

ABP para la enseñanza y desarrollo de proyectos tecnológicos interdisciplinarios en Arduino*¹

[BPL for education and development of interdisciplinary technology projects based in Arduino]

YAIR ENRIQUE RIVERA JULIO², LUIS GABRIEL TURIZO MARTÍNEZ³

RECIBO: 19.08.2014 – APROBACIÓN: 03.05.2015

Resumen

El presente trabajo muestra los resultados preliminares del proceso de enseñanza-aprendizaje para la generación de proyectos tecnológicos a través de la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), cuya importancia radica en la formación integral y didáctica de los estudiantes en las áreas de programación y robótica constituida por una serie de pasos necesarios para una interacción secuencial y significativa que se originan en una simulación de software con arquitecturas open source como centro de aprendizaje didáctico, junto a una lluvia de ideas condicionadas en el aula de clase, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos que permite diseñar prototipos de hardware basados en Arduino antes de ser armados físicamente. Al utilizar la metodología de aprendizajes ABP en la construcción de productos tecnológicos, se toman problemas planteados dentro del contexto social aplicando la enseñanza a través de temas

* Modelo para la citación de este artículo:
RIVERA JULIO, Yair Enrique & TURIZO MARTÍNEZ, Luis Gabriel (2015). ABP para la enseñanza y desarrollo de proyectos tecnológicos interdisciplinarios en Arduino. En: Ventana Informática No. 32 (ene-jun). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 77-89. ISSN: 0123-9678

- 1 Reporte de caso proveniente del proyecto Desarrollo de un prototipo Arduino-móvil en el área de la telemedicina para el monitoreo remoto de personas diabéticas, ejecutado en el periodo 03.2013-03.2014, e inscrito en el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana.
- 2 Ingeniero de Sistemas; MSc. en Telemática y Telecomunicaciones. Docente investigador, Corporación Universitaria Americana (Barranquilla, Atlántico, Colombia). Correo electrónico: yriviera@coruniamericana.edu.co
- 3 Lic. en Matemáticas y Física; Esp. en Pedagogía e investigación en el aula; MSc. en Educación con Acentuación en la Enseñanza de las Ciencias. Docente investigador, Corporación Universitaria Americana (Barranquilla, Atlántico, Colombia). Correo electrónico: lturizo@coruniamericana.edu.co

avanzados como la robótica y la programación en sistemas, además de conjugar muchos aspectos dentro del sistema pedagógico en los proyectos tecnológicos a implementar donde se amerita el trabajo colaborativo, que es asumido dentro de sus integrantes como una conjugación de aspectos como la responsabilidad y las decisiones grupales.

Palabras Clave: ABP (Aprendizaje Basado en Problemas), Arduino, prototipo, programación robótica.

Abstract

This work shows preliminary results of the PBL methodology in the teaching-learning process for generating Technological Projects, the importance lies in the comprehensive and didactic training of students in the areas of robotics and programming consists of a number of steps required for sequential and meaningful interaction originating from a software simulation with open source architectures as a learning resource center, next to brainstorm conditional on the classroom, designed for ease of use electronics technology projects allows us to design hardware prototypes based on Arduino before being physically armed. By using this method of learning in building technology products, problems are taken within the social context applying teaching through advanced topics such as robotics and programming systems, and combine many aspect in the pedagogical system projects implement technology where collaborative work, which is assumed within its members as a combination of aspects such as responsibility and group decisions is warranted.

Keywords: PBL (Project Based Learning), Arduino, Prototype, Robotics programming.

Introducción

Se desea conocer cómo ha sido tratada en la actualidad la enseñanza de proyectos tecnológicos en ambientes de aprendizajes colaborativos cuya metodología apunta al Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), la cual tiene sus orígenes en trabajos realizados por psicólogos y educadores tales como Lev Vygotsky, Jerome Bruner, Jean Piaget y John Dewey.

Chiou (2004, 11) afirma que la composición de un proyecto comprende tareas y actividades que orientan el aprendizaje del estudiante, proceso que va desde la definición de competencias y objetivos de

la asignatura, hasta finalmente alcanzar los objetivos de la materia a través de procedimientos evaluativos, es decir, la buena aplicación de los conceptos científicos, los que proponen metas de aprendizajes autodidactas, ya que el estudiante podría construir paulatinamente sus conocimientos a través del ensayo, prueba y error, construyendo y aplicando tecnología. Cabe resaltar los tipos de ambientes recreados y simulados en laboratorios basados en la utilización de herramientas tecnológicas (*software* y *hardware*), creando así, escenarios que giran en torno a alcanzar competencias propias sobre el tema a través de una acción didáctica que sea coherentes con los objetivos planteados y que a su vez compagine con la realidad del estudiante, ya que parte con lo que en realidad sabe cada estudiante, facilitando y promoviendo el aprendizaje significativo.

En este caso, la educación universitaria está evolucionando a novedosas circunstancias que han hecho transformaciones a las estrategias de aprendizaje, basadas en tecnologías de hardware y software, metodologías activas como el ABP, entre otros. Con todo esto se desea involucrar la acción del docente en áreas de desarrollo tecnológico, con la marcada deferencia de estimular una motivación intrínseca en el estudiante, las cuales mejorarían el desarrollo de competencias innovadoras y generales, como lo es el trabajo colaborativo para la ejecución de prototipos tecnológicos, por lo que se considera esta metodología como la más adecuada.

1. Antecedentes

En la actualidad la aplicación de tecnología en el desarrollo de productos tecnológicos se torna en un eje principal en la creación de ambientes de aprendizajes, Esta concepción parte de la consideración de las mismas como poderosas herramientas didácticas, facilitadoras y motivadoras de un aprendizaje activo, significativo, autónomo, flexible y de grandes posibilidades para la diversidad en su concepción más amplia.

El ABP, señala Cabrera (1996, 3), es una metodología de enseñanza y aprendizaje que utiliza planteamientos de situaciones o escenarios en un contexto cercano a la realidad (problemas). Esta metodología está fundamentada en un enfoque constructivista donde el alumno parte de una experiencia, abstrae los conocimientos y puede aplicarlos a otra situación similar. Ahora bien, teniendo en cuenta los conceptos de Woods et al. (2000, 109), el propósito implícito en el ABP es el utilizar una situación (problema) que sea capaz de activar el conocimiento previo, al tiempo de favorecer la construcción del conocimiento, situación de la vida real que serviría como detonador para que los alumnos cubran metas de aprendizaje.

En cuanto al desarrollo tecnológico, se lleva a cabo empleando primordialmente herramientas de código abierto (*open source*) a bajo costo. Una premisa muy importante ya que permite a la comunidad estudiantil compartir sus desarrollos con otras instituciones educativas, sin ataduras a contratos o licencias de *software* que pudieran resultar en costos muy elevados, incluso prohibitivos. Al formar parte de la comunidad internacional de desarrolladores que usan estas herramientas de código abierto, también se hace uso de técnicas de desarrollo modular, que permiten avanzar más rápido en la generación de soluciones complejas; esta es una forma de desarrollo muy ecológica: no se inicia cada vez desde cero, sino desde el punto donde otros desarrolladores han quedado, para elaborar una solución altamente personalizada, concepto introducido por IIIPE (2009).

Acorde con Rubio et al. (2014, 419-426) y García (2012, p 53-54), los cuales centran sus estudios en estrategias aprendizaje con base en la robótica y a módulos Arduinos. Más allá de la simulación y de los montajes electrónicos, lo verdaderamente interesante para las nuevas propuestas de aprendizaje es que estas introduzcan nuevos conceptos para que los estudiantes interactúen con el mundo real, a través de la integración de las áreas, las cuales se apoyan en plataforma tecnológica para un aprendizaje significativo.

2. ABP y tecnología

Esta metodología didáctica está formada por siete pasos, los cuales estructuran un proyecto tecnológico, y que parte de una *situación problemática* que es impulsada por el docente, acorde con Bermúdez (2015, 29-30) y Thomas (2000, 12). La aplicación de estos pasos se podría construir de la siguiente forma:

- Clarificar términos: Implica definir los términos vagos que tiendan a confundir la concepción del problema, establecer una vinculación con la concepción del conocimiento anterior con referencia a la terminología tecnológica planteada, es decir clarificar los conceptos tecnológicos y su área de aplicación, señalado por Mustoe & Croft (1999, 471).
- Definir el problema: Es el punto de partida para el análisis de la situación, el objetivo del curso y las actividades temáticas relacionadas.
- Realizar lluvia de ideas: se relacionan las posibles soluciones tecnológicas basadas en *Arduino* y la *Shield Ethernet*, así como los elementos electrónicos necesarios para el desarrollo de la actividad, leds, sensores, etc.

- Clarificar las aportaciones del análisis: se toma la solución más viable, aquella que realmente soluciona el problema a un costo viable.
- Definir las metas del aprendizaje: se deben situar metas concretas de aprendizaje que establezcan la dirección del desarrollo tecnológico.
- Realizar un estudio independiente: se centra en la búsqueda de los elementos tecnológicos necesarios para el desarrollo del problema.
- Reportar hallazgos y obtener conclusiones: Es necesario recordar las metas de aprendizaje y su grado de cumplimiento, a veces es necesario modificar el estudio independiente para que este último punto sea llevado a cabalidad, como señalan Barg et al. (2000, 122).

El desarrollo de herramientas tecnológicas junto a las ABP, señalan Hung (2002, 393) y Druin & Hendler (2000, p 120-122), buscan implantar una metodología y un proceso de enseñanza-aprendizaje didáctico e interactivo donde se impulsa el trabajo cooperativo, las diferentes prácticas tecnológicas orientadas a la web y la investigación, las cuales no se limitan a los medios clásicos de la tecnología, más bien hacen una incorporación progresivas de nuevas arquitecturas de *hardware* o nuevas tecnologías que activan procesos cognitivos y generen aprendizajes significativos en el aula. El verdadero desafío es construir sistemas reales que le permitan desde el diseño entrar en un aprendizaje autónomo y creativo.

3. Fases del proyecto. Metodología

La enseñanza basada en ABP, expresan Bermúdez (2015, 13) se basa en el desarrollo de un proyecto que establece una meta como la elaboración de un producto final. Su consecución en el aprendizaje de conceptos técnicos y de actitudes. La metodología ABP solo estará en sintonía con los objetivos del proyecto si el alumno toma un papel activo en su proceso de aprendizaje interdisciplinar ya que se integran muchas tecnologías, donde cada laboratorio o proyecto es una actividad que contiene las diferentes etapas.

3.1 Planteamiento del problema

- La propuesta dentro del contexto social posibilita, expresa Moursund (2002, 61-62), la ejecución práctica de lo aprendido en un desarrollo tecnológico real para resolver un problema dentro del contexto social, allí encontraran sentido las teorías relacionadas con el tema; como tener que construir efectos de fuerza y velocidad en un mecanismo robótico. Lo más importante es que toda propuesta apunte a la solución de un problema industrial o social. Un ejemplo podría ser: diseñar

y programar un dispositivo electrónico que busque escapes de gas en un área determinada.

- Descripción del problema: se reconoce la problemática, estudia sus posibles causas y anticipa sus consecuencias, a partir de este momento el docente es un mediador indispensable en la construcción del conocimiento, ya que es el encargado de reactivar todos aquellos conceptos básicos científicos necesarios para entender la problemática, garantizando así un aprendizaje progresivamente significativo, según afirman Gawthrop & McGookin (2006).

- El proyecto de desarrollo con base en la metodología ABP, se centra en desarrollar un prototipo móvil, basado en el hardware Arduino, para censar los niveles de glucosa de cualquier persona y registrarlo en un sistema itinerante alojado en la web. Es un proyecto multidisciplinar que abarca varios conceptos de la ingeniería, en especial la de programación y diseño de sistemas; netamente lúdico que a través de la motivación permite mejorar el acceso a la atención de la salud, para que las personas diabéticas tengan un control remoto de su enfermedad, es decir, el prototipo abarca aspectos de la telemedicina móvil. Esta forma de desarrollo hace que el proyecto tenga un valor añadido y significativo, ya que a partir de estrategias pedagógicas se exploran e integran conocimientos tecnológicos, para cubrir una necesidad del entorno; sin embargo, para que el proyecto tenga validez, se debe apoyar en los siguientes conceptos: - realizable y viable dentro del entorno estudiantil; - multidisciplinar, donde la solución del problema aplique los diferentes conceptos tecnológicos, - responsabilidad del profesor en el apoyo para el desarrollo del prototipo.

3.2 Investigación

Para Doswell & Mosley (2006, 1121-1122), se debe obtener una actitud científica para identificar las diferentes posibilidades y elección de la mejor solución. Se da un aprendizaje cooperativo así como una reflexión en grupo al integrar los conocimientos de electrónica, programación y operadores mecánicos para construir y programar un prototipo tecnológico que solucione el problema.

3.3 Planificación

Gawthrop & McGookin (2004, p 43-56), recomiendan hacer una lista previa de los tipo de actividades para construir el plan de cada semana y proyectar un calendario, establecer un listado de entregables verificables a través de evaluaciones destinadas a verificar lo alcanzado por los objetivos, de forma que sea posible adoptar medidas correctoras si se detectan problemas, y sacar conclusiones al final del curso sobre mejoras que hay que hacer en el proyecto de cara a futuras ediciones.

3.4 Ejecución

Legend	Value
Microcontroller (Type)	ATmega1280
Voltage of Operation	5 Volts
Input Voltage Range	2-5.5 Volts
Reset & Delay	100ms, 100ms
Flash Memory (14-bit)	16K
Data Memory	256 bytes
EEPROM Memory	1K
Interrupts	16
Digital Ports	5 (Ports A, B, C, D, E)
Timers	2
PWM Modules	6
Serial Communication	USART
Parallel Communication	I2C
ADC Module	8 Channel 10-bit
Package	40-Pin PDIP

Para llevar a cabo el desarrollo tecnológico del proyecto, es necesario una placa programable bajo un sistema GNU/LINUX y cuya arquitectura es un micro controlador ATmeg 1280 (Figura 1).

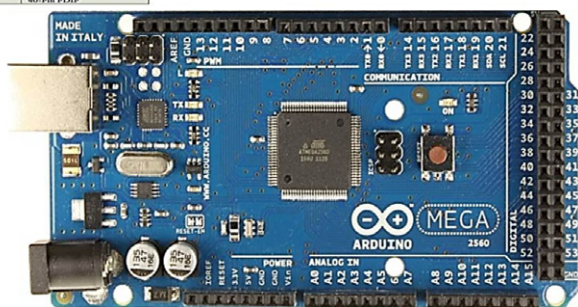


Figura 1.
Arduino
Mega 2560

Los materiales necesarios para desarrollar estos proyectos de Innovación son: - Ordenadores (uno por grupo), - Internet, - Presentaciones en Power Point o fichas, - *software* y *hardware* de Arduino, - material electrónico (motores DC, diodos, LED, transistores y etc.), - herramientas (soldador de estaño, estaño, etc.).

De acuerdo con la naturaleza del proyecto de innovación, sostienen Pinto & Bermúdez (2008, 7), puede que se utilicen otros componentes electrónicos, según lo exija su arquitectura propuesta en el *hardware*. Para que se garantice la funcionalidad del circuito es necesario diseñarlo mediante *Fritzing* (Figura 2), una herramienta gratuita de código abierto, que permite automatizar el diseño electrónico

(*Electronic Design Automation*), proveyendo las herramientas que faciliten la documentación y el intercambio de proyectos.

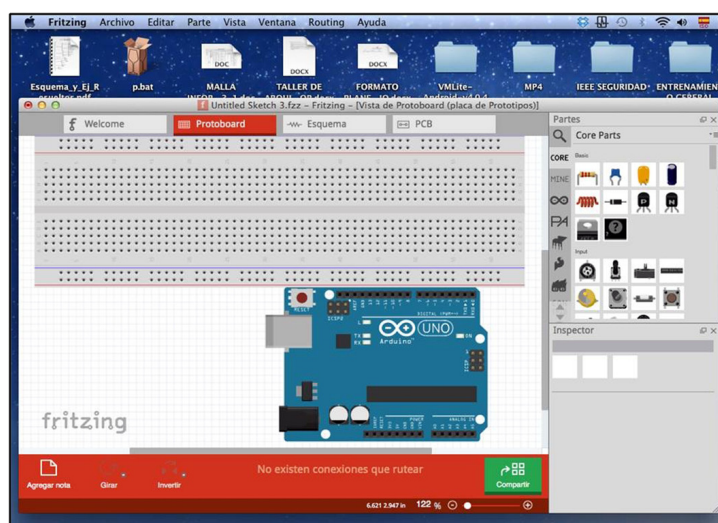
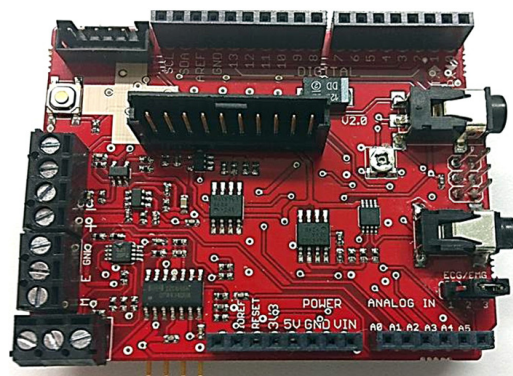


Figura 2. Interfaz de desarrollo de Fritzing



Placa interfaz Arduino-Glucómetro

Figura 3. Glucómetro digital e interfaz Arduino - Glucómetro.

Adicionalmente, se le adhiere un módulo para tomar las señales a través de un glucómetro digital, el cual obtiene los niveles de glucosa en la sangre y las envía a la placa de Arduino (Figura 3).

Glucómetro digital



Gracias a la metodología de aprendizaje, la utilización de esta tecnología en el aula de clase no se encierra su simulación en un computador y los canales típicos de multimedia, sino más bien en un desarrollo asistido con base en un aprendizaje significativo que integra campos de aprendizaje, y que se centra en los proyectos de investigación, haciéndolos a su vez más dinámicos con varias competencias como la iniciativa y la innovación.

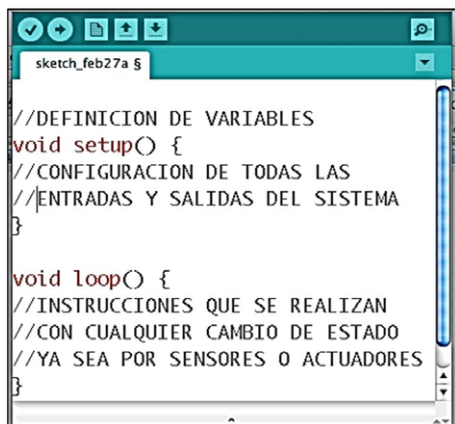
Realizado el diseño, se procede a programar la plataforma a través de una plataforma de *software* libre llamado *Arduino*⁴, dotado de una programación sencilla y con herramientas de alto nivel que facilitan la automatización para la elaboración de mecanismos complejos, lo anterior hacen al estudiante más autónomo y creativo para el desarrollo de sus ideas (Figura 4). La metodología ABP, permite integrar organizadamente la aplicación del conocimiento curricular con todas estas tecnologías para el desarrollo de arquitecturas como:

- Controlar sistemas a partir de entradas y salidas: controlar luces, motores y otros actuadores a partir de sensores como pulsadores, LDR, diferentes sensores, etc.
- Construir robots que funcionen de forma automática.
- Conectar Programas con la realidad mediante sensores.

4 El entorno de código abierto Arduino hace fácil escribir código y cargarlo a la placa E/S. Funciona en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno está escrito en Java y basado en Processing, avr-gcc y otros programas también de código abierto.

Para Warren, Adams & Molle (2010, 243), uno de los momentos de mayor significado dentro del proyecto, ya que emergen espontáneamente inteligencias prácticas y abstractas, el habla y la actividad práctica, hasta entonces dos líneas completamente independientes, convergen.

Figura 4. IDE interfaz de desarrollo de Arduino



4. Evaluación

Debido a la naturaleza de la metodología, se adoptó un método evaluativo continuo, cualitativo y al mismo tiempo formativo, un proceso de evaluación con retroalimentación entre la acción evaluadora y la acción del docente, siguiendo a Banzi (2011, 130). Por otra parte, Cabrera (1996, 3-4) señala que es importante comenzar todas las unidades temáticas con un cuestionario que indiquen el nivel de cada estudiante, de tal manera que se puedan establecer estados a través de los laboratorios con el fin de plantear progresivamente conflictos cognitivos que conlleven a la construcción individual del conocimiento apoyado en la evaluación grupal del desempeño. También es necesario que se consideren la autoevaluación y la coevaluación, esta última permite verificar una verdadera retroalimentación entre los pares evaluadores, así como llevar a cabo tanto una evaluación grupal como una individual, al estar ante un aprendizaje colaborativo. Finalmente, para el desarrollo de esta metodología se requiere tener en cuenta:

- El diseño del circuito en el *software fritzing*
- Desarrollo y simulación de la arquitectura de *software*.
- Integración con la arquitectura de *hardware*.
- El funcionamiento final del sistema y la aplicabilidad de los conceptos para solucionar la problemática dentro del contexto social.

Ahora bien, las dimensiones que pueden ser evaluadas en el proceso de desarrollo de la estrategia del ABP son las siguientes:

- Preparación para la sesión
- Participación grupal.
- Habilidades y comportamientos interpersonales.
- Contribuciones al proceso de desarrollo.

Para Ortiz (2012, 174), todos estos aspectos son necesarios para verificar los resultados y conocimientos obtenidos ya sea en el desarrollo o en la etapa final del producto. Algunas herramientas necesarias podrían ser: examen escrito, examen práctico, mapas conceptuales, presentación oral, reporte escrito, entre otros.

Con base en lo anterior, se asignó una valoración final que depende en gran medida del desarrollo final del prototipo, los conocimientos adquiridos de cada estudiante y qué tanto aportó para el desarrollo del proyecto; algo fundamental es darle algún porcentaje a la coevaluación y autoevaluación hecha de forma escrita.

5. Resultados y discusión

5.1 Descripción de resultados

Se establecieron pautas significativas a través de la metodología ABP para el desarrollo de proyectos tecnológicos, en especial aquellas basadas en el de prototipos tecnológicos, las cuales favorecían el desarrollo de habilidades y destrezas sociales, actitudinales y cognitivas para la búsqueda, análisis, integración y transferencia de conocimiento grupal, de tal manera que el hecho de seguir esta metodología sistemática, garantizó la adquisición de competencias básicas necesarias para la elaboración del dispositivo tecnológico en su etapa final.

```

Number of measures : 3
-----
Measure number 1
Date -> 1 of January of 2009 at 01:11 am
Glucose value : 173 mg/dL
-----
Measure number 2
Date -> 1 of January of 2009 at 01:09 am
Glucose value : 93 mg/dL
-----
Measure number 3
Date -> 1 of January of 2009 at 01:02 am
Glucose value : 197 mg/dL
    
```



Para este caso, la evidencia del logro se basa en un producto tecnológico (Figura 5), un prototipo electrónico, el cual a través de la red de datos internet envía los valores digitales censados tomados por un glucómetro digital. Cabe anotar que cada valor digital, captado por el glucómetro y recibido por el dispositivo Arduino, viene acompañado con su respectiva hora y fecha.

Figura 5. Detalle de datos y Dispositivos para envío y recepción de los datos

5.2 Discusión de resultados

Krajcik et al. (1998, 318), definen que esta metodología presenta dificultades a la hora de realizar actividades relacionadas con la transformación de la información en conocimiento, desarrollar argumentos lógicos y manejar tiempos de desarrollo. Según lo desarrollado en esta investigación esto se cumpliría en la medida en que no se tuvieran herramientas didácticas que faciliten el aprendizaje significativo, la simulación de algunos procesos electrónicos, y un trabajo colaborativo que favorezca el desarrollo de las competencias tecnológicas necesarias en el diseño y desarrollo de prototipos tecnológicos.

La valoración de esta experiencia se basa en que la metodología empleada produjo un nivel de entendimiento y desarrollo en un entorno de aprendizaje muy marcado por la colaboración y la retroalimentación entre los estudiantes, los cuales desarrollan competencias investigadoras pautadas por el profesor con objetivos de aprendizaje, las cuales se reflejan a través de valoraciones finales, como una lista de chequeo.

6. Conclusiones

Se han presentado resultados parciales como aproximación en cuanto a la implantación de la metodología ABP para la realización de proyectos innovadores, tecnología (hardware y software) que permitan el diseño, desarrollo e implementación de prototipos electrónicos basados en *Arduino*, pre-simulados y diseñados por computador para dar solución a problemáticas dentro del contexto social, es necesario la integración entre metodologías y procesos de enseñanzas-aprendizajes con herramientas especializadas, las cuales impulsan el trabajo colaborativo que conceden la innovación a través de prácticas tecnológicas, y la generación procesos cognitivos como el aprendizaje significativo dentro del aula, finalmente lo que se busca es mejorar las prácticas educativas consagradas dentro del micro currículo educativo con base y a través de proyectos integradores.

La experiencia serviría como apoyo a futuros proyectos de robótica y programación con una práctica basada en esta metodología de aprendizaje colaborativo, teniendo en cuenta una retroalimentación constante entre todos los entes que participan en el proyecto y el entorno.

Referencias bibliográficas

- BANZI, Massimo (2011). *Getting Started with Arduino*. 2 ed. Sebastopol (CA, USA): Maker Media. 130 p. ISBN: 978-1449309879
- BARG, Mike; FEKETE, Alan; GREENING, Tony; HOLL, Owen; KAY, Judy; KINGSTON, H. & CRAWFORD, Kathryn (2000). *Problem-Based Learning for Foundation Computer Science Courses*. In: *Computer Science Education*, Vol. 10, No. 2 (Aug). Abingdon (Oxon, UK): Taylor & Francis Group LLC. p. 109-128. ISSN: 0899-3408.
- BERMÚDEZ GARCÍA, Alejandro Josué (2012). *Cómo implementar el ABP: La experiencia de la Escuela de Medicina de la UPC*. Lima (Perú): Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 99 p. ISBN: 978-612-4041-81-5
- CABRERA JIMÉNEZ, Omar Lucio (1996). *La Robótica Pedagógica: Un vasto campo para la investigación y un nuevo enfoque para la academia [en línea]*. En: *Soluciones Avanzadas*, No. 40 (dic). México D.F. (México): Xview S.A. de C.V. p. 1-7. ISSN: 0188-8048. <http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2006/robotica_pedagogica.pdf> [consulta: 08/10/2014]
- CHIOU, Andrew (2004). *Teaching technology using educational robotics [online]*. In: *Scholarly Inquiry into Science Teaching and Learning Symposium (01/10/2004)*. Sydney (Australia): The University of Sydney. Proceedings, p. 9-14. ISBN: 1864876654. <<http://openjournals.library.usyd.edu.au/index.php/IISME/article/viewFile/6489/7136>> [consult: 08/10/2014]
- DOSWELL, Jayfus T. & MOSLEY, Pauline H. (2006). *An innovative approach to teaching robotics [online]*. In: *6th Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT'06 (05-07/07/2006)*, Kerkrade (The Netherlands): IEEE. Proceedings of the ICALT 2006, p. 1121-1122 ISBN: 0-7695-2632-2. <<http://www.computer.org/csdl/proceedings/icalt/2006/2632/00/263201121.pdf>> <<http://www.computer.org/csdl/proceedings/icalt/2006/2632/00/263201121-abs.html>> [consult: 08/10/2014]
- DRUIN, Allison & HENDLER, James (2000). *Robots for kids: Exploring new technologies for learning*. San Diego (CA, USA): Academic Press. 400 p. ISBN: 978-1558605978
- GAWTHROP, Peter J. & MCGOOKIN, Euan (2004). *A LEGO-based control experiment*. In: *Control Systems Magazine*, Vol. 24, No. 5 (oct). Piscataway (NJ, USA): IEEE, p. 43-56. ISSN: 1066-033X
- GAWTHROP, Peter J. & MCGOOKIN, Euan (2006). *Using LEGO in control education [online]*. In: *7th IFAC Symposium on Advances in Control Education 2006 (21-23/06/2006)*. Madrid (Spain): International Federation of Automatic Control (IFAC) - Escuela Politécnica Superior de Ingenieros Industriales. Proceedings of the 7th IFAC. ISBN: 978-1-60560-729-0. <<http://www.gawthrop.net/Lego/ACE06/Submitted.pdf>> [consult: 08/10/2014]
- HUNG, David (2002). *Situated Cognition and Problem-Based Learning: Implications for Learning and Instruction with Technology*. In: *Journal of Interactive Learning Research*, Vol. 13, No. 4, Chesapeake (VA, USA): Association for the Advancement of Computing in Education, AACE. p. 393-414. ISSN: 1093-023X
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN. INNOVACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO PARA LA EDUCACIÓN, IIIPE (2009). *Desarrollo de aplicaciones educativas*. Monterrey (México): IIIPE. <<http://www.iiipe.edu.mx/node/1800>> [consulta: 08/10/2014]
- KRAJCIK, Joseph; BLUMENFELD, Phyllis C.; MARX, Ronald W.; BASS, Kristin M.; FREDRICKS, Jennifer & SOLOWAY, Elliot (1998). *Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students [online]*. In: *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 7, No. 3-4. Abingdon (Oxon, UK): Lawrence Erlbaum Associates. p. 313-350. ISSN: 15327809. <<http://www.jstor.org/discover/10.2307/1466790?uid=3737808&uid=2&uid=4&sid=21104299996691>> <doi:10.1207/s15327809jls0703&4_3> [consult: 08/10/2014]
- MOURSUND, David (2002). *Project-Based Learning: Using Information Technology*. 2 ed. Washington D.C. (USA): International Society for Technology in Education, ISTE. 136 p. ISBN: 978-1564841964
- MUSTOE, Leslie R & CROFT, Anthony C. (1999). *Motivating Engineering Students by Using Modern Case Studies*. In: *International Journal of Engineering Education*, Vol. 15, No. 6. Delhi (India): Research India Publications. p. 469-476. ISSN: 0975- 6469.

- ORTIZ OCAÑA, Alexander Luis (2008). Pedagogía problémica significativa y vivencial: Metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Barranquilla (Colombia): Educosta. 174 p. ISBN 978-958-8511-00-9
- PINTO SALAMANCA, María Luisa & BERMÚDEZ BOHÓRQUEZ, Giovanni Rodrigo (2008). Determinación de los Parámetros para el Servomotor NXT LEGO Mindstorms® con Técnicas de Identificación de Sistemas [en línea]. En: Séptima Conferencia Iberoamericana en Sistemas. Cibernética e Informática, CISCi 2008 (29/06-02/07/2008). Orlando (FL, Estados Unidos): International Institute of Informatics and Systemics, IIIS. <<http://www.iiis.org/CDs2008/CD2008CSC/CISCi2008/PapersPdf/C098SE.pdf>> [consulta: 08/10/2014]
- THOMAS, John W. (2000). A review of research on project-based learning [online]. Tucson (AZ, USA): Bob Pearlman Organization. 48 p. <http://www.bobpearlman.org/bestpractices/pbl_research.pdf> [consult: 08/10/2014]
- WARREN, John David; ADAMS, Josh & MOLLE, Harald (2011). Arduino Robotics. Collection: Technology in Action. New York (USA): Springer Verlag GmbH. 628 p. ISBN: 978-1430231837
- WOODS. Donald R.; FELDER, Richard M.; RUGARCIA, Armando, & STICE, James M. (2000). The future of engineering education III. Developing critical skills [online]. Chemical Engineering Education, Vol. 34, No. 2 (Spring). Gainesville (FL, USA): American Society for Engineering Education p. 108-117. ISSN: 0009-2479. <<http://www.che.ufl.edu/cee/Journals/spring2000/woods.html>> [consult: 08/10/2014]