003). Curso: robótica con ladrillos lego, programación con código RCX. NQC, GSyC-URJC.
- Chavarria A. (2007). Iniciativa de la Casa Blanca para la excelencia en la educación de los hispanoamericanos. [Online] Disponible en internet <<http://www.yosipuedo.gov/publications/teaching/numbers.html>> [citado en 15 de febrero de 2007].
- Complubot (2008). Aula de robótica del APA del C.P. Miguel Hernández. [Online] Disponible en internet <http://complubot.educa.madrid.org/nosotros/nosotros_index.php?seccion=nosotros> [citado en 21 de febrero de 2009].
- Fundación Omar Dengo (2004). Robótica y aprendizaje por diseño. Fundación Omar Dengo - Educación Tecnología y desarrollo. Costa Rica. [Online] Disponible en internet <http://www.educoas.org/Portal/ineam/premio/es58_2004.pdf> [citado en 19 de Febrero de 2009].
- Brendan Tangney (2010). Pedagogy and processes for a computer programming outreach workshop, the bridge to college model. IEEE Transaction on Education.
- Lego Education (2006). Get excited about NXT: driving straight lines with ease Minstorms® Education NXT. [Online] Disponible en internet <http://legoeducation.typepad.com/blog/2006/02/get_excited_abo.html> [citado en 15 de marzo de 2007].
- Lego® (2007). Software NXT Mindstorms®. Manual de usuario. Lego® Engineering (2007). Robolab™ 2.9.3 Upgrade now available for free. [Online] Disponible en internet <<http://www.lego.com/education/download/PressReleaseROBOLABFeb07.pdf>> [citado en 15 de junio de 2007].
- Narváez C. y Narváez J. (2009). Tecnología e informática NTIC: robótica ambiental y energías alternativas. Club de Ciencia y Tecnología Carrusel. [Online] Disponible en internet <http://redacademica.redp.edu.co/robotica/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=1> [citado en 21 de febrero de 2009].

- Nonnon, P. et Laurencelle, L. (1984). "L' apparieteur-robot et la pédagogie des disciplines expérimentales: Spectre. No. 22 pp. 16-20.
- Olaskoaga, K. (2001) Visual Basic: programación de robots Lego (Basado en el manual Lego Mindstorms Programming with Visual Basic, de David Hanley y Sean Hearnek).
- Ollero, A. (2001). Robótica, manipuladores y robots móviles. Marcombo Boixareu, Madrid.
- Papert, S. (1995) La máquina de los niños: replantearse la educación en la era de los ordenadores. Paidós. Barcelona.
- Peña, E. (2002). Construcción de un robot móvil didáctico, para trabajo con niños de básica primaria. Trabajo de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
- Pinto, M. y Bermúdez, G. (2007). Estudio y modelado de una plataforma robótica móvil diferencial. Ingeniería, Investigación y Desarrollo I²+D. Vol. 4.
- Ruiz, E. (1987). La robótica pedagógica. Centro de Estudios sobre la Universidad CESU, Universidad Nacional Autónoma de México. [Online] Disponible en internet <<http://virtual.pascualbravo.edu.co/buzon/cintex.garpe/robotica.doc>> [citado en 5 de Marzo de 2006].
- Ruiz, E. (1989). Un robot pedagógico pour l'apprentissage de concepts informatiques. Tesis doctoral. Facultad de Estudios Superiores. Universidad de Montreal. Canadá.
- Ruiz, E. (2007). Robótica pedagógica virtual para la inteligencia colectiva. Universidad Nacional Autónoma de México. [Online] Disponible en internet <<http://www.virtualeduca.info/ponencias/189/Ruiz-VelascoS%E1nchezEnrique%20UNAM-M%E9xico.doc>> [citado en 19 de febrero de 2009].
- The Lego Group (2006). Lego Mindstorms User Guide.
- Universia (2007). Unicauca inició proyecto de robótica pedagógica. [Online] Disponible en internet <<http://www.universia.net.co/noticias/mas-noticias/unicauca-inicio-proyecto-de-robotica-pedagogica.html>> [citado en 21 de febrero de 2009].
- UPN - Universidad Pedagógica Nacional (2004). Proyectos Vigencia 2004. [Online] Disponible en internet <<http://www.pedagogica.edu.co:8080/portal/contenido.php?esquema=887#>> [citado en 21 de febrero de 2009].
- Vivet, M. et Nonnon, P. (1989). Actes du Premier Congrès Francophone de Robotique Pédagogique" Université Du Maine. Le Mans, Francia.