

## LEGO MINDSTORMS NXT: JUEGO COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE DE PROGRAMACIÓN

### LEGO MINDSTORMS NXT: GAME AS A TOOL FOR PROGRAMMING LEARNING

**Leidy Diana Jiménez-Pinzón, MSc(C)**

*Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión  
Universidad Nacional de Colombia  
Medellín, Colombia  
ldjimenezp@unal.edu.co*

**Rafael Esteban Arango-Sánchez, MSc(C)**

*Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión  
Universidad Nacional de Colombia  
Medellín, Colombia  
raearangosa@unal.edu.co*

**Jovani Alberto Jiménez-Builes, PhD.**

*Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión  
Universidad Nacional de Colombia  
Medellín, Colombia  
jajimen1@unal.edu.co*

(Recibido el 20-05-2014. Aprobado el 20-06-2014)

**Resumen.** LEGO Mindstorms es un juego que se usa como herramienta para el aprendizaje de distintas áreas de conocimiento. Una persona puede aprender acerca de programación mediante distintos lenguajes y aplicaciones para compilar el código de la solución planteada y resolver una situación particular. Sin embargo, la enseñanza de programación es sólo un fundamento teórico y poco práctico. Por estas razones, se pretende enseñar a programar mediante un lenguaje sencillo y una plataforma que permita visualizar el código gráficamente y validarlo específicamente con las instrucciones programadas sobre un robot.

**Palabras clave:** NXT-G; Aprendizaje; Robótica; LEGO Mindstorms NXT

**Abstract.** LEGO Mindstorms is a game used as a tool for learning different areas of knowledge. A person can learn about programming using different languages and applications that allow that the code of the proposed solution to a particular situation can be compile. However, the teaching of programming is only a theoretical and impractical. Therefore it is intended to teach programming using a simple language and a platform to graphically display the code and validate the code while the user specifically seeing the instructions on a robot.

**Keywords:** NXT-G; Learning; Robotics; LEGO Mindstorms NXT.

## 1. INTRODUCCIÓN

La robótica en un entorno educativo se convierte en un recurso que facilita el aprendizaje y desarrollo de competencias como la socialización, creatividad e iniciativa. Además, permite que un estudiante responda eficientemente a los cambios que el mundo actual le presenta. Al aplicar la robótica como metodología de aprendizaje, se aprecia que los estudiantes aprenden de la disciplina como tal y adicional a resolver problemas con propuestas distintas y sus soluciones de forma interactiva [1].

Trabajar en robótica requiere de conocimiento en áreas como matemática, física, electrónica, electro-neumática y programación, entre otras. Se deben tener recursos físicos, conceptuales y pedagógicos para llevar a cabo su desarrollo [2]. A pesar de que inicialmente la plataforma LEGO Mindstorms se propuso como un juego para niños de 10 años en adelante, esto por su interfaz gráfica para programar, la cual es didáctica y permite que el usuario interactúe intuitivamente con ella y ha logrado un interés más avanzado en entornos educativos [3].

Algunos trabajos analizan la plataforma para impulsar el desarrollo de habilidades tecnológicas entre estudiantes y profesores; otros enseñan programación a partir de la plataforma mediante actividades lúdicas; algunos autores enfatizan en el estudio de la ingeniería mecánica, mecatrónica [4], matemática [5] y hasta en el área de conocimiento que incurre en el trabajo del desarrollo cognitivo de niños con discapacidades motoras [6].

En este trabajo se presenta el avance de un proyecto con el equipo LEGO Mindstorm en su lenguaje predeterminado como metodología de aprendizaje de programación y se reconocen los distintos sensores y actuadores con el propósito de que el estudiante adquiera y desarrolle, en la medida de su aprendizaje, aptitudes y conocimientos no sólo en el área de robótica sino en la lógica de programación.

El artículo se divide de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta la metodología del trabajo que corresponde a la descripción del equipo LEGO Mindstorm NXT. En la sección 3 se muestra el desarrollo del proyecto propuesto y el código fuente del mismo y, en la última sección, se hacen las conclusiones y el trabajo futuro.



Figura 1. Componentes del LEGO Mindstorms NXT [7]

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Un robot es definido como un objeto programable, multipropósito y controlado en tres o más ejes que pueden ser fijados en un lugar o en movimiento para el uso de aplicaciones de automatización industrial, según (*International standard ISO 8373*). Los robots pueden ser programados para exhibir diferentes niveles de autonomía con respecto al entorno y al usuario y depende directamente de la finalidad con la que se programa [5].

La plataforma LEGO Mindstorms es un juego de robótica propuesto por la compañía LEGO con la colaboración del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) [3], con el objetivo de complementar sus estudios acerca del aprendizaje de los niños y adolescentes para luego mejorar el producto de acuerdo con los resultados. Después de esta fase, se desarrolló el ladrillo programable con la finalidad de que *Lego Mindstorms® Education* se convirtiera en una metodologías de aprendizaje para que los estudiantes logren diseñar y construir programas verificables mediante los movimientos del robot y que el niño proponga nuevas propuestas [2].

El sistema LEGO Mindstorms NXT está compuesto por cuatro tipos de componentes principales (ver Figura 1): el ladrillo o cerebro NXT (enumerado con el 1), servomotores (enumerado con el 6), sensores (enumerados del 2 al 5) y las fichas Lego [7]. Como se puede observar en la Figura 1, el ladrillo tiene tres puertos de salida para servomotores (A, B y C), mientras tiene 4 puertos de salida para los sensores que se desean utilizar (luz, ultrasonido, sonido, contacto, etc.).

**Tabla 1.** Características del ladrillo NXT

NXT	
Procesador	Atmel 32-Bit ARM AT91SAM7S256 48 MHz
Memoria	256 KB Flash
	64 KB RAM
Procesador secundario	Atmel 8-Bit AVR, ATmega48
	8 MHz
	4 KB Flash-RAM
	512 Byte RAM
Pantalla	Monocromática- LCD 100 x 64 pixel
Entradas (sensor) puertos	4 Análoga or Digital (9600 b/s)
Salidas (servomotor) puertos	3 (w/ encoders)
Conector PC	USB 2.0 (12 Mb/s)
Bluetooth	No es compatible con apple
Tarjeta SD	
USB maestro	
Batería recargable	Lithium-ion

El kit del juego tiene 519 piezas técnicas e incluye la de los componentes de procesamiento, sensórica y actuación, cuenta con piezas mecánicas para realizar diversas funciones como transmisión de potencia mecánica a través de engranajes; también tiene un sistema de comunicación vía USB y víaBluetooth [2].

En la Tabla 1 se especifican las propiedades del ladrillo o cerebro programable del LEGO NXT [8]:

El ladrillo incluye el lenguaje gráfico (NXT-G) para la creación y descarga de programas NXT. La interfaz de usuario (GUI) usa *National Instrument LabVIEW* [9], como se puede observar en la Figura 2. Este lenguaje funciona por medio de bloques con funcionalidades propias de cada componente que tiene el kit de Lego, estos bloques se conectan y producen rutinas que luego deben ser transferidas o cargadas al procesador del robot para que realice la ejecución.



**Figura 2.** Interfaz de usuario del entorno de programación NXT

**Tabla 2.** Sensores del LEGO Mindstorms NXT

	Descripción
 <i>Touch Sensor</i>	Este sensor tiene valor 0 cuando no está presionado, de lo contrario, cambia su valor a 1.
 <i>Sound Sensor</i>	Este sensor retorna un porcentaje que indica el volumen de recepción.
 <i>Light Sensor</i>	El robot con este sensor sólo lee colores en escala de grises y distingue entre lo claro y lo oscuro, lee la intensidad de una sala y mide la intensidad de claridad sobre colores y retorna un porcentaje.
 <i>Ultrasonic Sensor</i>	Este sensor retorna la distancia en centímetros del objeto que está dentro de su rango.

En la Tabla 2 se visualizan los sensores incorporados en el kit, aunque existen más sensores que facilitan la lectura de datos del entorno en el que se encuentra el robot, como el giroscopio, por ejemplo [3]:

### 3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta forma de aprendizaje, se estableció la metodología de investigación-acción participativa, la cual presenta características particulares que la distinguen de otras metodologías con enfoque cualitativo; por ejemplo, en la forma como se aborda el objeto de estudio, las intencionalidades o propósitos, el accionar de los actores involucrados en la investigación, los diversos procedimientos que se desarrollan y los logros que se alcanzan. Las fases de esta metodología implican un diagnóstico, la construcción de planes de acción, la ejecución de dichos planes y la reflexión permanente de los involucrados en la investigación para redimensionar, reorientar o replantear nuevas acciones en atención a las reflexiones realizadas [10].

A continuación se describen las fases propuestas para esta metodología y aplicadas al trabajo expuesto en este artículo [10].

Fase I: descubrir temática. En esta fase se define que el objeto de estudio es el aprendizaje de los investigadores en programación mediante el juego LEGO Mindstorms. En la literatura se ha encontrado que este juego sirve como herramienta educativa de varias áreas de conocimiento y puede aplicarse con investigadores de todas las edades y condiciones.

Fase II: construcción del plan de acción. En esta fase los investigadores, docente y estudiantes, se reúnen con el fin de compartir conceptos básicos de programación y una clase teórica sobre ciclo y condicionales por cuanto algunos estudiantes no tienen conocimiento previo sobre programación. Los estudiantes que sí conocen la teoría refuerzan sus conocimientos previos. A partir de ello, se expone el proyecto y el docente explica claramente las condiciones y especificaciones necesarias para que los investigadores empiecen a trabajar y se definen horarios de disponibilidad de los robots para realizar las pruebas y las fechas de entrega.

Fase III: ejecución del plan de acción. En esta fase se encuentran organizados los grupos de trabajo y sus horarios para trabajar en el proyecto. Adicionalmente, se trabaja sobre el código del proyecto y en esta fase los grupos aprovechan para realizar cambios sobre el código que crean pertinentes de acuerdo con los resultados progresivos que se visualizan a medida que avanzan en el proyecto.

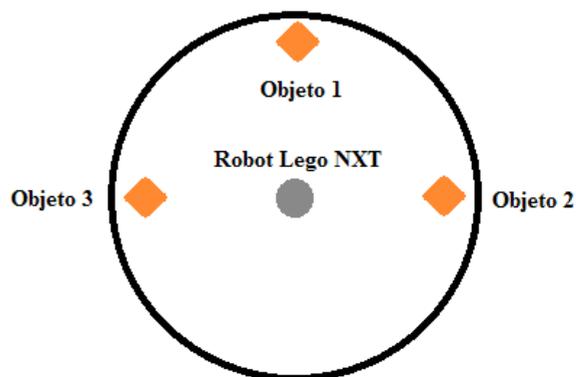


Figura 4. Ubicación del robot y los objetos de la prueba

Fase IV: reflexión permanente. Como los investigadores de esta metodología son actores activos de la investigación, deben tener un pensamiento crítico para evaluar sus progresos y la información que reciben durante la investigación, es decir, en los procesos de aprendizaje teórico, codificación, categorización de la información y la entrega final del proyecto. Para lograr este objetivo es preciso tener en cuenta las acciones que realizan, reflexionar sobre lo que hacen y transformar las ideas, en el caso de que sea necesario.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La programación hecha con este lenguaje requiere de un mecanismo de prueba y error porque, al plasmar en código lo que el robot debe ejecutar, se ha de cargar al procesador cada vez que al código se le realice alguna modificación y se requiera validar lo que está programado. Adicionalmente, la aplicación del conocimiento de otras áreas debe contar con distintos márgenes de error que, con la experiencia, irán desarrollando la habilidad para detectar la fricción de la superficie en la que se está poniendo a correr el robot

La finalidad de este proyecto era usar el juego LEGO Mindstorms como herramienta de aprendizaje en el área de programación, para lo cual se propuso la entrega de un proyecto. El proyecto consistía en hacer un robot Lego Sumo con el objetivo de sacar de su área, enmarcada por una línea negra, los objetos sin importar su posición e iniciar el robot en el centro de su área de movimiento (ver Figura 4).

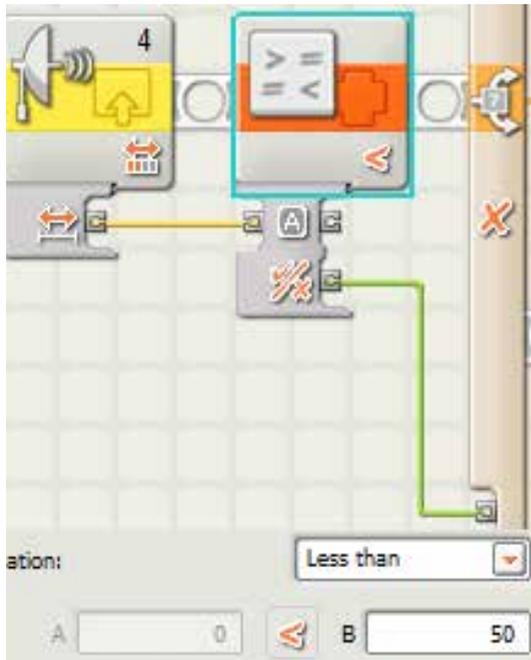


Figura 5. Sensor de ultrasonido programado con una distancia menos de 50 centímetros.

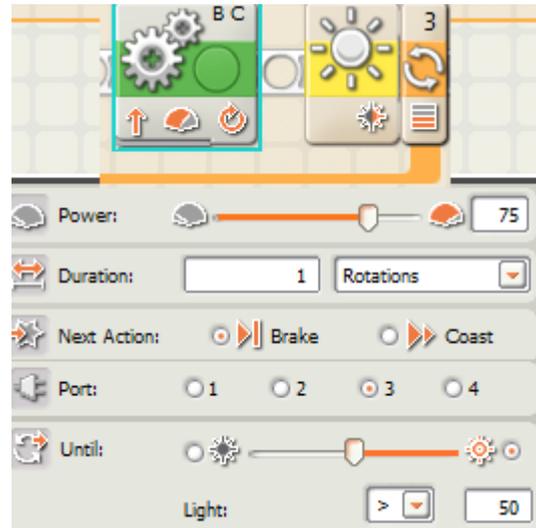


Figura 6. Configuración de los servomotores (B y C) y el sensor de luz

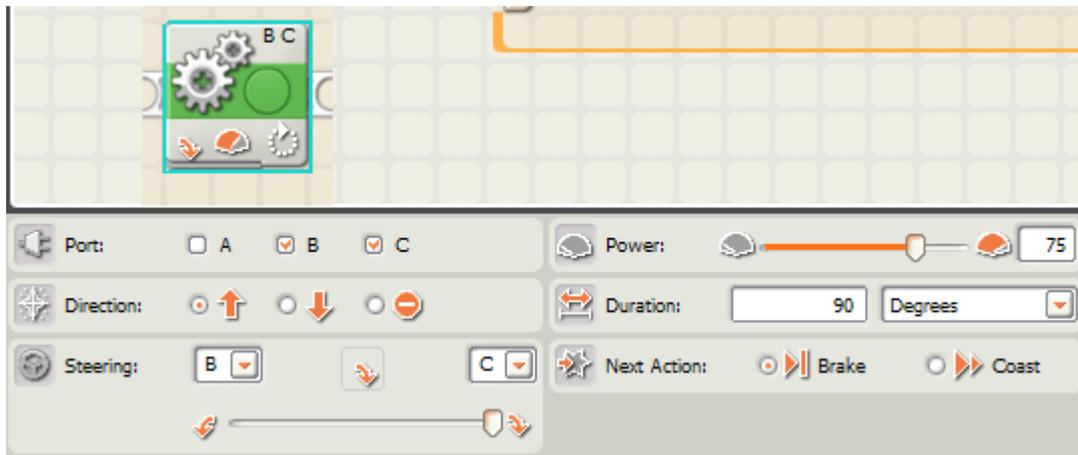
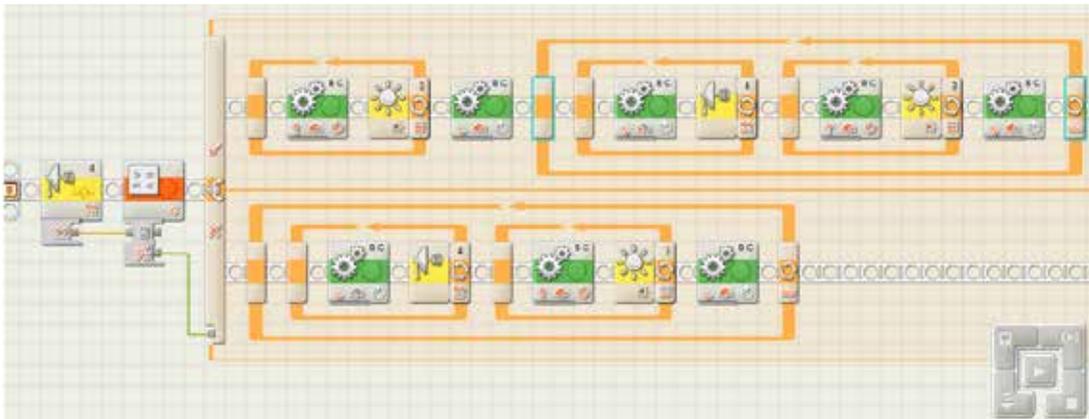


Figura 7. Configuración de los servomotores B y C

Tabla 3. Resultados del tiempo por grupo

Grupo	Tiempo (Segundos)
1	12
2	20
3	23
4	28
5	30
6	34

Como los grupos no conocían la situación de la prueba, los sensores debían ser calibrados, por ejemplo, el sensor de luz se debía calibrar cada vez que el grupo iba a ejecutar el algoritmo puesto que variaba la intensidad de luz del lugar en el que se desarrolló la prueba. De igual forma, el sensor de ultrasonido se debía calibrar para capturar la distancia de los objetos que se debían sacar del área.



**Figura 8.** Código del robot Sumo con menor tiempo invertido

A continuación se muestran los resultados de los tiempos de los grupos (ver Tabla 3) que participaron en este proyecto y la solución del grupo (ver Figura 8) que menor tiempo obtuvo en sacar los objetos del área.

El código ganador describe lo siguiente: si el sensor de ultrasonido encuentra un objeto a menos de 50 centímetros (ver Figura 5) en la posición y dirección en la que se encuentra entonces avanza hasta que el sensor de luz capture la intensidad de la línea negra (ver Figura 6), luego, en el punto donde paró gira 90 grados hacia la derecha (ver figura 7) y entra en un ciclo infinito donde gira sobre su propio eje mientras identifica otro objeto, cuando lo encuentra avanza hasta que llegue a línea negra y, por último, gira, esto se cumplirá hasta que saque todos los objetos de su área. Si no identifica un objeto en esa dirección entonces entra en un ciclo infinito y gira sobre su propio eje mientras identifica otro objeto, cuando lo encuentra avanza hasta que llegue a línea negra y gira, esto se cumplirá hasta que saque todos los objetos de su área.

#### 4. CONCLUSIONES

La robótica comprende el estudio de tres ramas como la mecánica, la electrónica y la programación. Esto se puede evidenciar en el LEGO Mindstorms NXT mientras ocurre el ensamble del robot, el uso de sensores y servomotores y la programación de los mismos.

LEGO Mindstorms NXT ofrece posibilidades de diseño en lo que se refiere al software y al hardware, y presenta un gran número de sensores que facilitan la interacción del robot con su entorno, servomotores y distintos lenguajes de programación.

El aprendizaje de programación, por medio del juego LEGO Mindstorms, compromete al estudiante en el desarrollo de ideas o posibles soluciones con conceptos sobre ciclos y condicionales vistos en clase. Dicha plataforma parece ser adecuada para que los estudiantes construyan pequeños sistemas programables.

El juego LEGO Mindstorms sirve como herramienta de aprendizaje de muchas áreas de conocimiento externas a la informática y, para ser aplicada en esta área, se requiere de conocimientos previos de geometría, matemática y física para desarrollar la solución a una situación particular.

#### REFERENCIAS

- [1] Bravo Sánchez F. A. y Forero Guzmán A. 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, núm. 2, pp. 120-136, 2012.
- [2] Osorio, J. A. C., Salazar, O. A., & Vargas, J. A. M. (2009). El entorno LEGO Mindstorms en la introducción a la robótica y la programación. Scientia et Technica, 1(41).

- [3] NXT User Guide – Lego. LEGO Mindstorms Education NXT.
- [4] Calvo, I., & Perianez, G. Uso conjunto de la plataforma LEGO Mindstorms NXT y metodologías PBL en informática industrial. *Ikastorratza e-Revista de didáctica*, vol. 6, pp. 2-18, 2010.
- [5] Lamoyi Villamil L: B: La robótica Lego Mindstorms®: un recurso didáctico para fortalecer el pensamiento lógico matemático. *Perspectivas docentes*, vol. 47, pp. 12-18, 2012.
- [6] Cook, A., Encarnação, P., & Adams, K. Robots: Assistive technologies for play, learning and cognitive development. *Technology & Disability*, vol. 22, no. 3, pp. 127-145, 2010.
- [7] Sofronia, R., Diaconu, A., & Pruna, A. Bluetooth control communication for Nxt Robots. *Annals of Daaam & Proceedings*, pp. 1339-1340, 2009.
- [8] Danahy, E., Eric, W., Brockman, J., Carberry, A., Shapiro, B., & Rogers, C. B. LEGO-based Robotics in Higher Education: 15 Years of Student Creativity. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2014.
- [9] Langdon, M. M. Child's play [learning robotics]. *Engineering & Technology*, vol. 4, no. 3, pp. 42-45, 2009.
- [10] Colmenares A. M. Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, vol. 3, no. 1, pp. 102-115, 2012.