

# Educación con Tecnologías: la Robótica Educativa Aplicada para el Aprendizaje de la Programación

Pedro A. WILLGING<sup>1,2</sup>, Gustavo J. ASTUDILLO<sup>1</sup>, Leandro CASTRO<sup>1</sup>, Silvia BAST<sup>1</sup>, Maricel OCCELLI<sup>2,3</sup> & Juan, DISTEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Matemática/FCEyN/UNLPam

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología /FCEyN/UNC

<sup>1</sup> Av. Uruguay 151-Santa Rosa-La Pampa, 02954-425166

pedro@exactas.unlpam.edu.ar, astudillo@exactas.unlpam.edu.ar, leajcastro@gmail.com, silviabast@exactas.unlpam.edu.ar, moccelli@efn.uncor.edu, disteljm@gmail.com

## Resumen

Desde el proyecto investigación “Educación con tecnologías: herramientas y tendencias”, se propone indagar sobre el impacto de la utilización de diversos recursos tecno-pedagógicos en la enseñanza y el aprendizaje. Es así que, desde 2014, se puso el foco en uso de robótica educativa como recurso didáctico para el aprendizaje de la programación. Principalmente en alumnos/as sin experiencia previa en la temática. La investigación está enfocada en tres aspectos: la motivación, el diseño de materiales de auto-aprendizaje y el uso de ambientes multi-plataforma de programación iconográfica.

El uso de la robótica educativa está ampliamente estudiado y, actualmente, existen una gran cantidad de proyectos (comerciales/libres) que permiten implementar actividades con robótica en el aula. Sin embargo, ¿Cuál es la posibilidad de hacerlo en las aulas de escuelas de nivel medio? ¿Qué recursos de software y hardware son los más apropiados para hacerlo? ¿Cómo se migra de la programación iconográfica a la textual? ¿Cuál sería la secuencia de didáctica que permitiría lograr aprendizajes transferibles (a otros lenguajes)? Estas preguntas guían esta línea de investigación y tienen sus respuestas preliminares en los resultados alcanzados hasta el momento.

**Palabras clave:** robótica educativa, programación, aprendizaje

## Contexto

El proyecto “Educación con tecnologías: herramientas y tendencias”, que inició en 2013, centra su investigación en el impacto sobre la enseñanza y el aprendizaje de la utilización de diversos recursos tecno-pedagógicos. Es así que dentro de sus líneas de investigación, se enfoca en el impacto del uso de la robótica educativa en aprendizaje de los conceptos básicos de programación de computadoras.

El grupo de trabajo, cuenta con más de doce años de experiencia en la investigación sobre TIC aplicada a la educación.

El proyecto se encuentra acreditado (RCD Nº 121/13) y es financiado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

## Introducción

Como se afirma en el *Horizon Report - Edición Educación Superior 2016* “La noción trabajar y vivir entre los robots es cada vez menos futurista y más práctica que nunca” (Johnson *et al.*, 2016, p. 46).

En este contexto una tendencia que cobra fuerza es el uso de robots en con fines educativos, la denominada robótica educativa. “La robótica se refiere al diseño y aplicación de robots, que son máquinas que realizan una serie de tareas automatizadas” (Johnson *et al.*, 2016, p. 46). Aplicado al contexto educativo “La robótica forma parte de un enfoque

pedagógico centrado en el alumno, que le permite construir objetos tangibles de su propio diseño y con sentido para él.” (Vaillant, 2013, p. 38). Para Monsalves (2011) y Ruiz-Velasco (2007) se trata de una disciplina que tiene como objetivo “generar entornos de aprendizaje heurístico” poniendo el foco en la participación activa de los estudiantes, donde los aprendizajes se construyen a partir de la experiencia del estudiante durante el proceso de construcción y programación de los robots. La robótica educativa entonces, convierte a la robótica en un medio para alcanzar ciertos aprendizajes.

Los robots son la conexión ideal entre una programación con una impronta lúdica y la representación de las instrucciones sobre un contexto real. Inicialmente, cuentan con el potencial de facilitar el aprendizaje de un lenguaje de programación, propiciar la experimentación y estimular las competencias asociadas a la resolución de problemas.

Desde esta línea de investigación, el grupo GrIDIE<sup>1</sup>, busca desarrollar una secuencia de aprendizaje basada en el aprendizaje por descubrimiento de Bruner (1961) y en la teoría constructorista de Papert & Harel (1991) para el aprendizaje de nociones básicas de programación de computadoras.

Al enfocarse en el aprendizaje por descubrimiento se busca que el estudiante logre conocer a través de un razonamiento inductivo. Es decir, pasar de lo particular (detalles y ejemplos) a lo general (principios o conceptos). Así como también, requiere del involucramiento del estudiante en su propio proceso de aprendizaje. Para Bruner (1961) es necesaria la participación activa del estudiante en el proceso de aprendizaje, donde estudiante y docente cooperan en la resolución del problema.

El constructorismo (Papert & Harel, 1991) afirma que el conocimiento se construye. “El constructivismo es la idea de que el conocimiento es algo que construyes en tu cabeza. El constructorismo nos recuerda

que la mejor manera de hacerlo es construir algo tangible -algo fuera de tu cabeza- que es también personalmente significativo.”

(Papert, 1990, p. 14).

Con el fin de favorecer la participación activa de los estudiantes y una construcción de los conceptos de programación desde ejemplos concretos fue necesario, para el diseño de la propuesta, llevar adelante una búsqueda de aplicaciones (software) que permitiera programar los robots de forma sencilla.

Asimismo, dado que el fin último de la secuencia de aprendizaje es su utilización/aplicación en escuelas de educación secundaria (del medio local), se intenta reducir el costo de la implementación de la propuesta. Existen en el mercado robots comerciales pre-ensamblados (como Scribbler<sup>2</sup>, Thymio<sup>3</sup>, Dash & Dot<sup>4</sup> o Bee-Bot<sup>5</sup>, entre otros) o que requieren de ensamblado (como los kits de RobotGroup<sup>6</sup>, Robotis<sup>7</sup> o Lego Mindstorms<sup>8</sup>, entre otros) diseñados para su uso didáctico. Sin embargo, pueden ser costosos o difíciles de adquirir para una Institución Educativa (Díaz *et al.*, 2012; González & Jiménez, 2009). Por tanto, en esta propuesta se hace uso software/hardware libre (lo que además permite el abordaje de estos conceptos).

Otro aspecto que se tuvo en cuenta es el desarrollo de las actividades extra-clase. Dado el caso de que las Instituciones cuenten con los robots, los mismos, suelen estar disponibles de forma restringida. Además, el enfoque adoptado prioriza la experimentación por parte de los estudiantes. En este contexto, surge la posibilidad de incorporar los simuladores como parte de la secuencia. Se analizaron dos posibilidades: Laboratorios Virtuales (LV) y Laboratorios Remotos (LR).

Los primeros, están implementados

<sup>2</sup> Disponible en: <https://www.parallax.com/>

<sup>3</sup> Disponible en: <https://www.thymio.org/es:thymio>

<sup>4</sup> Disponible en: <http://www.dashdot.com/>

<sup>5</sup> Disponible en: <https://www.bee-bot.us/>

<sup>6</sup> Disponible en: <http://www.robotgroup.com.ar/es/>

<sup>7</sup> Disponible en: <http://www.robotis.us>

<sup>8</sup> Disponible en: <https://www.lego.com>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación y Desarrollo en Innovación Educativa. Dpto. de Matemática. FCEyN. UNLPam.

íntegramente a través de herramientas informáticas, hacen uso de objetos/recursos que no tiene existencia física y no se cuenta con infraestructura de laboratorio, todo se soporta con herramientas informáticas (Revuelta, Massa & Bertone, 2016). “En términos generales, el [LV] permite manipular las variables del objeto, lo que favorece el aprendizaje por descubrimiento” (Revuelta, Massa & Bertone, 2016, p. 36).

Por su parte el LR permite el acceso al laboratorio real, en general, a través de la red, de manera no presencial (Revuelta, Massa & Bertone, 2016).

### Arduino

Para llevar adelante la implementación de la secuencia se decidió utilizar placas Arduino.

Según el sitio oficial “Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar.” (Arduino, 2017). Específicamente se trata de un Sistema Embebido (SE). Es decir “una combinación de hardware y software que trabaja junto con algún sistema mecánico o electrónico diseñado para cumplir una función específica” (Bordignon & Iglesias, 2015, p. 10).

Desde el punto de vista del hardware Arduino, como todo SE, cuenta con un microcontrolador, al que se puede conectar tanto sensores y como actuadores. “Un microcontrolador es un circuito electrónico programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria” (Revuelta, Massa & Bertone, 2016, p. 45). “Los sensores le permiten [...] obtener información del mundo real; [...] y los actuadores realizan acciones con el mundo físico” (Bordignon & Iglesias, 2015, p. 11).

Las placas Arduino cuentan, además, con un entorno integrado de desarrollo o IDE (basado en *Processing*<sup>9</sup>) que permite la programación de la placa en lenguaje Arduino (basado en *Wiring*<sup>10</sup>).

## Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Las investigación, en el contexto del proyecto, se focaliza en identificar, probar y evaluar nuevas (o *revisitadas*) estrategias de enseñanza y de aprendizaje, pero también aplicaciones informáticas que permitan potenciar un enfoque lúdico en el diseño y desarrollo de una clase (presencial/virtual). Esto permite, posteriormente, analizar el impacto que éstas (estrategias/aplicaciones) tienen en los docentes (su rol, el diseño de materiales, entre otros) y en los aprendizajes de los estudiantes.

Los ejes principales en la línea de trabajo con robótica educativa son:

- Revisión de experiencias que hagan uso de la robótica educativa para la enseñanza o el aprendizaje de conceptos y competencias.
- Relevamiento y evaluación de entornos de desarrollo, de acceso libre, que permitan la programación de placas Arduino. Focalizando en enfoques de tipo lúdico.
- Desarrollo de estrategias y materiales educativos que permitan el aprendizaje de conceptos de programación a través de la robótica educativa.
- Evaluación de sensores y actuadores, de bajo costo, compatibles con Arduino que permitan la generación de problemas en un contexto real.
- Evaluación del impacto del uso de la robótica educativa en la motivación y en los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

## Resultados y Objetivos

En el proyecto se han podido evaluar placas Arduino UNO, Arduino Mega, RaspBerry Pi, picoBoard<sup>11</sup>, también un kit Kano<sup>12</sup> y robots N6/N8<sup>13</sup>. Éstos últimos se

<sup>9</sup> Más información en: <https://processing.org/>

<sup>10</sup> Más información en: <http://wiring.org.co/>

<sup>11</sup> Más información en: <http://www.picocricket.com>

<sup>12</sup> Más información en: <http://www.kano.me/>

<sup>13</sup> Más información en: <http://www.robotgroup.com.ar>

comenzarán a utilizar a partir de la inclusión de actividades en la cátedra Informática (Licenciatura en Física) para propiciar el aprendizaje de las nociones de programación estructurada.

Para el diseño de la secuencia de aprendizaje se están utilizando placas Arduino UNO, junto con un conjunto de sensores y actuadores. De los primeros, hasta el momento, se han testado: sensor ultrasónico (HC-SR04), de movimiento/PIR (HC-SR501), de humedad relativa y temperatura (DHT11), de presión<sup>14</sup>, de lluvia (FC-37), infrarrojo (AX1838HS) y módulo *bluetooth* HC-05. Respecto de los actuadores, se utilizaron: leds, servomotores (HXT900), parlantes de papel (reciclados de PCs), motores DC, display LCD 16x2 y control remoto.

Se han construido con los recursos descritos en el párrafo anterior: tres robots móviles (denominados *carrindanGO!*), uno que define sus movimientos en función del hallazgo de obstáculos (sensor ultrasónico, Figura 1), otro que lo hace a partir de las teclas del control remoto y, el último, a partir de órdenes recibidas a través de bluetooth desde una aplicación de celular. También, se implementaron una barrera de estacionamiento (servomotor) que se levanta a partir del sensor de presión (incluye sonido y luces), y una alarma a través de un sensor de presencia (incluye sonido y luces).

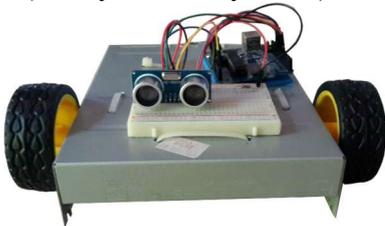


Figura 1. CarrindanGO! con sensor ultrasónico

Respecto a los LV se han analizado: Autodesk Circuits<sup>15</sup>, Virtual Breadboard (VBB4Arduino)<sup>16</sup>, UnoArduSim<sup>17</sup> y Arduino

<sup>14</sup> Construido con cartón y papel de aluminio.

<sup>15</sup> Disponible en: <https://circuits.io/>

<sup>16</sup> Disponible en: <http://www.virtualbreadboard.com>

<sup>17</sup> Disponible en:

<https://www.sites.google.com/site/unoardusim/home>

Simulator<sup>18</sup>. Sólo se evaluó el LR Arduino Remote Lab<sup>19</sup>. Se adoptó para la secuencia *Autodesk Circuits* por sus características: *online*, de diseño visual y lo amigable del ambiente.

Desde el punto de vista de los IDEs, se analizaron: Scratch for Arduino (S4A)<sup>20</sup>, ArduBlock<sup>21</sup>, mBlock<sup>22</sup>, Physical Etoys<sup>23</sup> y Visualino<sup>24</sup>. Si bien, inicialmente se seleccionó mBlock, finalmente se cree que Visualino tiene la potencialidad de facilitar el paso de la programación icónica a la textual.

También se ha diseñado material de apoyo donde se muestra para cada uno de los sensores: los materiales, el esquema de conexión (diseñado con Fritzing<sup>25</sup>, Figura 2) y un ejemplo básico en lenguaje Arduino para probar su funcionamiento.

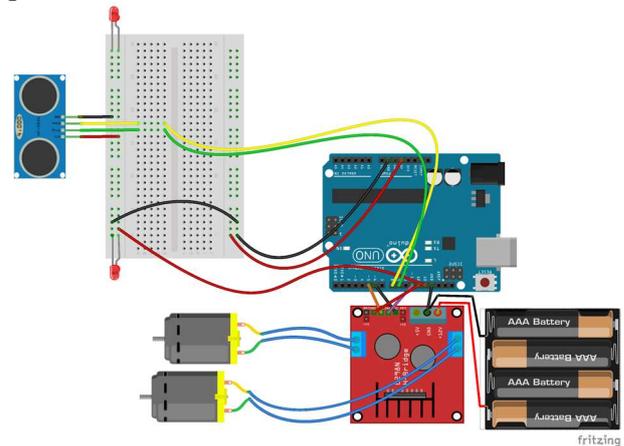


Figura 2. Esquema de conexión del CarrindanGO!

Asimismo, se diseñó la primera secuencia de aprendizaje, la cual será puesta a prueba, en primer lugar, con un conjunto de profesores de computación, con cursos en educación secundaria, con el fin de evaluar su pertinencia y hacer los ajustes necesarios. Para luego, llevar las propuestas a las aulas o a talleres extra-curriculares en las escuelas.

<sup>18</sup> Disponible en: <https://arduinosim.sourceforge.io/>

<sup>19</sup> Disponible en: <http://194.24.226.109/>

<sup>20</sup> Disponible en: <http://s4a.cat/>

<sup>21</sup> Disponible en: <http://blog.ardublock.com/>

<sup>22</sup> Disponible en: <http://www.mblock.cc/>

<sup>23</sup> Disponible en:

<http://tecnodacta.com.ar/gira/projects/physical-etoys/>

<sup>24</sup> Disponible en: <http://www.visualino.net>

<sup>25</sup> Disponible en: <http://fritzing.org>

## Formación de Recursos Humanos

En este proyecto, trabajan actualmente dos investigadores formados y cuatro investigadores en formación, dos de los cuales alcanzaron el grado de Magíster durante 2016. Los investigadores pertenecen a dos universidades: UNLPam y UNC.

## Referencias

- Arduino.** (2017). What is Arduino? [Página Web]. Recuperado a partir de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Bordignon, F. R. A., & Iglesias, A. A.** (2015). *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales*. UNIPE: Editorial Universitaria. Recuperado a partir de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50448>
- Bruner, J. S.** (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 4, 21-32.
- Díaz, F. J., Banchoff Tzancoff, C. M., Martín, E. S., & López, F.** (2012). Aprendiendo a programar con juegos y robots. En *VII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología* (p. 6). Buenos Aires, Argentina.
- González, J. J., & Jiménez, J. A.** (2009). La robótica como herramienta para la educación en ciencias e ingeniería. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, (10), 31-36.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., y Hall, C.** (2016). NMC Informe Horizon 2016 Edición Superior de Educación. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Monsalves González, S.** (2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. *Revista de Pedagogía*, 32(90), 81-117.
- Papert, S., & Harel, I.** (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36(2), 1-11.
- Papert, S.** (1990). A critique of technocentrism in thinking about the school of the future. Epistemology and Learning Group, MIT Media Laboratory. Memo No. 2.
- Revuelta, M. Á., Massa, S. M., & Bertone, R.** (2016). *Laboratorio Remoto en un Entorno Virtual de Enseñanza Aprendizaje* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Ruiz-Velasco, E.** (2007). *Educatrónica: Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Madrid: Díaz de Santos.
- Vaillant, D.** (2013). *Integración de TIC en los sistemas de formación docente inicial y continua para la Educación Básica en América Latina*. Argentina: UNICEF Argentina. Recuperado a partir de [https://www.unicef.org/argentina/spanish/educacion\\_Integracion\\_TIC\\_sistemas\\_formacion\\_docente.pdf](https://www.unicef.org/argentina/spanish/educacion_Integracion_TIC_sistemas_formacion_docente.pdf)