

Educational Environment for Primary School Using a Commercial Robotic System

Entorno pedagógico para la enseñanza en básica primaria mediante el uso de sistema robótico comercial

Glen Camilo Ortega¹, Andrés Felipe Téllez¹, Jose Guillermo Guarnizo¹, Edgar Camilo Camacho¹

¹Grupo de Estudio y Desarrollo en Robótica GED, Universidad Santo Tomás.
correspondence email: jose.guarnizo@usantotomas.edu.co.org

Recibido: 30/07/2020. Modificado: 30/09/2020. Aceptado: 29/10/2020.

Abstract

Context: In this paper, the design of a robotic system applied to learning in primary school is presented. This system is controlled through a mobile application, where two teams competing against each other answer questions about a subject. The robot moves along a racetrack whenever a team answers correctly. The system is designed for easy operation without advanced knowledge in robotics or informatics.

Method: First, the results from Colombia's Pisa tests were consulted, finding that primary school shows a significant weakness in mathematics. Afterwards, a robotic educational platform was designed using a LEGO MINDSTORM robot and a mobile phone app. The education environment was validated by means of perception surveys at the end of an academic activity with 40 students between third and fifth grade.

Results: The surveys reported an overall interest and satisfaction from the students with the academic activity and the proposed system. The children were very disciplined in the class with the robot. The activity was supported by the mathematics teacher, who believes that the class yielded positive results, thus contributing to the students' academic development.

Conclusions: The use of robotic platforms contributes to the learning process of children. This is because these activities are appealing and interactive. These kinds of systems are designed to develop teamwork. One important characteristic of these environments must be easy usage since they are conducted by teachers without knowledge in robotics or informatics. These platforms must be more accessible and low-cost, but their design must still be attractive.

Keywords: Robotics, education, learning, mathematics.

Acknowledgements: This work was funded by "Decimocuarta convocatoria interna para el fomento de la investigación y la innovación FODEIN 2020" at Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, entitled "Optimización de trayectorias mediante algoritmos bio-inspirados aplicado a robots móviles con percepción local" (project code 2036004).

Language: Spanish

Open access



Cite this paper as: G. Ortega, A. Téllez, J. Guarnizo y E. Camacho: Entorno pedagógico para la enseñanza en básica primaria mediante el uso de sistema robótico comercial. INGENIERÍA, Vol. 26, Num. 1, pp. 41-61 (2021).

© The authors; reproduction right holder Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

<https://doi.org/10.14483/23448393.16721>

Resumen

Contexto: En este artículo se presenta el diseño de un sistema robótico aplicado para la enseñanza en básica primaria, dirigido a la población infantil. El sistema robótico es controlado mediante una aplicación en un teléfono celular, a partir del cual dos equipos de niños compiten moviendo un robot en una pista cuando responden correctamente una pregunta. El sistema está diseñado para ser operado por personas sin conocimientos avanzados en informática o robótica.

Método: Inicialmente se realizó una revisión de los resultados de las pruebas Pisa para Colombia, donde se evidenció que en educación básica primaria existen fuertes deficiencias en matemáticas. Posteriormente se procede al diseño del sistema utilizando la plataforma robótica Lego Mindstorm y una aplicación para teléfono celular. El sistema es validado en una actividad con 40 niños de grados tercero y quinto, validando la actividad por medio de encuestas.

Resultados: Las encuestas reflejaron una satisfacción general de los estudiantes al realizar la actividad, mostrando mucho interés, así como concentración. Se evidenció disciplina de los niños en la actividad. La actividad fue acompañada por el docente del espacio académico, quien consideró que el ejercicio realizado fue positivo y contribuye al desarrollo académico de los estudiantes.

Conclusiones: El uso de plataformas robóticas contribuye a los procesos de aprendizaje en la población infantil al ser atractivas, interactivas y fortalecer el trabajo en equipo. Este tipo de plataformas deben ser de fácil uso, ya que las actividades serían acompañadas por docentes de distintas formaciones. Se debe buscar que las plataformas sean accesibles y de bajo costo, pero con un diseño llamativo para la población a la que va dirigida.

Palabras clave: Educación, enseñanza, matemáticas, robótica.

Agradecimientos: Este proyecto ha sido financiado por la “Decimocuarta convocatoria interna para el fomento de la investigación y la innovación FODEIN 2020” de la Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C., Colombia, titulado “Optimización de trayectorias mediante algoritmos bio-inspirados aplicado a robots móviles con percepción local”, código de proyecto: 2036004.

Idioma: Español

1. Introducción

El uso de herramientas tecnológicas aplicadas a la educación ha tenido gran acogida en los últimos años, principalmente por el avance que presenta el sector tecnológico. Esto ha permitido que las generaciones más jóvenes presenten un mayor interés hacia la robótica, derivando en procesos de aprendizaje y desarrollo de competencias adaptadas a los nuevos tiempos. El uso de herramientas basadas en robótica y las TIC aplicadas a procesos educativos dirigidos a la población infantil, permite un mejor acercamiento de la población más joven a las nuevas tecnologías, además de que proporciona herramientas a los docentes para los procesos de enseñanza [1].

Colombia presenta serios retos en cuanto a la calidad de la educación, incluyendo la enseñanza básica primaria en pruebas relacionadas con conceptos matemáticos. Una de las causas de estas falencias se debe a la poca o nula implementación de nuevas tecnologías en las mallas curriculares de los espacios académicos que se imparten en estos cursos [2]. Se observa que metodologías de aprendizaje son anticuadas y no se adaptan a las necesidades vigentes [3]. También se evidencia la necesidad de proponer estrategias pedagógicas con el fin de facilitar un mejor entendimiento entre estudiantes y profesores.

El uso de tecnologías en los procesos de aprendizaje busca desarrollar en los niños habilidades para afrontar y resolver problemas, permitiendo una mejor aceptación en la adquisición de nuevas competencias en el uso de tecnologías vanguardistas, desarrollando también un mayor interés en temas como como la robótica. Esto le ofrece al docente nuevas herramientas en los procesos de enseñanza [4]. En [5] se detallan distintas razones por las cuales la robótica educativa puede ser utilizada para fomentar el aprendizaje en niños menores de ocho años. En [6] se evidencia cómo el involucrar robots en procesos de aprendizaje en población infantil y de adolescentes incrementa el interés tanto en los estudiantes para el aprendizaje en programación de computadores y algoritmos, como también en docentes y pedagogos de educación básica primaria en el uso de herramientas tecnológicas aplicadas a sus procesos de enseñanza.

Se define como “robótica educativa” la disciplina que permite apropiación cognitiva, en la cual se desarrollan robots para que estudiantes se integren con la tecnología fácilmente, mejorando los procesos de aprendizaje [7]. Algunos trabajos de robótica educativa tratan sobre la implementación de robots móviles construidos con piezas del kit comercial Lego Mindstorms, como apoyo en la educación preescolar y educación primaria [8]. Otros proyectos se enfocan en el diseño de su propia plataforma tecnológica, como por ejemplo en [9], donde se construyó un robot móvil didáctico para el trabajo con niños de básica primaria para la enseñanza de conceptos elementales de geometría, mediante el uso de comandos de voz. El uso de la robótica para la enseñanza de principios de física como punto de equilibrio y demás conceptos de ingeniería realizado en Colombia es detallado en [10]. En [11] se presenta el diseño de una herramienta de *software* con propósitos educativos para la configuración de robots Lego Mindstorm EV3 y VEX, para la enseñanza de cursos de robótica a nivel técnico. En [12] se presenta una revisión sobre distintas redes de conocimiento para el intercambio de experiencias en robótica educativa en el contexto latinoamericano.

En un trabajo realizado en la Universidad de Salamanca España se documentaron las distintas ventajas que se encontraron al trabajar con kits robóticos implementados en áreas de pedagogía como apoyo a la enseñanza en temas en el área de matemáticas, física o electrónica, observando que este tipo de tecnología genera ambientes de aprendizaje que le facilitan al estudiante resolver problemas en situaciones más cercanas al mundo real [13]. En el año 2014, en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, fueron presentadas plataformas de programación de uso robots Lego Mindstorms NXT V1.0 y V2.0 con el propósito de realizar actividades lúdicas con el uso de la robótica, buscando motivar a estudiantes de primaria y a docentes del uso de tecnologías para estrategias de educación con robótica [14]. En el año 2015, en la Universidad Pedagógica Nacional en Bogotá, una línea de robótica escolar fue implementada, validada con estudiantes de últimos años del Colegio Técnico Jaime Pardo Leal; se usó la plataforma Lego Mindstorm que contiene sensores, actuadores, lazos de control realimentados y piezas constructivas con el fin de introducir lenguajes de programación como PHP, HTML y CSS3 [15]. En [16] se utiliza la robótica para apoyar la enseñanza de las matemáticas en la población infantil.

En la Universidad Politécnica delle Marche en Italia, fue realizado un taller de aprendizaje en ciencia y tecnología dirigidos a menores con edades ubicadas entre los seis y los quince años con el fin de enseñar conocimientos básicos de diseño, construcción y programación trabajando con Lego Mindstorms NXT, corroborando que esta metodología innovadora puede ser aplicada en diferentes actividades académicas [17]. En Suecia, en un proyecto de robótica educativa orientada a la po-

blación infantil, fue implementado un tutor robótico en una escuela de primaria durante cerca de tres meses. El robot fue diseñado para dar clases a los estudiantes de geografía y ciencias sociales en básica primaria, desarrollando actividades para familiarizar a los estudiantes con la lectura de mapas. De este estudio se concluye que los robots permiten mejorar la interacción con niños, lo que estimula un fácil aprendizaje [18]. En [19] se realiza un estudio sobre los efectos del aprendizaje en niños al usar la plataforma robótica Bee-Bot para la enseñanza de pensamiento computacional, encontrando estadísticamente un aumento significativo en las habilidades computacionales entre los participantes de las pruebas.

En [20] se realiza una revisión del estado del arte sobre el uso de tecnologías basadas en robótica social aplicada para el apoyo en la educación secundaria y preuniversitaria, enfocada en la enseñanza de matemáticas y ciencia, señalando que potencian el acceso y la inclusión de comunidades multiculturales en el aula de clase. Robots humanoides han sido utilizados en labores pedagógicas con niños que sufren de diabetes, con el fin de apoyar procesos de aprendizaje en el cuidado de dicha enfermedad, mostrando una mejora en el tratamiento de este mal en la población infantil [21]. Con una aplicación apoyada en robots móviles Lego Mindstorms, se encontró que se puede mejorar el proceso de aprendizaje de las matemáticas en niños con distintos niveles de autismo [22]. Un trabajo que también involucra robots para la enseñanza dirigido a niños con autismo es presentado en [23], donde el instructor dirige las clases mediante juegos sociales, actividades basadas en historias, así como actividades de canto y baile, los resultados sugieren que la interacción con el robot atraía la atención de los niños sobre los temas impartidos.

Estos trabajos anteriormente relatados permiten apreciar un impacto favorable cuando se involucran tecnologías robóticas en procesos de aprendizaje. Teniendo esto en cuenta, en el siguiente artículo se propone el diseño de un entorno pedagógico mediante el uso de un kit robótico comercial Lego Mindstorm, el cual permita la enseñanza de contenidos matemáticos de básica primaria, dirigido a una población infantil. Para complementar el *hardware* se procede al diseño de la interfaz del usuario con la máquina, la cual será un aplicativo en un dispositivo móvil. Finalmente, se desarrolla su validación en un aula escolar, orientada a un espacio académico de matemáticas con niños entre los grados tercero y quinto de educación básica primaria, con el fin de medir la aceptación por parte de la comunidad infantil escolarizada y los docentes. Los resultados sugieren que el uso de tecnologías en los procesos de enseñanza preescolar genera un mayor interés por parte de los estudiantes en edad infantil, involucrándolos desde temprana edad en el uso de tecnologías de la información y las telecomunicaciones, y presentando otros escenarios interactivos diferentes a sus procesos de aprendizaje.

2. Diseño entorno pedagógico

Con el fin de diseñar el entorno pedagógico basado en un kit de robótica comercial, inicialmente se plantea la búsqueda de un problema en la enseñanza de un tema enfocado a la educación básica primaria; posteriormente, se presenta una metodología para la implementación en un el kit de robótica comercial seleccionado. Procurando complementar el entorno pedagógico, se diseña una guía que le permita al docente desarrollar las actividades académicas sin necesitar conocimientos avanzados en robótica.

2.1. Selección de la temática de educación básica primaria

Con el propósito de seleccionar una problemática académica en la cual se deba priorizar, se procede a consultar dos índices referentes en evaluación educativa, uno global y el otro local. Para el primer caso, se utiliza el registro otorgado por la organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE), en el cual participan alrededor de 70 países [24]. Esta evaluación es aplicada cada tres años a los jóvenes mayores de quince años.

Como se puede apreciar en la Figura 1, pese a que hay una leve mejora del año 2012 al 2015 en ciencias, resultado de un esfuerzo a nivel nacional por lograr alcanzar un nivel adecuado, al comparar estos resultados en el contexto internacional, Colombia sigue relegada con una diferencia del 26 % con respecto a los demás países de la OCDE. Al revisar la Figura 2, en comprensión de lectura, aunque se observa una notable mejora de ocho puntos porcentuales en los niveles 0, 1A, 1B, sigue existiendo un rezago frente a la OCDE. Siendo esta la mejor competencia a nivel nacional se requiere un mayor esfuerzo para lograr ser competitivos frente a los países miembros de la organización. Finalmente, como se observa en la Figura 3, el desempeño matemático es donde se presenta la brecha más grande, pues el 66 % de los estudiantes colombianos no supera el objetivo mínimo; también se observa cómo en las demás competencias evaluadas Colombia se encuentra por debajo de la media de los países miembros de la organización.

Revisando un caso puntual a nivel de Bogotá D.C., como se presenta en la Figura 4, se observa que en los resultados de las pruebas Pisa realizadas en el año 2017 el 43 % de los estudiantes de grado tercero no alcanza un nivel satisfactorio en matemáticas, evidenciando un problema en esta área. El hecho anterior confirmaría la deficiencia de los estudiantes de educación básica primaria en matemáticas tanto a nivel Colombia como en Bogotá D.C., ya que como se observa en la Figura 5, el 62 % de los estudiantes no cumplen un nivel satisfactorio en matemáticas, llegando al 31 % el nivel deficiente. Esto permite concluir que el espacio de matemáticas presenta importantes deficiencias en cuanto al rendimiento de los estudiantes de educación básica, por lo que se elige este espacio curricular para la aplicación del entorno pedagógico.

2.2. Implementación de robot comercial y aplicación en teléfono móvil aplicado a la enseñanza en básica primaria

Para el uso del robot como entorno pedagógico en la enseñanza de las matemáticas se propuso el siguiente procedimiento: se dispone de una pista negra con una línea blanca donde un robot móvil debe transitarla hasta llegar a una meta, deteniéndose en diferentes marcadores; adicionalmente, se tienen dos equipos y una aplicación en un teléfono móvil. En una primera actividad, se debe seleccionar cuál de los dos equipos empieza; cuando el robot llega a un marcador realiza una pregunta sobre matemáticas, se le pregunta al primer equipo, si el equipo responde correctamente se le asigna un punto y el robot continúa al siguiente marcador. En caso contrario, se sede el turno al otro equipo. No obstante, ambos equipos tendrán el mismo número de turnos, de tal manera que gana el equipo que más puntos realice en sus turnos.

Para este trabajo se utilizó la plataforma Lego Mindstorm utilizando el lenguaje de programación de alto nivel NXT [25]. Con el fin de hacer el robot atractivo para una población infantil, se ensam-

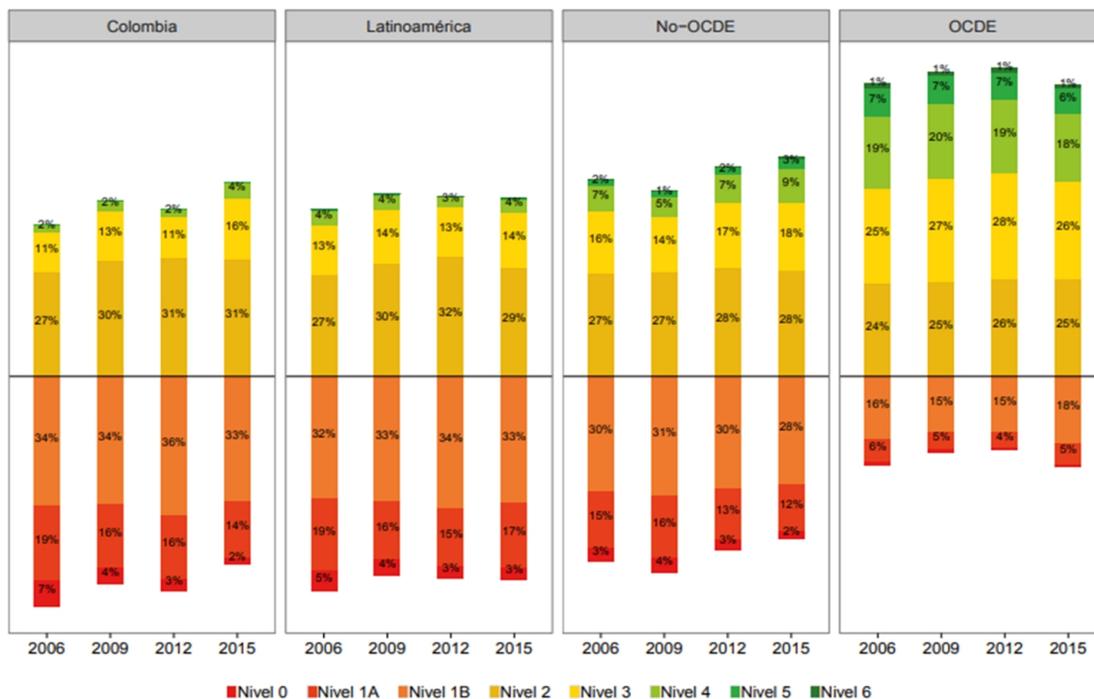


Figura 1. Nivel de desempeño en ciencias de acuerdo con las pruebas Pisa [24].

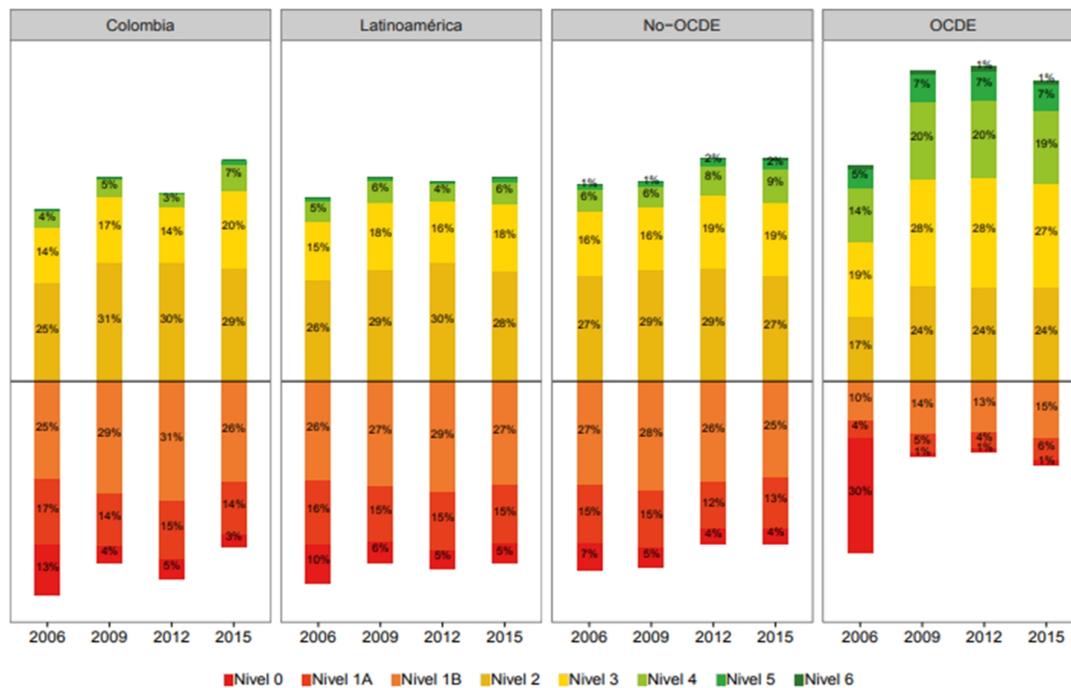


Figura 2. Nivel de desempeño en lectura de acuerdo con las pruebas Pisa [24].

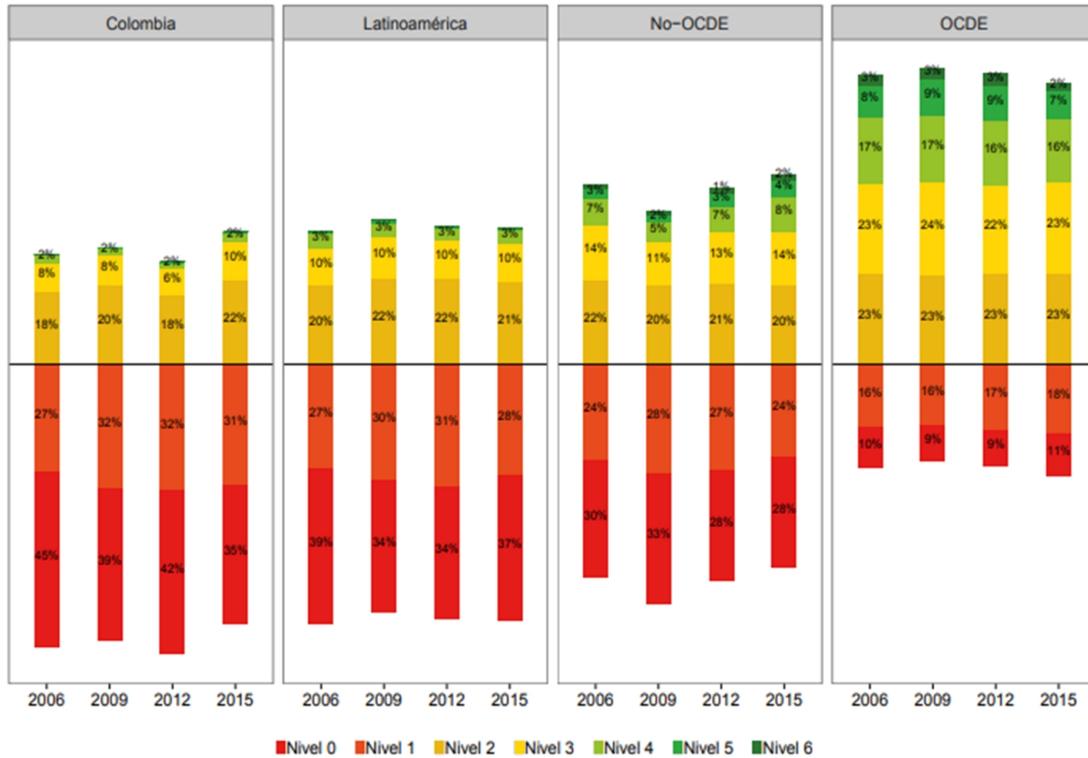


Figura 3. Nivel de desempeño en matemáticas de acuerdo con las pruebas Pisa [24].

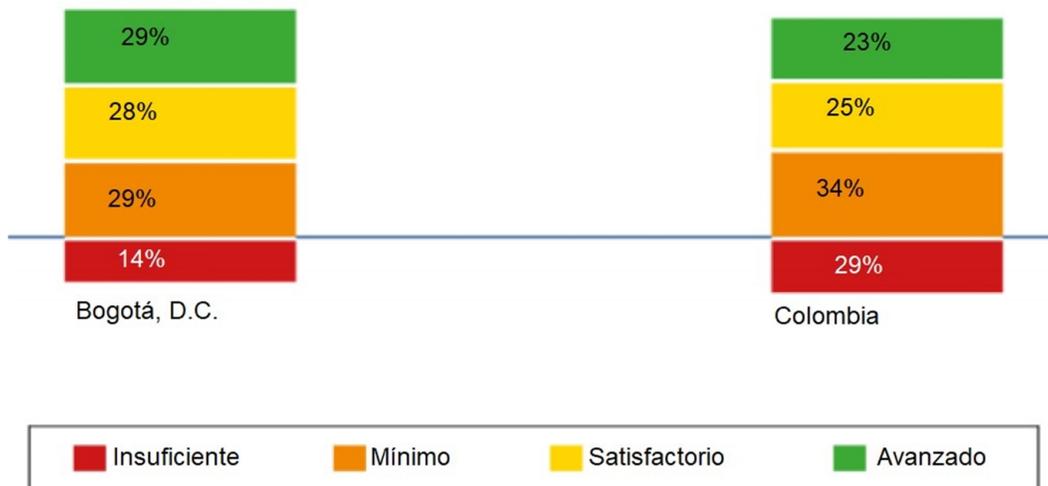


Figura 4. Resultados pruebas saber 2017 grado tercero en área de matemáticas [24].

bla el robot con el modelo de un perro, tal como se presenta en la Figura 6. La intención del perro es ser un robot seguidor de línea, por lo que se utiliza un sensor de luz Lego Mindstorm en la parte inferior del perro. Este sensor detecta si está sobre la línea a partir de la intensidad de luz recibida por el sensor, lo que le permite saber al robot si se encuentra en el borde izquierdo o en el borde derecho, así el robot logra realizar el comportamiento necesario, tal como se presenta en la Figura 7.

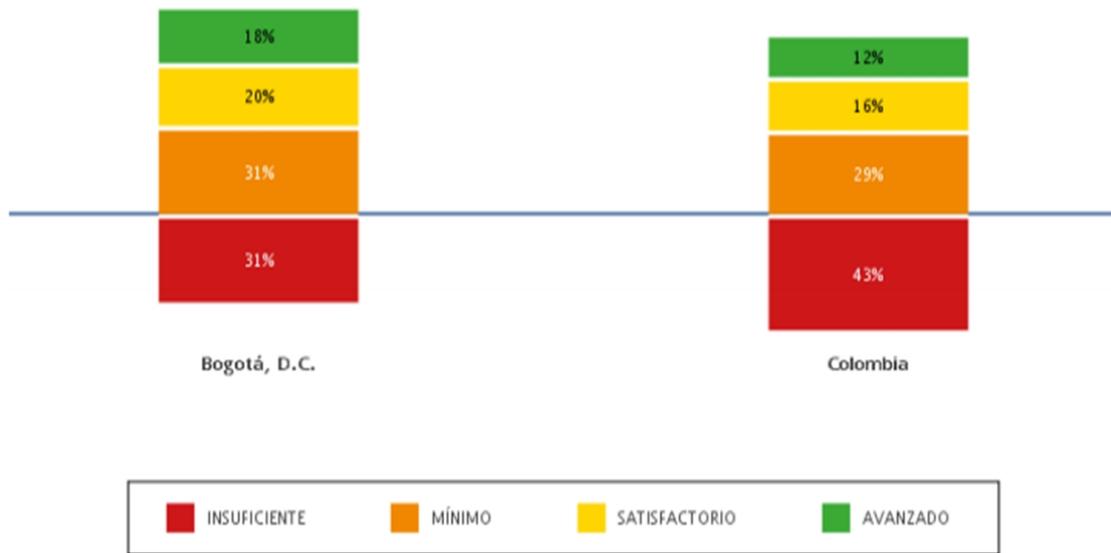


Figura 5. Resultados pruebas saber 2017 grado quinto en área de matemáticas [24].

Además de seguir la línea, el robot deberá detenerse en distintos marcadores para realizar la actividad con los estudiantes. En esta actividad el robot utiliza un led blanco y un sensor sensible a la luz, el cual se calibra para que identifique el color rojo, de acuerdo con lo que se explica en [26]. Para el desarrollo de la programación del robot se trabajaron tareas de paralelismo y subrutinas. En la Figura 8 se presenta el diagrama de bloques de inicialización del sistema y activación de los sensores. En el caso de que al revisar la conexión Bluetooth no encuentre conexión con la aplicación del dispositivo móvil se generará una señal de error.

En el desarrollo de la aplicación móvil se debe buscar que esta sea dinámica, llamativa y de muy fácil comprensión tanto para los estudiantes como para el docente, por lo cual se seleccionó un entorno de desarrollo de *software* llamado App Inventor, el cual funciona bajo el sistema operativo Android [27]. La pantalla principal de la aplicación se presenta en la Figura 9, este sistema permite la posibilidad de elegir uno de los dos equipos con el que se va a participar, presenta la pregunta que se le realiza al estudiante, junto al marcador del juego. Para este proceso, se generan dos campos de texto donde se deben introducir los nombres de los equipos; posterior a esto se pide una validación del nombre asignado y se inicia el juego. La aplicación se conecta al robot Lego mediante conexión Bluetooth, inicializando las diferentes variables a utilizar como lo son el control de los turnos por equipo, el registro de las respuestas correctas, marcador, temporizadores, entre otras.

Posterior a este proceso, se ejecuta la asignación de gráficos en la pantalla secundaria que es la encargada de presentar la pregunta a realizar, la cual consta de operaciones aritméticas básicas a partir de números aleatorios, la aplicación le presenta al estudiante la respuesta real y otras falsas aleatorias, allí el estudiante debe seleccionar la que considera correcta. Se diseña igualmente un selector de puntos encargado de almacenar los puntos ganados por cada equipo, así como notificar el cambio de turno mediante ayudas visuales.



Figura 6. Modelo robótico LEGO MINDSTORM.

Cada vez que ante una pregunta el estudiante seleccione la respuesta que considera correcta, se compara la respuesta real con la seleccionada por el estudiante; en caso de que la selección haya sido correcta un botón presentado en la pantalla cambiará a color verde y actualizará el marcador. Posteriormente se le envía una señal al robot para que se mueva hasta que detecte la siguiente estación, internamente en la aplicación se activa un temporizador de diez segundos, tiempo aproximado en que el robot se mueve a la siguiente estación.

En el caso de que el estudiante no haya seleccionado la respuesta correcta, el botón de fondo asignado se tornará rojo indicando que la respuesta es incorrecta, lo que el proceso de cambio de turno y no acumula puntos en el marcador. Finalmente, siempre que se inicialice cualquier proceso se activa un temporizador de diez segundos que se desactivará cuando sea pulsado algún botón, esto se hace con el propósito de generar cambio de turno automático en caso tal de que nadie del equipo responda. Un ejemplo de caso de la segunda pantalla es presentado en la Figura 10, incluyendo también figuras alusivas al Lego Mindstorm para hacerlo más llamativo a una población infantil.

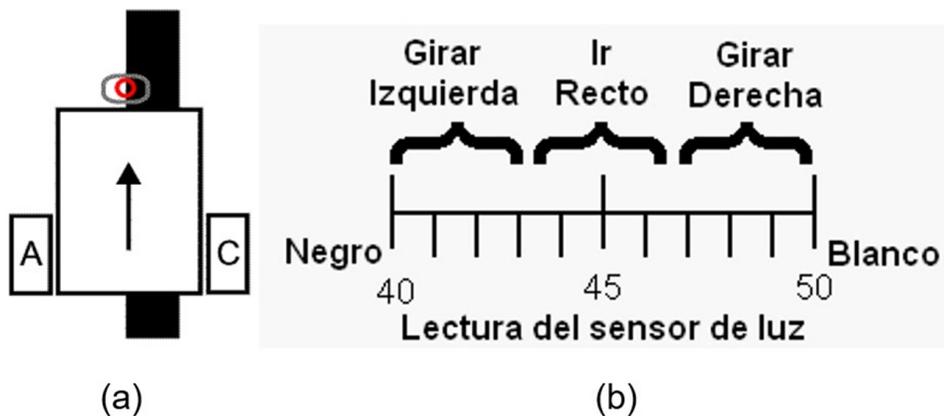


Figura 7. (a) Modelo seguidor de línea. (b) Lectura de intensidad de luz reflejada.

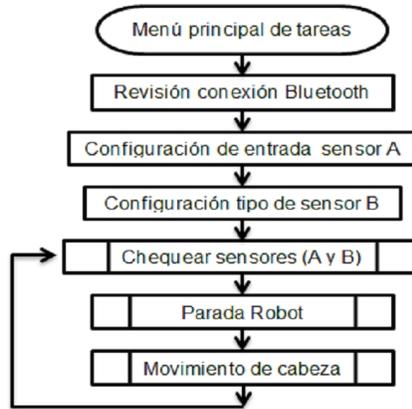


Figura 8. Diagrama de bloques del robot y activación de sensores.

2.3. Diseño de la guía para la aplicación y el seguimiento del sistema pedagógico

Con propósito de diseñar una guía que pueda ser utilizada por personas que tengan conocimientos muy básicos en el uso de teléfonos celulares inteligentes y ninguno en robótica, se debe minimizar los pasos a seguir para el uso del sistema de enseñanza. Para este propósito se elaboró un folleto, tal y como se presenta en la Figura 11, el cual se le entrega al docente para el desarrollo de la actividad. En esta guía se explica paso a paso el proceso de encendido del robot, la conexión vía Bluetooth con el teléfono celular y el procedimiento con los estudiantes. La guía también sugiere el proceso de seguimiento con los estudiantes en caso tal de que no respondan satisfactoriamente la pregunta asignada.



Figura 9. Pantalla principal de la aplicación.



Figura 10. Segunda pantalla aplicación en el teléfono celular.

Con la intención de validar el grado de satisfacción de la herramienta pedagógica, se diseña una encuesta dirigida a los estudiantes. Teniendo en cuenta lo anterior, la encuesta debe ser llamativa para un público infantil, en las respuestas de las preguntas se agregan cinco íconos que expresarían sentimientos entre felicidad (máxima calificación) y tristeza (calificación completamente insatisfactoria), tal como se puede observar en la Figura 12. En la encuesta que se realiza a los estudiantes, se incluyen las siguientes preguntas:

- “¿Cómo calificas la actividad?”. Esta pregunta pretende determinar el gusto de los estudiantes frente a la actividad.
- “¿Cómo calificas la aplicación en el celular?”. Esta pregunta pretende determinar el gusto por la inclusión del dispositivo móvil en la actividad.
- “¿Cómo consideras la presencia del robot en la actividad?”. Esta pregunta busca la importancia que los estudiantes le dan al uso del robot en la actividad.
- “¿Sientes que aprendiste con Tony?”. Entendiendo que el nombre del robot es Tony, la pregunta busca evaluar el grado de aprendizaje que los estudiantes consideran que tuvieron con el robot.
- “¿Cómo te sentiste jugando con tus compañeros de equipo?”. La pregunta pretende establecer el grado de satisfacción de los estudiantes realizando la actividad en equipo.

Finalmente, se incluye la pregunta “¿Qué método te gusta más, con el robot o sin el robot?”, con dos únicas opciones, con el propósito de determinar la preferencia de los estudiantes entre el método propuesto y la técnica clásica. La pregunta final de esta encuesta es “¿Te gustaría realizar

Diseño de un entorno pedagógico para la enseñanza de temas básicos en educación primaria con el uso de kits de robótica comercial

Glen Camilo Ortega Díaz
glen.ortega@usantotomas.edu.co

Andrés Felipe Téllez Rodríguez
andrestellez@usantotomas.edu.co

Director:

Ing. José Guillermo Guarnizo Marín
jose.guarnizo@usantotomas.edu.co

Facultad de Ingeniería Electrónica
 Universidad Santo Tomás
 Bogotá, D.C.
 2018



GUÍA PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Entorno pedagógico para la enseñanza de temas básicos en primaria con Kits de robótica



BOGOTÁ - PBX: (57) 587 87 97 Línea gratuita nacional 01 8000 111 380
 Carrera 3: 9715 11 Avenida del Estado / Comuna de Usme / Bogotá D.C.
 VICERRECTORÍA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA - Tel: (57) 995 00 00
 Carrera 10: n° 72-50 Avenida del Estado / Comuna de Usme / Bogotá D.C.
 NIT: 890612351-6



Institución de Educación Superior sujeta a la inspección y vigilancia del Ministerio de Educación Nacional - SNEE 1704

- a. Presione el botón naranja del Lego hasta que éste se encienda.



- b. Asegúrese que el icono de Bluetooth esté activo.



- c. Seguidamente seleccione la opción de "My Files" en el menú principal.

- d. Seleccione la opción seguidor de línea y de en "Run".

- e. Ahora divida el grupo de estudiantes en 2 equipos.

- f. Pida a los estudiantes que escojan el nombre del equipo.



- g. Digite los nombres de cada equipo en la aplicación móvil en la siguiente sección.

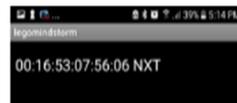
- h. Después de pulsar el botón

LEGO MINDSTORMS

Nombre del equipo

Equipo 1	<input type="checkbox"/>
Equipo 2	<input type="checkbox"/>

"Comenzar", la aplicación solicitará la conexión Bluetooth con el dispositivo Lego. En esta parte usted debe darle en la siguiente opción.



- i. Solicite a cada uno de los equipos que seleccionen un representante en cada turno y reúnalos.

- j. Antes de comenzar los equipos tendrán dos ayudas por cada representante, estas serán:

1. Preguntar al equipo en caso de no saber la respuesta.
2. Tiempo extra para el desarrollo de la operación (10 segundos más).

- k. El docente contará con un formato de reporte en el cual anotará el nombre del estudiante y la operación matemática con la que el representante actual tenga dificultad para contestar. (Ver archivo Formato de reporte)

- l. Después de que cada representante conteste la pregunta, el equipo debe reasignar otro representante para que este conteste la siguiente pregunta, así hasta que el Lego se encuentre en la meta.

- m. Al finalizar del circuito, el docente le mostrará a cada uno de los equipos las operaciones matemáticas con las que los representantes tuvieron dificultades. El equipo deberá enseñar al estudiante la forma correcta de desarrollar la operación que se le dificultó.

- n. Haga una reevaluación a cada estudiante que esté anotado en el formato de reporte para reforzar su conocimiento en las operaciones matemáticas.



Figura 11. Folleto guía para la actividad.



CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD

Marca con una X la puntuación que considere más acorde con la actividad [1 muy deficiente, 5 excelente]

Preguntas					
¿Cómo calificas la actividad?					
¿Cómo calificas la aplicación en el celular?					
¿Cómo consideras la presencia del robot en la actividad?					
¿Sientes que aprendiste jugando con tony?					
¿Cómo te sentiste jugando con tus compañeros de equipo?					
Comentarios:					

<p>¿Qué método te gusta más con el robot o sin el robot?</p> <p><input type="checkbox"/> Con Robot <input type="checkbox"/> Sin Robot</p> <p>¿Te gustaría realizar la actividad otra vez?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
--



BOGOTÁ - PBK: (571) 567 87 97 Línea gratuita nacional: 01 8000 311 180
 Carrera 9, n.º 53-11 P. Avenida de los Corredores @ santotomas.edu.co
 VICERRECTORÍA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA - 36, (571) 595 00 00
 Carrera 10, n.º 72-507 www.universidadabierta.co / Admision@quitarancia.edu.co
 NIT: 860072357-6

Institución de Educación Superior sujeta a la inspección y vigilancia del Ministerio de Educación Nacional - SINES 1704



Vigencia por seis años

Figura 12. Encuesta de satisfacción a los estudiantes.

la actividad otra vez?”, con respuesta sí o no, busca determinar si los estudiantes desean realizar una actividad similar.

Posteriormente se realiza una encuesta al docente con propósito de conocer su percepción frente a la actividad realizada, en esa encuesta el docente puede evaluar entre 1 y 5, siendo 1 la mínima calificación y 5 la máxima, las preguntas son presentadas en la Figura 13. Como se observa, también se le pregunta si les gusta la actividad con el robot, así como si realizarían la actividad nuevamente. También se le permite al docente realizar comentarios o sugerencias. En La Figura 14 se presenta una tabla que puede utilizar el docente de la asignatura con el fin de anotar resultados individuales para actividades de seguimiento estudiantil.

El formulario de seguimiento es entregado al docente al inicio de la actividad con el fin de anotar el nombre de los estudiantes participantes y su respectivo equipo. Las encuestas tanto a los estudiantes como al profesor se entregan una vez finalizada la actividad, para que sea diligenciada de forma individual, buscando evaluar la percepción que tiene la actividad entre sus participantes.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD

Nombre y apellidos:

Marque con una X la puntuación que considere más acorde con la actividad realizada (1 muy deficiente, 5 excelente)

Preguntas		1	2	3	4	5
Considera que el uso de robótica en la enseñanza para los niños es...						
En su experiencia como docente considera que la actividad del entorno pedagógico tuvo contenido educativo.						
Califique que tan lúdica es la actividad con respecto a la conducta de los estudiantes.						
En su conocimiento de docente, como califica la atención que los estudiantes tuvieron frente al prototipo.						
¿Cree usted que actividades como estas pueden lograr mejores resultados académicos en los alumnos?						
En su experiencia personal califique la actividad.						

Comentarios, Sugerencias:

¿Qué método le gusta más, con el robot o sin el robot?

Con Robot Sin Robot

¿Te gustaría realizar la actividad otra vez?

Sí No



BOGOTÁ - Pbx: (57) 587 8717 Línea gratuita nacional: 01 8000 111 180
 Carrera 9, n.º 51-11 / www.usita.edu.co / contactenos@usantotomas.edu.co
VICERRECTORÍA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA - Tel. (57) 595 00 00
 Carrera 10, n.º 72-50 / www.usadistancia.edu.co / admisiones@usadistancia.edu.co
 NIT: 860012357-6



Asociación de Educación Superior sujeta a la Inspección y Vigilancia del Ministerio de Educación Nacional - SINES 1704

Figura 13. Cuestionario de la actividad para el docente.

3. Validación del entorno pedagógico para la enseñanza de matemáticas

Con fines de validación, se realizó una prueba en la Institución Educativa Luis Carlos Galán Sarmiento, del municipio de Soacha, Cundinamarca, donde se realizó la actividad con 40 niños estudiantes de los grados tercero y quinto, en cinco sesiones con grupos de ocho niños. En la Figura 15 se presenta el sistema con el robot, la pista montada y la aplicación en el teléfono móvil.


UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
 PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Formato Reporte

Equipo 1		Equipo 2	
Nombre del equipo:		Nombre del equipo:	
Nombre y apellido del estudiante	Operación matemática que se le dificultó al estudiante	Nombre y apellido del estudiante	Operación matemática que se le dificultó al estudiante
	X =		X =
	X =		X =
	X =		X =
	X =		X =
	X =		X =
	X =		X =
	X =		X =



BOGOTÁ • PBX: (571) 587 87 97 Línea gratuita nacional: 01 8000 111 180
 Carrera 9, n.º 51-11 / www.usta.edu.co / contactenos@santotomas.edu.co
VICERRECTORÍA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA - Tel. (571) 595 00 00
 Carrera 10, n.º 72-50 / www.ustadistancia.edu.co / admisiones@ustadistancia.edu.co
 NIT: 860012357-6



Vigencia por seis años

Institución de Educación Superior sujeta a la inspección y vigilancia del Ministerio de Educación Nacional - SNIES 7704

Figura 14. Formato de seguimiento estudiantil.

A los estudiantes se les explicó la dinámica de la actividad presentándoles el robot con el nombre de “Tony”, dándoles las instrucciones de que para que Tony pudiera llegar a la meta deberían responder de forma correcta las preguntas de matemáticas, de tal manera que si la respuesta es correcta el robot avanzaría a la siguiente estación, emitiendo un sonido de ladrido y simultáneamente moviendo la cabeza. Una vez un estudiante responde le pasa el teléfono celular a otro estudiante para que responda la pregunta, así hasta que finalmente cada estudiante responda por lo menos dos veces, cuando el estudiante falla en responder deberá pasarle el celular al equipo contrario. Finalmente, gana el equipo que más puntos tenga después de que cada participante en cada equipo respondiera dos veces. Mientras la actividad se desarrolla el docente toma nota en el formato de seguimiento presentado previamente en la Figura 14. En la Figura 16 se presenta una foto de la actividad.

Una vez finaliza la actividad se les suministra a los estudiantes las encuestas, explicando que la cara feliz 😊 corresponde a una calificación excelente, la cara alegre 😄 corresponde a una calificación buena, la cara neutra 😐 equivale a una calificación aceptable, la cara de preocupación 😟 expresa la calificación como regular, finalmente la cara triste 😞 es una calificación deficiente. Se aclara que no todas las preguntas fueron respondidas por los estudiantes.



Figura 15. Robot, pista y aplicación en dispositivo móvil.



Figura 16. Desarrollo de la actividad con los estudiantes.

Al realizar la actividad en los cinco grupos se evidenció en todo momento alegría por parte de los estudiantes al interactuar con la plataforma robótica, comportamiento que ha sido reportado en la literatura en trabajos como [28], donde el autor señala que plataformas como la presentada en este artículo tienen como objetivo motivar a los estudiantes a aprender mientras están jugando. También se resalta que contrario a lo que los autores del artículo esperaban, el comportamiento de los niños en la actividad fue muy respetuoso y disciplinado, ya que en ningún momento los niños trataron de tocar el robot o interferir de otros modos con la actividad.

En la Tabla I se presentan los resultados de las preguntas realizadas a los estudiantes. NR corresponde a los estudiantes que no respondieron la pregunta. Como se puede observar ante la pregunta de cómo califican los estudiantes la actividad, la gran mayoría de los encuestados reportaron una gran simpatía hacia la misma, ya que el 67,5 % de los estudiantes apreciaron la actividad como excelente, 17,5 % como buena, solamente un 5 % de los estudiantes le dieron una calificación de aceptable y 2,5 % como deficiente; no obstante, y dados los demás resultados observados en la Tabla I, esa calificación de deficiente corresponde a la respuesta de un solo estudiante sobre los 40 encuestados, es un valor atípico dada la tendencia encontrada. Al preguntar sobre la aplicación en el teléfono celular, la calificación de excelente aumentó al 72,5 %, siendo buena para el 15 % y aceptable apenas para un 2,5 %, sin tener calificaciones menores. Sobre la percepción del robot en la actividad se obtuvieron los porcentajes más altos de satisfacción, al llegar al 85 % el excelente, 5 % bueno y 5 % aceptable. Igualmente, la gran mayoría de estudiantes evalúan de forma excelente la pregunta si aprendieron jugando con el robot (el 80 %), 5 % lo evalúan como bueno y 7,5 % un aceptable. Hay una leve disminución de las evaluaciones en el momento de preguntar sobre la percepción de la actividad jugando con los compañeros, ya que el excelente fue de 72,5 %, bueno 10 % y aceptable 10 %. Como se puede apreciar, la única pregunta que tuvo un estudiante que calificó alguna pregunta con deficiente es la evaluación de la actividad, ninguna pregunta tuvo una evaluación de aceptable, en todas las preguntas siempre hubo entre dos y cuatro estudiantes que no respondieron esa pregunta en particular, aunque todos los 40 estudiantes respondieron al menos una pregunta de la encuesta.

Tabla I. Respuestas a las 5 preguntas de evaluación de la actividad.

	Deficiente	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente	NR
¿Cómo calificas la actividad?	2,5 %	0	5 %	17,5 %	67,5 %	7,5 %
¿Cómo calificas la aplicación en el celular?	0	0	2,5 %	15 %	72,5 %	10 %
¿Cómo consideras la presencia del robot en la actividad?	0	0	5 %	5 %	85 %	5 %
¿Siente que aprendiste jugando con Tony?	0	0	7,5 %	5 %	80 %	7,5 %
¿Cómo te sentiste jugando con tus compañeros de equipo?	0	0	10 %	10 %	72,5 %	7,5 %

En la Tabla II se presentan los resultados a dos preguntas adicionales que se le realizaron a los estudiantes, nuevamente NR corresponde a que no respondieron la pregunta. Cuando se les pregunta por el método que les gustó más, 36 de los 40 estudiantes respondieron que les gusta más la clase con el robot, los cuatro restantes no respondieron la pregunta. Finalmente, se les pregunta si les gustaría repetir la actividad respondiendo que sí 36 estudiantes, un estudiante responde no, con tres estudiantes que se abstienen de responder.

Al preguntarle al docente sobre la actividad en un formulario suministrado al final de esta, respondió que considera el uso de la robótica en el aula como excelente, así como también consideró excelente el contenido educativo de la actividad, el docente calificó como buena la lúdica de la actividad dado el interés de los estudiantes, evaluando también como excelente la atención de los estudiantes en la actividad. El docente consideró que este tipo de actividades pueden mejorar los resultados académicos.

Tabla II. Respuestas a preguntas sobre comparación y repetición del ejercicio.

¿Qué método te gusta más con el robot o sin el robot?		
Con Robot	Sin Robot	NR
90 %	0 %	10 %
¿Te gustaría realizar la actividad otra vez?		
Sí	No	NR
90 %	5 %	5 %

Los resultados de las encuestas señalan una satisfacción general por parte de los estudiantes frente al uso del robot y la aplicación en el teléfono móvil, ya que mayoritariamente respondían de forma favorable a las preguntas realizadas en las encuestas de satisfacción de la actividad. Asimismo, 36 de los 40 niños encuestados manifestaron que les agradó más la actividad con el robot, 36 de los encuestados también señalaron que les gustaría volver a realizar actividades académicas similares con el robot en una próxima ocasión. Estos datos sugieren que los niños gustan del uso de tecnologías en robótica y aplicaciones, planteando la posibilidad de seguir aplicando distintas tecnologías en clase, de forma paralela a la enseñanza tradicional.

Como se puede apreciar en los resultados anteriores, los niños presentan en su gran mayoría un gusto por este tipo de actividades de naturaleza lúdica utilizando robots y demás tecnologías como aplicaciones celulares. Los niños presentan mucho interés por los robots, manifestando constante curiosidad por las distintas funciones que puedan realizar, siempre manteniendo mucha disciplina en las actividades. El docente acompañante manifestó satisfacción tanto por los resultados obtenidos como por el interés mostrado por los estudiantes en el desarrollo de esta actividad que involucra el uso de la robótica y herramientas de las TIC para la enseñanza de las matemáticas, ya que presenta una interesante estimulación en el proceso de aprendizaje.

4. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se presentó la construcción de un entorno pedagógico para la enseñanza en temas de básica primaria mediante el uso de una plataforma robótica comercial y una aplicación en un teléfono móvil. Se seleccionó una clase de matemáticas teniendo en cuenta los resultados de Colombia en las pruebas Pisa, ya que se evidenció una notable deficiencia en esta área. Al realizar la actividad con los estudiantes se manifestó constantemente una motivación por aprender, presentando siempre disciplina pese a ser la actividad en grupos y utilizar el robot que es bastante llamativo para los niños. La actividad fue enfocada en la respuesta de los niños ante operaciones aritméticas, así que puede ser utilizada tanto para una clase de refuerzo como para procesos de evaluación de los temas previamente enseñados, saliendo del rigor de una evaluación escrita y ofreciendo un escenario dinámico, novedoso, interactivo y que involucra el uso de nuevas tecnologías. Igualmente, se considera que una ventaja de involucrar el uso de robots, así como tecnologías de la información y las telecomunicaciones en procesos de educación infantil, es atraer a los estudiantes desde temprana edad a este tipo de entornos, fomentando su uso a distintas aplicaciones y generando un

mayor interés para el estudio de carreras en ciencia e ingeniería.

Los resultados de las encuestas de satisfacción realizadas a los estudiantes mostraron que la actividad pedagógica realizada con el entorno propuesto fue mayoritariamente calificada como excelente o buena, también los estudiantes consideraron que aprendieron mejor involucrando estas herramientas tecnológicas que en una clase tradicional. De acuerdo con los resultados de las encuestas, se puede concluir que este tipo de actividades estimulan el trabajo en equipo entre compañeros, así como el interés de aplicar tecnologías en las clases, ya que mayoritariamente los estudiantes manifestaron que les gusta más la clase con el robot y que les gustaría volver a utilizarlo en otras clases.

Si bien se utilizó para la construcción del robot la plataforma comercial Lego Mindstorm, dada su facilidad para el diseño de la forma del robot, facilidad en la programación y bajo costo, estas características pueden ser obtenidas a partir de otro tipo de robots construidos a un costo menor, pero manteniendo las características más llamativas que son un diseño atractivo, *software* compatible con computadores portátiles, tabletas o teléfonos celulares y facilidad en su operación, ya que estas aplicaciones siempre estarán dirigidas a personas que no necesariamente tienen un nivel avanzado en conocimientos de informática o robótica.

En futuros trabajos, con el fin de poder realizar un análisis más cualitativo, se repetirá esta misma actividad en otros colegios en la ciudad de Bogotá D.C. a una población mucho más amplia de estudiantes. También se propone el uso de estas aplicaciones en áreas diferentes a las matemáticas, así como desarrollar sistemas similares, pero orientados a otro tipo de público como puede ser población adolescente, tercera edad o personas con discapacidad. Asimismo, se propone la construcción de robots modulares y de fácil programación, pero con sensores adecuados, ello con el fin de bajar los costos del sistema, pero manteniendo las ventajas como un diseño atractivo en el aspecto del robot, facilidades en la programación, así como sencillez en su aplicación.

Referencias

- [1] A. Suárez, D. García, P. A. Martínez y J. Martos, “Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria”, *Magister: Revista miscelánea de investigación*, vol. 30, n.º 1-2, pp. 43-54, 2018. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.43-54> ↑42
- [2] S. R. Parra, M. G. Gómez y M. M. Pintor, “Factores que inciden en la implementación de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje en 5º de Primaria en Colombia”, *Revista Complutense de Educación*, vol. 26, pp. 197-213, 2015. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2015.v26.46483 ↑42
- [3] M. L. Quintero, “Las TIC en la maleta pedagógica de los docentes ¿Una cuestión de competencias?”, en *Memorias Seminario Internacional: Educación e Innovación Social Educativa*, Cali, 2016. ↑42
- [4] V. Ramnarain-Seetohul, D. Beegoo y T. Ramdhony, “Case study of a mobile based application for kindergarten schools in Mauritius”, en *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Innovative Business Practices for the Transformation of Societies (EmergiTech)*, Balaclava, 2016. ↑43
- [5] L. P. Quiroga, “La robótica: otra forma de aprender”, *Revista Educación y Pensamiento*, vol. 25, n.º 25, pp. 51-64, 2018. ↑43
- [6] A. Nusayr y R. da Silva, “The Use of Educational Robots to Engage the Youth in Computer Science: A Case Study”, en *2019 Latin American Robotics Symposium (LARS)*, Rio Grande, 2019. ↑43
- [7] R. A. Arias, G. Y. Ayala, E. P. Bravo, M. E. Campaña y L. M. Cuero, “La Robótica Pedagógica como Herramienta para la Construcción de Aprendizajes Significativos en el Aula”, en *VII Coloquio Internacional de Educación*, Popayán, 2016. ↑43

- [8] M. L. Pinto-Salamanca, N. Barrera-Lombana y W. J. Pérez-Holguín, “Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza”, *Ingeniería Investigación Y Desarrollo*, vol. 10, n.º 1, pp. 15-23, 2010. ↑43
- [9] E. Peña, Y. Yermanos y I. Mondragón, “Construcción de un robot móvil didáctico, para trabajo con niños de básica primaria”, tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2002. ↑43
- [10] J. S. Álvarez, J. A. Jiménez y J. F. Ramírez, “Design Cycle of a Robot for Learning and the Development of Creativity in Engineering”, *Dyna*, vol. 78, n.º 170, pp. 51-58, 2011. ↑43
- [11] L. C. Correa, M. M. Vallejo, J. J. Martínez y J. A. Trujillo, “Herramienta de robótica educativa basada en Lego Mindstorms y VEX Robotics mediante software 3D y diseño mecatrónico”, *Revista ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, vol. 34, n.º 10, pp. 1-19, 2019. <http://dx.doi.org/10.17013/risti.34.1-19> ↑43
- [12] F. A. Guasmayan y N. A. González, “Estado del arte de redes educativas para el intercambio de conocimientos en robótica educativa”, *Ingeniería E Innovación*, vol. 7, n.º 2, pp. 17-21, 2019. <https://doi.org/10.21897/23460466.1784> ↑43
- [13] F. Á. Bravo y A. Forero, “La Robótica Como Un Recurso Para Facilitar El Aprendizaje Y Desarrollo De Competencias Generales”, *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, vol. 13, n.º 2, pp. 120-136, 2012. <https://doi.org/10.14201/eks.9002> ↑43
- [14] N. Barrera, “Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula”, *Praxis y Saber*, vol. 6, n.º 11, pp. 215-243, 2015. <https://doi.org/10.19053/22160159.3582> ↑43
- [15] M. J. Mahecha, “Implementación de línea robótica escolar”, Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2015. ↑43
- [16] J. González, I. Morales, L. Muñoz, M. Nielsen y V. Villarreal, “Mejorando la enseñanza de la matemática a través de la robótica”, en III Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil AmITIC 2019, Pereira, 2019. ↑43
- [17] D. Scaradozzi, L. Sorbi, A. Pedale, M. Valzano y C. Vergine, “Teaching Robotics at the Primary School: An Innovative Approach”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 174, p. 3838-3846, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1122> ↑43
- [18] S. Serholt, “Breakdowns in children’s interactions with a robotic tutor: A longitudinal study”, *Computers in Human Behavior*, vol. 81, pp. 250-264, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.030> ↑44
- [19] C. Angeli y N. Valanides, “Developing young children’s computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy”, *Computers in Human Behavior*, vol. 105, pp. 1-13, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018> ↑44
- [20] Ministerio de Educación Nacional, “Informe nacional de resultados”. [En línea]. Disponible en: <https://www.icfes.gov.co/documents/20143/237304/Informe%20nacional%20pisa-2015.pdf> ↑44
- [21] I. Papadopoulos, R. Lazzarino, S. Miah, T. Weaver, B. Thomas y C. Koulouglioti, “A systematic review of the literature regarding socially assistive robots in pre-tertiary education”, *Computers and Education*, vol. 155, pp. 1-20, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103924> ↑44
- [22] Y. Lau, D. G. H. Chee, X. P. Chow, S. H. Wong, L. J. Cheng y S. T. Lau, “Humanoid robot-assisted interventions among children with diabetes: A systematic scoping review”, *International Journal of Nursing Studies*, vol. 111, pp. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103749> ↑44
- [23] N. I. Arshad, A. S. Hashim, M. M. Ariffin, N. M. Aszemi, H. M. Low y A. A. Norman, “Robots as Assistive Technology Tools to Enhance Cognitive Abilities and Foster Valuable Learning Experiences among Young Children With Autism Spectrum Disorder”, *IEEE Access*, vol. 8, pp. 116279-116291, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001629> ↑44
- [24] E. Y.-h. Chung, “Robot-Mediated Social Skill Intervention Programme for Children with Autism Spectrum Disorder: An ABA Time-Series Study”, *International Journal of Social Robotics*, pp. 1-20, 2020. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00699-w> ↑45, 46, 47, 48
- [25] I. Calvo, I. Cabanes, J. Quesada y O. Barambones, “A Multidisciplinary PBL Approach for Teaching Industrial Informatics and Robotics in Engineering”, *IEEE Transactions on Education*, vol. 61, n.º 1, pp. 21-28, 2018. <https://doi.org/10.1109/TE.2017.2721907> ↑45
- [26] D. Viedma, A. Meza, I. Pertuz, C. Medrano, E. Acosta y J. Roldán, “Application of color sensor programming with LEGO-Mindstorms NXT 2.0 to recreate a simplistic plague detection scenario”, *Scientia et Technica*, vol. 22, n.º 3, pp. 268-272, 2017. ↑48

- [27] T. S. Georgiev, “Students’ Viewpoint about Using MIT App Inventor in Education”, en 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, 2019. ↑48
- [28] A. Soriano, L. Marín, M. Vallés, A. Valera y P. Albertos, “Low Cost Platform for Automatic Control Education Based on Open Hardware”, *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 47, n.º 3, pp. 9044-9050, 2014. <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.01909> ↑56

Glen Camilo Ortega Díaz

Ingeniero Electrónico Universidad Santo Tomás; pertenece como investigador al Grupo de Estudio y Desarrollo en Robótica GED.

Correo electrónico: glen.ortega@usantotomas.edu.co

Andrés Felipe Téllez Rodríguez

Ingeniero Electrónico Universidad Santo Tomás; pertenece como investigador al Grupo de Estudio y Desarrollo en Robótica GED.

Correo electrónico: andrestellez@usantotomas.edu.co

José Guillermo Guarnizo Marín

Doctor en Automática, Robótica e Informática Industrial, de la Universidad Politécnica de Valencia; Magíster en Ingeniería, Automatización Industrial, de la Universidad Nacional de Colombia; Ingeniero Electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; docente de la Universidad Santo Tomás; pertenece como investigador al Grupo de Estudio y Desarrollo en Robótica GED.

Correo electrónico: jose.guarnizo@usantotomas.edu.co

Edgar Camilo Camacho Poveda

Magíster en Ingeniería Electrónica, de la Universidad Nacional de Colombia; Ingeniero Electrónico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja; docente de la Universidad Santo Tomás; pertenece como investigador al Grupo de Estudio y Desarrollo en Robótica GED. Correo electrónico: edgarcamacho@usantotomas.edu.co