



Entorno de aprendizaje para la enseñanza de programación en Arduino mediado por una mano robótica didáctica

Learning environment for teaching of programing concepts in Arduino through a didactic robotic hand

Jorge Armando NIÑO Vega [1](#); Lina Yormary MARTÍNEZ Díaz [2](#); Flavio Humberto FERNÁNDEZ Morales [3](#); Julio Enrique DUARTE [4](#); Faustino REYES Caballero [5](#); Guerly José GUTIERREZ Barrios [6](#)

Recibido: 08/08/2017 • Aprobado: 11/09/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
 - [2. Materiales y métodos](#)
 - [3. Resultados y discusión](#)
 - [4. Conclusiones](#)
- [Referencias](#)

RESUMEN:

En este trabajo se presenta la aplicación de una mano robótica como herramienta motivadora para el aprendizaje de programación en Arduino, orientada a estudiantes de la educación media. La prueba piloto se realizó en el Colegio La Nueva Familia de Duitama, Colombia. Se trabajó con 59 estudiantes del grado undécimo, junto con la docente titular del área de tecnología e informática. La prueba se acompañó de varios planes de aula y ayudas didácticas en la plataforma Edmodo. Es interesante observar que, antes de implementar el prototipo didáctico en el aula, menos del 10% de los estudiantes identificaban correctamente conceptos básicos de electrónica y programación; en contraste, luego de haber interactuado con el prototipo durante un periodo académico, más del 90% de los estudiantes identificaron componentes electrónicos y el entorno de programación Arduino. Los resultados permiten concluir que el uso de ayudas didácticas contribuye en el proceso enseñanza aprendizaje de las

ABSTRACT:

In this paper the application of a robotic hand, as a motivational tool for learning programming in Arduino, is described. The test was performed in the school called Colegio La Nueva Familia in Duitama, Colombia. The teacher of technology and informatics area as well as 59 students of the eleven degree were involved. The test was complemented by some lesson plans and didactic tools in the Edmodo platform. It is interesting that before using the didactic prototype in class, less than the 10% of students identified basic electronic and programming concepts; in contrast, after the interaction with the prototype along an academic period, more than 90% of students recognized electronic components and the programming environment in Arduino. Results let conclude that the use of didactic tools contributes to the teaching and learning process of issues related to technology, mainly those related to programming skills development.

Keywords: robotic hand, Arduino, programing,

1. Introducción

La programación de computadores es una temática de gran aplicación en la actualidad, pues en ella se basan todos aquellos productos y servicios que requieren de la captura, procesamiento, almacenamiento, intercambio y presentación de información. La industria del software ha permeado prácticamente todos los ámbitos de la actividad humana, siendo posible encontrar aplicaciones en áreas tan disímiles como: economía, medicina, ingeniería, agricultura y turismo, por mencionar algunas (Villalobos-Abarca, Karmelic-Pavlov, & Néspolo-Cova, 2016; Martínez-Marín, Arango-Aramburo, & Robledo-Velásquez, 2015).

La interacción entre el computador y los usuarios tradicionalmente se da a través de la pantalla como dispositivo de salida, unto con el teclado y el ratón como dispositivos de entrada. Sin embargo, la creciente virtualización de las aplicaciones ha llevado a la aparición de nuevas interfaces que vinculan sensores, actuadores y microcontroladores, junto con protocolos para la conexión con el computador central (Fernández-Riomalo, Guástar-Morillo, & Vivas-Albán, 2016; Cárdenas, & Prieto-Ortíz, 2015; Gelvez-Munevar, Torres, Moreno-Muñoz, & Bautista-Rojas, 2013).

Este tipo de sistemas reciben el nombre de computación física, en el entendido que permiten una mayor interacción entre el entorno –y en últimas del usuario-, con los sistemas de cómputo, dando lugar a plataformas con un alto grado de interactividad (Cardona, & López, 2017). Ejemplos de computación física lo constituyen las consolas de videojuegos que integran sensores de movimiento, aceleración, temperatura y presión, entre otros, o las interfaces hápticas que facilitan el entrenamiento del personal médico en técnicas de cirugía especializadas (Tangarife-Chalarca, 2013).

Estas aplicaciones exigen en los desarrolladores una gran capacidad para programar, siendo necesario el conocimiento de estructuras, lógica y lenguajes de programación, junto con el manejo de técnicas de control y procesamiento de señales, así como del conocimiento de los dispositivos electrónicos que permiten la interacción entre el mundo real y el virtual (Cerón-Correa, Salazar-Jiménez, & Prieto-Ortíz, 2013; León-Medina & Torres-Barahona, 2015; Zuluaga-Ramírez, & Gómez-Suta, 2016).

En este sentido, es deseable que los ciudadanos desde la educación básica se aproximen a la programación en contextos didácticos, que les permitan entender el funcionamiento de aparatos que irrumpen con gran fuerza en la cotidianidad, afectando la forma en que nos interrelacionamos con el mundo. En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional, MEN, ha establecido el área de tecnología e informática como el espacio formativo para que los estudiantes apropien conocimientos relacionados con los principios de funcionamiento y uso de artefactos (Angarita-Velandia, Fernández-Morales, & Duarte, 2011). La falta de ayudas didácticas para que los estudiantes plasmen sus ideas sobre lo que se está aprendiendo en programación, ha sido un gran problema en el desarrollo de las competencias del área de tecnología. Lo anterior se une a la poca capacitación de los docentes, lo cual genera inconvenientes a la hora de llevar los contenidos al aula (Parra-León, Duarte, & Fernández-Morales, 2014).

En este contexto, algunas instituciones educativas han tomado a la informática y en particular a la robótica educativa, como alternativa para desarrollar las competencias en tecnología (Mesa-Mesa, & Barrera-Lombana, 2013).

En este trabajo se presenta la validación pedagógica de una mano robótica didáctica, desarrollada con el objetivo de permitir que el estudiante acceda de manera interactiva a las temáticas propias de la programación en Arduino. La plataforma Arduino es un sistema de

hardware y software libre, adecuado para ilustrar los principios de la computación física (Delgado, Güell, García, Conde, & Casado, 2014). A continuación se presentan las características del prototipo didáctico y se hace una breve descripción de la metodología. Luego se describe el entorno de aprendizaje diseñado con base en una prueba diagnóstica, y se presenta la opinión de los actores del proceso formativo que intervinieron en la experiencia de aula. Finalmente, se brindan las conclusiones del estudio.

2. Materiales y métodos

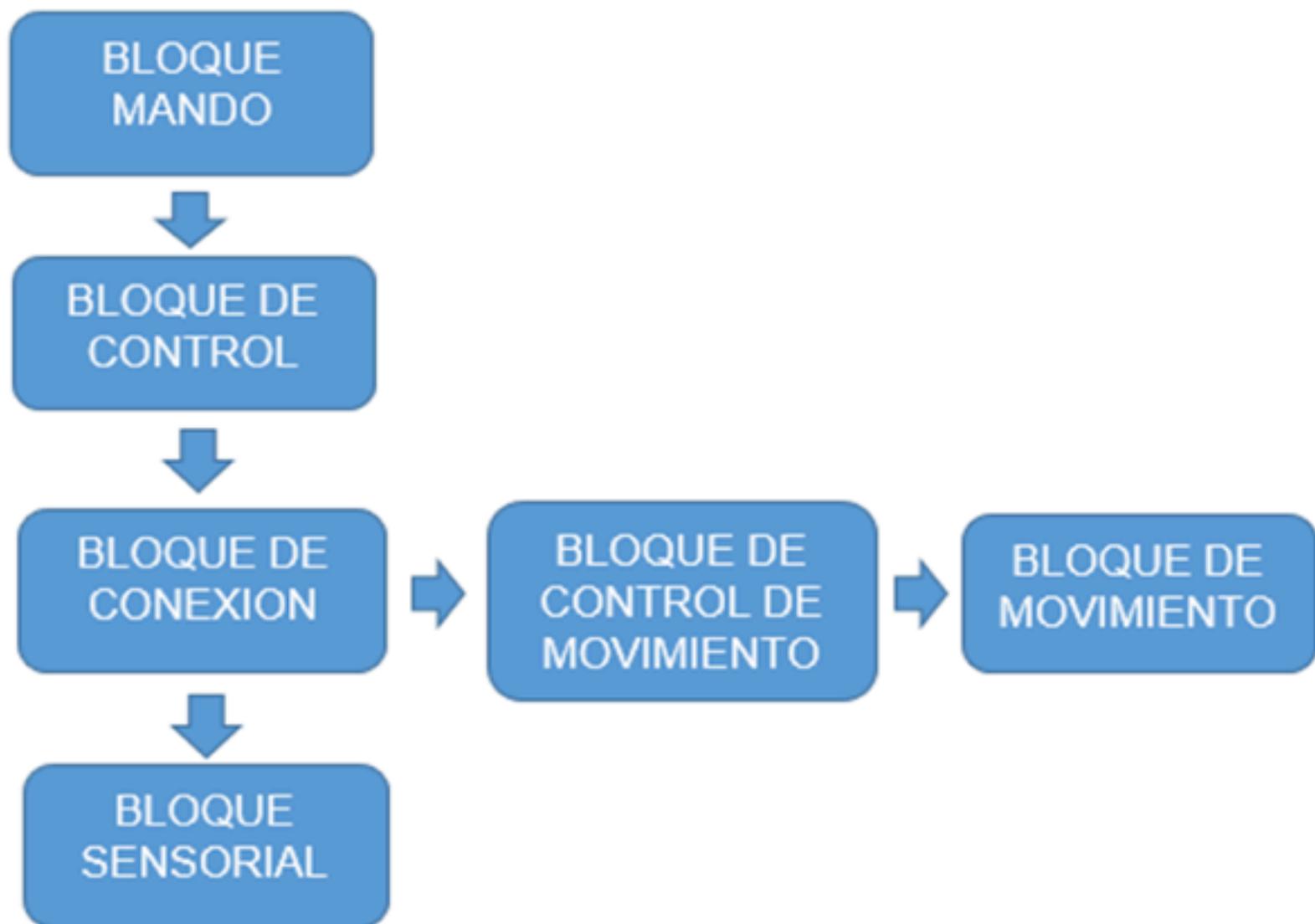
2.1. Prototipo didáctico

El prototipo didáctico, correspondiente a una mano robótica, permite la movilidad de los cinco dedos, emulando el cierre y apertura de las falanges. Este movimiento lo da el usuario a través de un guante sensorial y depende de la programación que se realiza del dispositivo. La mano robótica se programa a través de Arduino, que es un sistema para desarrollo con microcontroladores de bajo costo. Esta plataforma se escogió debido a que cuenta con un entorno de programación gráfica y descriptiva muy simple, adecuado para la enseñanza en los primeros niveles educativos (Altamirano-Santillán, Vallejo-Vallejo, & Cruz-Hurtado, 2017).

La figura 1 presenta la estructura propuesta para el prototipo, la cual se basa en seis bloques funcionales, a saber: mando, control, conexión, sensorial, control de movimiento y el bloque de movimiento.

Figura 1

Diagrama esquemático de la mano robótica didáctica.



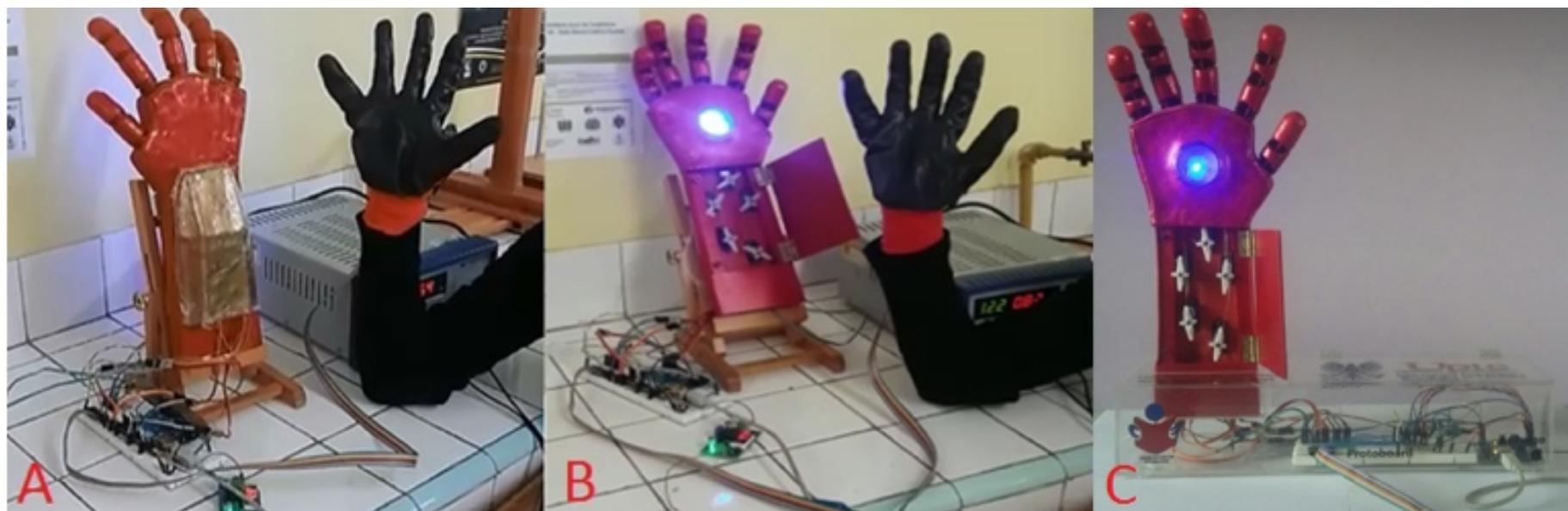
Los bloques de la figura 1 representan los diversos componentes y funciones del prototipo didáctico, orientados al desarrollo de habilidades para la programación. En primer lugar está el bloque de mando, correspondiente al software ARDUINO, donde se programa al bloque de control, implementado con el microcontrolador de la placa Arduino. Luego se tienen los bloques

de conexión, de control de movimiento y el bloque de movimiento propiamente dicho ; en estos bloques el estudiante realiza las conexiones de los diferentes componentes, como: servomotores, flexorresistencias y leds, entre otros. Además, el bloque de movimiento está constituido por el mecanismo que conforma la estructura física de los dedos de la mano robótica, los cuales responden a las señales del bloque de control de movimiento. En el bloque sensorial el estudiante realiza la conexión de las flexorresistencias en el guante.

En la figura 2 se presenta la mano robótica didáctica, cuyos detalles de diseño y fabricación se pueden consultar en un trabajo previo de los autores (Niño-Vega, Martínez-Díaz, & Fernández-Morales, 2016).

Figura 2

Prototipo didáctico (Niño-Vega, Martínez-Díaz, & Fernández-Morales, 2016).



En la figura 2: las secciones A y B muestran las partes posterior y frontal de la mano robótica, respectivamente; en la sección C se aprecia el prototipo final junto con la caja de conexión y guante sensorial. El funcionamiento del prototipo se puede resumir así: al manipular el guante, los sensores flexibles envían una señal que depende del grado de flexión, cuya resistencia incrementa de acuerdo al grado de inclinación de la misma. Al variar la inclinación de los sensores se obtiene un cambio en la posición de inicio de los servomotores, haciendo que estos simulen el movimiento que realiza la persona que manipula el guante,.

En este punto vale la pena destacar que el prototipo se diseñó de modo que los estudiantes tengan acceso a todos los componentes eléctricos y electrónicos, lo cual facilita el contacto directo con los dispositivos que conforman el prototipo. Es decir, no se trata de una unidad sellada donde basta con cerrar un interruptor para que el artefacto funcione, sino que los componentes se pueden conectar de modo que el prototipo sirva como base para la realización de diversas prácticas. Esta es una característica importante a tener en cuenta cuando se habla de la enseñanza de conceptos relacionados con ciencia y tecnología, empleando como mediación didáctica artefactos que llevan al aula los fenómenos a ser estudiados (Reyes-González, & García-Cartagena, 2014; Castro-Galeano, Pinto-Salamanca, & Amaya-Quitián, 2014; Mora-Mendoza, Sarmiento-Santos, & Casallas-Caicedo, 2014).

2.2. Metodología

El tipo de investigación utilizado en este proyecto corresponde a la investigación acción, ya que los investigadores estuvieron involucrados en: la recolección de información, elaboración del prototipo, implementación del mismo con los estudiantes en el aula, junto con el análisis de la información recolectada. La prueba piloto se realizó en el Instituto Educativo Colegio La Nueva Familia, ubicado en la ciudad de Duitama, Boyacá.

Específicamente, se tomó como población objeto a los 59 estudiantes que conformaban los grados once en el año 2016; esto debido a que en este nivel se empiezan a trabajar los

lenguajes de programación, temática apropiada para validar la utilidad de la mano robótica didáctica. El curso 1101 tenía 30 estudiantes, 12 mujeres y 18 hombres; el curso 1102 contaba con 29 estudiantes, 7 mujeres y 22 hombres; además, la edad promedio de los estudiantes era de 17 años.

La validación del prototipo implicó la elaboración de 6 guías de aprendizaje, el trabajo en el aula durante el tiempo establecido y la evaluación del aprendizaje de los estudiantes. El diseño de las guías y la selección de la estrategia didáctica, se realizaron con base en el conocimiento previo de los estudiantes, para lo cual se aplicó una prueba diagnóstica relacionada con fundamentos de electrónica y programación.

La práctica de aula se realizó con el apoyo de una plataforma de administración de contenidos, LMS por sus siglas en inglés, a través de la cual el estudiante podía acceder a información complementaria y resolver dudas en foros programados específicamente sobre la temática. De esta manera se busca integrar a las Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, para promover la transformación pedagógica que potencie procesos de interacción, autonomía, el aprender a aprender y la participación activa de los estudiantes en su proceso formativo (Garcés-Pretel, Ruiz-Cantillo, & Martínez-Ávila, 2014; Torres-Ortíz, & Duarte, 2016).

La actividad de aula se desarrolló durante el cuarto periodo en el área de tecnología informática, con una intensidad de dos horas semanales por cada curso. Finalmente, se establecieron 10 sesiones de trabajo distribuidas así: la primera para aplicar la prueba diagnóstica, las 8 siguientes para desarrollar las diferentes temáticas; mientras que en la última sesión se aplicó un cuestionario para determinar la opinión de los estudiantes y se realizó la entrevista a la docente titular de la asignatura.

3. Resultados y discusión

3.1. Aspectos pedagógicos

La estrategia didáctica usualmente sugerida para la enseñanza de tecnología es el aprendizaje basado en proyectos, ya que permite interactuar a los estudiantes en situaciones concretas y significativas, estimulando el desarrollo de los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales (Rodríguez-Cepeda, 2016; Angarita-Velandia, Fernández-Morales, & Duarte, 2016; Londoño, Ruiz-Navas, Mendoza, & Barbosa-Robles, 2016). El método de proyectos se basa en un enfoque constructivista del aprendizaje, donde el estudiante pasa a ser el eje del proceso formativo y, con el acompañamiento del docente, se convierte en gestor de su propio conocimiento (Fernández, & Duarte, 2013; Núñez-Pérez, 2015; González-Calixto, Patarroyo-Durán, & Carreño-Bodensiek, 2017).

El conocimiento previo de los estudiantes sobre electrónica y programación en el entorno de desarrollo de Arduino, IDE por sus siglas en inglés, base para el diseño didáctico, se estableció con una prueba diagnóstica.

Los resultados de esta prueba indican que el 97,18% de los estudiantes NO tenían conocimiento alguno sobre los conceptos de electrónica y programación; mientras que el 2,82% de los estudiantes que SI identificaban algunos componentes electrónicos o interpretaban un esquema electrónico, lo hacían porque aprendieron estos conceptos de forma libre para el desarrollo de maquetas y/o proyectos de otras asignaturas. Esto se explica debido a que la institución educativa es de carácter académico, sin ningún tipo de especialidad; además, en el área de tecnología se han venido tratando temáticas relacionadas con informática, situación común en los niveles de educación básica y media colombianos (Ricardo, Borjas, Velásquez, Colmenares, & Serge, 2013; Parada-Hernández, & Suárez-Aguilar, 2014; Garcés-Pretel, & Ruíz-Cantillo, 2016).

En estas condiciones, aplicar el modelo constructivista netamente puro resulta complicado, ya que los estudiantes no tienen bases o conocimientos previos sobre la temática. En este sentido,

previo a la aplicación de la estrategia de proyectos, se implementaron algunas actividades de corte tradicional con la finalidad de presentar teóricamente los conceptos básicos de electrónica, necesarios para la correcta apropiación de conocimientos en cuanto al uso de las tarjetas Arduino y su programación.

El diseño didáctico, entendido como la planificación de las actividades en el aula, parte de identificar los requerimientos formativos, la población objetivo y sus conocimientos previos (Angarita-Velandia, Fernández-Morales & Duarte, 2014). Así, las Competencias que se espera adquieran los estudiantes, tras el desarrollo de las actividades con el prototipo didáctico, son: conocimiento y desarrollo de artefactos y procesos tecnológicos; manejo técnico, eficiente y seguro de elementos y herramientas tecnológicas; e identificación y solución de problemas a través de procesos tecnológicos.

Habiendo establecido el modelo pedagógico e identificado las competencias, se procedió a elaborar seis guías de aprendizaje, ver tabla 2, de modo que en el cuarto periodo se pudieran adelantar las temáticas de programación en Arduino.

Tabla 1
Estructura de las guías de aprendizaje.

Guía	Temática	Objetivo	Competencia
1	Introducción a la electrónica	Aprender el manejo y funcionamiento del protoboard. Identificar componentes electrónicos básicos. Interpretar un circuito electrónico (montaje y funcionamiento).	Reconocer e identificar conceptos básicos de electrónica, como: manejo del protoboard e interpretación de esquemas electrónicos.
2	Introducción a Arduino	Identificar las características principales de la tarjeta Arduino Uno y su entorno de desarrollo. Realizar un primer proyecto que consiste en encender y apagar un LED para modificar su estado.	Comprender la interfaz de programación que tiene la tarjeta Arduino, y sus aplicaciones.
3	Entradas y salidas digitales	Apropiación de las funciones PinMode, digitalWrite y digitalRead, para tratar entradas y salidas digitales en Arduino. Identificación de señales digitales binarias. Diseñar diagramas esquemáticos.	Identificar las funciones PinMode, digitalWrite y digitalRead en la IDE de Arduino.
4	Entradas y salidas analógicas	Apropiar las funciones analogRead y analogWrite, para manejar entradas y salidas Analógicas en Arduino. Identificar los pines de entradas y salidas analógicas de la tarjeta Arduino UNO.	Identificar las funciones analogWrite y analogRead en la IDE de Arduino.
5	Manejo de servomotores	Comprender el funcionamiento y uso de los servomotores con Arduino. Reconocer la importancia de emplear la librería Servo.h, para el manejo de los	Determinar el concepto, funcionamiento y aplicación de la librería Servo.h para el control de servomotores.

		servomotores.	
6	Manejo del prototipo de mano robótica didáctica	Integrar lo aprendido en las guías anteriores, para lograr el completo funcionamiento de la mano robótica.	Aplicación de conceptos previos para la solución de problemas.

Las guías tienen como finalidad la de facilitar al estudiante tanto la comprensión de las temáticas, como el reconocimiento y manejo del prototipo. Los proyectos propuestos son de complejidad creciente, emplean los diversos módulos del prototipo, y finalizan con el reto de hacer funcionar la mano robótica en su totalidad. Es decir, los estudiantes deben integrar los conocimientos y destrezas adquiridos sobre programación en Arduino, para lograr el correcto funcionamiento del prototipo. Las guías de aprendizaje se encuentran disponibles en el sitio WEB desarrollado para este proyecto, y pueden consultarse en la siguiente dirección: (<http://www.robotichand.260mb.net/wp/sample-page/>).

También se implementó un aula virtual en Edmodo y se desarrolló un blog con material complementario. Los sistemas de administración de contenidos, también conocidos como plataformas, han sido ampliamente utilizados como apoyo a la docencia en diversas temáticas, ya que facilitan la distribución de contenidos y promueven la interacción de estudiantes y docentes (Torres-Ortiz, 2012; Niebles-Núñez, Hernández-Palma, & Cardona-Arbeláez, 2016; Rivera-Rogel, Ugalde, González, & Carrión-Salinas, 2016).

En la figura 3 se observa el panel de notificación de actividades del entorno de aprendizaje. Edmodo tiene la ventaja de ser gratuito y permite la comunicación entre alumnos y profesores, espacio ideal para debatir, aclarar y despejar dudas sobre las diversas temáticas (Sáez-López, Lorraine-Leo, & Miyata, 2013; Jiménez-Pitre, Vesga, & Martelo, 2017).

Figura 3
Pánel de notificaciones en Edmodo

The image shows a screenshot of a Facebook group chat interface. The chat is titled 'Mensajes del Grupo' and has a filter option 'Filtrar los mensajes por'. There are three messages from the user 'Yo a Tecnología Informática - 1102':

- Message 1:** 'Encuesta Mano Robótica'. It features a poll with 'Entregas (0)' and a 'Fecha Límite: Diciembre 03, 2016 19:00'. The text says: 'En el siguiente enlace se debe adjunta la encuesta realizada gracias por su colaboración.' It has 0 likes and a response box.
- Message 2:** 'ENCUESTA MANO ROBÓTICA'. It features a poll with 'Entregas (22)' and a 'Fecha Límite: Noviembre 08, 2016 14:15'. It has 8 questions and 8 likes. It has a response box.
- Message 3:** 'Adjunto Vídeo-Tutorial, para reforzar lo visto en clase acerca del simulador Circuits.io'. It includes a video thumbnail and the text: 'Circuits.io. El mejor Simulador de Electrónica y Arduino www.youtube.com'. It has 8 likes and a response box.

Adicionalmente, con el ánimo de brindar a estudiantes y docente los recursos necesarios para el desarrollo del curso, se elaboraron video tutoriales, guías de Aprendizaje, presentaciones, imágenes, entre otros, en varias páginas web que al final se integraron para formar un Blog alojado en Wordpress. El Blog se puede acceder en la siguiente dirección: (<http://www.robotichand.260mb.net/wp/?i=1>). A continuación se presenta la estructura del blog, con el fin de identificar y describir los contenidos que se encuentran en cada apartado de las diferentes páginas web.

Figura 4
Menús de entradas del blog



Robotic Hand



B



Guías De Aprendizaje

En este apartado, encontraras todas las Guías de Aprendizaje y Material de Apoyo para orientar las diferentes temáticas que permiten el funcionamiento del Prototipo Didáctico.



Material De Apoyo

En esta sección encontraras todos los recursos, para el desarrollo correcto de las diferentes Guías de Aprendizaje.



Diseño y Construcción Mano Robótica

En este apartado encontraras, el Diseño estructural y el Montaje Electrónico de la Mano Robótica.

En las secciones A y B de la figura 4, se ilustran los menús desplegados e interactivos del blog, que conducen a las opciones de: guías de aprendizaje, material de apoyo, diseño y construcción de la mano robótica, así como a los enlaces de descarga.

Las 6 guías de aprendizaje están disponibles en versión PDF para ser descargadas por los estudiantes, de modo que pueden acceder a ellas para reforzar los temas tratados en clase. En la página de material de apoyo se encuentran recursos como videotutoriales y enlaces, los cuales sirven para retroalimentar conceptos y/o facilitar al docente la explicación de algunas temáticas. Entre los enlaces se tienen: Edmodo, Arduino, circuits.io que es un simulador de circuitos electrónicos, y el canal Robotic hand en YouTube con los videotutoriales elaborados como apoyo al curso. Los simuladores permiten que el estudiante pruebe los montajes antes de llevarlos a la práctica, evitando daños en los componentes, de modo que se convierten en herramientas de gran utilidad a la hora de aprender temáticas relacionadas con tecnología (Pinto-Salamanca, Sofroni-Esmeral, & Jiménez, 2015; Cáceres, & Amaya, 2016).

Figura 5

Página web con el diseño y construcción de la mano robótica

Diseño y Construcción Mano Robótica

En este apartado encontraras toda la **información y documentación** necesaria para la **construcción y manejo de la Mano Robótica**.

En el video que se presenta a continuación, se puede visualizar como es el **Funcionamiento del Prototipo**, como responde este ante las señales dadas a través del guante sensorial y como se reproducen los movimientos de cada uno de los dedos en la Mano Robótica.



A continuación se presenta el **Manual de Usuario en formato PDF** en el cual se puede observar el modo de **conexión y programación de la Mano Robótica**. (Para poder descargarlo dale click sobre la siguiente imagen).



Finalmente en el siguiente enlace, encontraras el **Diseño de la Mano Robótica tanto en AutoCAD, como en SolidEdge**. A su vez se establecen los materiales con los cuales se construyo dicho artefacto tecnológico. (Para poder descargarlo dale click sobre la siguiente imagen).





En la figura 5 se ilustra la sección del diseño y construcción de la mano robótica. En primer lugar se encuentra un video demostrativo del prototipo. Luego se tiene el manual de usuario en versión PDF, donde se muestran las conexiones y programación de la mano robótica. En el manual también se sugieren prácticas en algunas temáticas básicas como: estudio del funcionamiento de diferentes componentes electrónicos; circuitos eléctricos básicos: serie, paralelo y mixto; programación de entradas y salidas digitales, así como la programación de entradas análogas en la IDE de Arduino. Finalmente, se brindan detalles del diseño del prototipo, incluyendo la descripción de cada componente.

3.2 Opinión de los usuarios

La aplicación del prototipo en el aula implicó la estructuración del plan de área para el cuarto periodo, ya que la prueba piloto se realizó entre los meses de septiembre a noviembre de 2016. Igualmente se implementaron seis planes de aula, en los cuales se especificaron las actividades para lograr el completo funcionamiento del prototipo, partiendo desde lo más básico a lo más complejo de manera secuencial, fomentando en los estudiantes el trabajo grupal y el aprendizaje significativo.

Luego de desarrollar el curso durante el tiempo previsto, para establecer el impacto del entorno de aprendizaje en los 59 estudiantes que participaron en las actividades, se aplicó un cuestionario de 7 preguntas, donde las 4 primeras se valoran como: Excelente, Bueno, Regular y Malo, mientras que las 3 restantes se valoran con una escala dicotómica. A continuación se analizan las respuestas a las 7 preguntas:

En cuanto a las habilidades adquiridas para programar en la IDE de Arduino, el 93,23% (55 Estudiantes), lo relacionaron con Excelente, pues consideran que dominan y comprenden con facilidad cada uno de los componentes y funciones vistas; el 5,08%(3 Estudiantes), lo relacionaron con Bueno, ya que consideran que dominan de manera aceptable cada uno de los componentes y funciones estudiadas; mientras que solo 1 Estudiante respondió que regular, debido a que presenta alguna dificultad a la hora de programar y no logra dominar de manera correcta el lenguaje de programación.

En cuanto a la interacción con la mano robótica, todos los estudiantes opinan que fue Excelente, pues consideran que el prototipo se encontraba en perfectas condiciones, respondía de manera eficaz a las órdenes dadas y los componentes electrónicos funcionaban de manera adecuada.

Frente al diseño del prototipo, los 59 estudiantes lo consideran como Excelente, pues opinan que la mano robótica tiene un diseño llamativo, es rígida y segura, ya que no presenta riesgos en su manipulación.

En el momento de realizar los diferentes montajes electrónicos en el Protoboard, el 86,44% (51 Estudiantes), lo relacionaron con Excelente, pues opinan que en el prototipo se logran identificar los diferentes componentes electrónicos, el espacio de conexión es amplio y su energización es segura; el 13,56%(8 Estudiantes), lo relacionaron con Bueno, debido a que consideran que en la mano robótica no se lograban identificar muy bien los componentes electrónicos y el espacio de conexión es medianamente amplio, coincidiendo en el hecho de que su energización es segura.

las guías presentadas para la conexión, programación y manejo del prototipo didáctico fueron adecuadas?: el 98,31% (58 Estudiantes), respondieron que Si, ya que la información presentada en cada guía es clara y coherente con lo visto en clase; solo 1 Estudiante opinó que No, ya que se le dificultó el desarrollo de las mismas.

El uso de la mano robótica para el proceso de enseñanza de temáticas de servomotores, sensores y cargas lumínicas resultan ser adecuadas?: los 59 Estudiantes opinan que Si, ya que en el prototipo didáctico se encuentran todos los componentes electrónicos para ser programados, a la vez que se puede visualizar su función dentro de la mano robótica.

El uso de la plataforma EDMODO, los video tutoriales y la página web, para el aprendizaje de programación en la IDE de Arduino, es útil?: el 96,61% (57 Estudiantes), consideran que Si, ya que resulta ser un complemento bastante útil para la aprehensión de las nuevas temáticas; el 3,39% (2 Estudiantes), lo relacionaron con No, pues tuvieron inconvenientes para ingresar a Edmodo.

Teniendo en cuenta que las actividades se llevaron a cabo con el acompañamiento de la docente titular del área de tecnología e informática, se realizó una entrevista para establecer su opinión sobre el prototipo didáctico y su utilización en el aula de clases. A continuación se presentan los apartados más importantes de esa entrevista:

Respecto a si son adecuadas las guías, el plan de aula y el plan de área, mediados por el empleo del prototipo didáctico, la docente respondió que Sí. Ella manifiesta que las temáticas se presentan de manera explícita y puntual, que los planes de área y de aula facilitan la tarea del docente a la hora de implementar la temática de programación en la IDE de Arduino.

En cuanto a si son adecuadas las temáticas implementadas para la enseñanza de programación en la IDE Arduino, a través del manejo del prototipo didáctico, la docente indicó que Sí. Ella considera que los temas tratados a lo largo del cuarto periodo acerca de programación en la IDE Arduino, fueron: claros, coherentes y secuenciales, para que los estudiantes comprendieran desde lo más básico a lo más complejo de la temática; además, esta se veía complementada cuando los estudiantes interactuaban con el prototipo en el aula.

En cuanto a si los estudiantes adquirieron habilidades para programar en la IDE de Arduino, luego de haber interactuado con el prototipo didáctico, la docente indicó que Sí. Ella expresó que, si bien aprender a programar es aprender un lenguaje nuevo y por ende es muy complejo tanto enseñarlo como aprenderlo, observó en los estudiantes un gran interés y apropiación de la temática; esto les permitió estar atentos a las explicaciones de los docentes, facilitando el desarrollo de programas complejos como lo es el control de la mano robótica.

Con referencia a si el prototipo fue llamativo y pertinente para que los estudiantes se interesaran por la temática de programación, la docente indicó que Sí. Esto debido a que el prototipo representa ingenio y creatividad, ya que en él se pueden trabajar varias temáticas. Además, el prototipo representa la mano del comic Iron Man de Marvel comics, semejanza que permite a los estudiantes evidenciar que se puede llevar la ficción a la realidad y esta curiosidad motivó el interés por el aprendizaje de programación.

Con respecto a si se consideran útiles la plataforma Edmodo, los videotutoriales y la página web para que los estudiantes aprendan a programar en la IDE de Arduino, la docente indicó que Sí. Para ella el uso de estas herramientas complementa lo explicado en el aula de clases; además de estar disponibles para los estudiantes cuando lo requieran, sirven para cualquier persona interesada en aprender a programar.

Los resultados anteriores indican que la interacción con el prototipo didáctico y el material complementario fue adecuada, pues despertó en los estudiantes el deseo por aprender las temáticas de programación en Arduino, así como el interés por conocer sobre componentes y circuitos electrónicos. Además, el diseño del prototipo fue adecuado para su implementación en el aula, lo cual se corrobora con el alto nivel de aceptación por parte de los estudiantes. La opinión de la docente destaca la importancia de utilizar este tipo de material didáctico, ya que despierta la curiosidad del estudiante y lo motiva a apropiarse de temáticas complejas, facilitando así la labor orientadora del docente. En este sentido, la mano robótica cumple con los requisitos técnicos y pedagógicos para ser un artefacto tecnológico didáctico, seguro y fácil de operar, características deseables en cualquier material didáctico (Angarita-Velandia et al., 2011; Molina, Palomeque, & Carriazo, 2016; Celin-Mancera, Solano-Maso, & Molina-Coronel,

2017).

En cuanto al entorno virtual, a saber: plataforma Edmodo, blog, canal de YouTube, manual de usuario y guías de aprendizaje, en opinión de estudiantes y docente tiene un diseño adecuado y cumplen una labor importante como material de apoyo. La importancia de este material educativo es que contribuye al trabajo independiente del estudiante y facilita el seguimiento por parte del docente. Esto se explica porque Edmodo proporciona un espacio virtual en el que se pueden compartir mensajes, archivos, enlaces, calendario de aula, así como proponer tareas, actividades y gestionarlas; además permite identificar el rendimiento de cada estudiante y su compromiso con la asignatura (Sáez et al., 2013).

Desde el punto de vista pedagógico, los resultados permiten establecer que el prototipo didáctico fue llamativo y pertinente para la apropiación de conceptos de programación en la IDE de Arduino. En este sentido, los estudiantes lograron alcanzar los objetivos propuestos en las guías de aprendizaje, apropiando los conocimientos asociados a las actividades planteadas. Esto último se verificó en la participación exitosa de los estudiantes en un evento municipal relacionado con tecnología, lo cual es resultado de su motivación por la temática.

4. Conclusiones

Los resultados de la validación pedagógica de una Mano Robótica Didáctica, diseñada para facilitar el aprendizaje integral de programación en Arduino, orientada a los estudiantes de la educación básica y media, fueron satisfactorios. La docente titular de la asignatura de tecnología e informática, consideró apropiado su diseño, estructura y aplicación en el aula de clase. Esto debido a que la implementación de artefactos en el aula motiva a los estudiantes para el aprendizaje de nuevas temáticas, especialmente de aquellas relacionadas con tecnología.

Los 59 estudiantes de grado once que participaron en la experiencia, manifestaron su satisfacción con el diseño, funcionamiento y utilidad del prototipo en el aprendizaje de la temática; al iniciar el curso, solo 2 estudiantes tenían algún conocimiento previo sobre electrónica y programación, mientras que al final del mismo solo 2 de ellos se manifestaron insatisfechos con el conocimiento adquirido sobre el entorno de programación en Arduino.

La práctica de aula se realizó con el apoyo de una plataforma de administración de contenidos, a través de la cual los estudiantes pudieron acceder a información complementaria y resolver dudas en foros programados para tal fin. Igualmente se empleó un blog con videotutoriales, guías y material relacionado con electrónica básica, que demostró ser de gran utilidad a la hora de adelantar el trabajo de aula. Esto indica la importancia de integrar las nuevas tecnologías en el acto pedagógico, ya que potencian procesos de interacción, autonomía, el aprender a aprender y la participación activa de los estudiantes en su proceso formativo.

Finalmente, vale la pena destacar que si bien el disponer de un prototipo didáctico es un elemento importante para la enseñanza de temáticas relacionadas con tecnología, su aplicación en el aula debe complementarse con otro tipo de materiales y herramientas que hagan uso de las bondades de las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC. Además, todos los materiales didácticos, sean estos físicos o virtuales, deben estar precedidos de una adecuada planeación para su correcta implementación en el aula.

Referencias

Altamirano-Santillán, E., Vallejo-Vallejo, G., & Cruz-Hurtado, J. (2017). Monitoreo volcánico usando plataformas Arduino y Simulink. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 7(2), 317-330. doi:<https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n2.2017.6073>

Angarita-Velandia, M. A., Fernández-Morales, F. H., & Duarte, J. E. (2011). Utilización de material didáctico para la enseñanza de los conceptos de ciencia y tecnología en niños. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 2 (1), 35-43. Recuperado de:

http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion_duitama/article/view/1307

Angarita-Velandia, M. A., Fernández-Morales, F. H., & Duarte, J. E. (2014). La didáctica y su relación con el diseño de ambientes de aprendizaje: una mirada desde la enseñanza de la evolución de la tecnología. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 5 (1), 46-55. <https://doi.org/10.19053/20278306.3138>

Angarita-Velandia, M., Fernández-Morales, F., & Duarte, J. (2016). Formación de ingenieros interdisciplinarios a través de una metodología activa con temáticas integradoras. *Saber, Ciencia Y Libertad*, 11(2), 177-187. doi:<http://dx.doi.org/10.22525/sabcliber.2016v11n2.177187>

Cáceres, C. A., & Amaya, D. (2016). Desarrollo e interacción de un laboratorio virtual asistido y controlado por PLC. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10 (19), 9-15. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672016000100002&lng=es&tlng=es

Cárdenas, J. A., & Prieto-Ortiz, F. A. (2015). Diseño de un algoritmo de corrección automática de posición para el proceso de perforado PCB, empleando técnicas de visión artificial. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 5 (2), 107-118. doi: <https://dx.doi.org/10.19053/20278306.3720>

Cardona, M. E., & López, S. (2017). Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4), e4404. Doi: <https://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0308>

Castro-Galeano, J. C., Pinto-Salamanca, M. L., & Amaya-Quitián, M. F. (2014). Diseño y construcción de una Bobina Tesla de 1680 W, para la enseñanza de conceptos básicos en sistemas eléctricos de potencia. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 5(1), 66-74. <https://doi.org/10.19053/20278306.3142>

Celin-Mancera, W., Solano-Maso, C., & Molina-Coronel, J. (2017). Plano inclinado con dos sensores para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. *Revista Espacios*, 38 (12), 09. Recuperado de: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n20/17382009.html>

Cerón-Correa, A., Salazar-Jiménez, A. E., & Prieto-Ortiz, F. A. (2013). Reconocimiento de rostros y gestos faciales mediante un análisis de relevancia con imágenes 3D. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 4 (1), 7-20. doi: 10.19053/20278306.2563

Delgado, J., Güell, J., García, J., Conde, M., & Casado, V. (2014). Aprendizaje de la programación en el Citilab. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, 8 (23), 123-133. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132014000200008&lng=es&tlng=es

Fernández, F. H. & Duarte, J. E. (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 6 (5), 29-38. doi: 10.4067/S0718-50062013000500005

Fernández-Riomalo, C. E., Guástar-Morillo, H. A., & Vivas-Albán, . A. (2016). Diseño y modelado del robot PA-10 virtual para aplicaciones quirúrgicas. *Facultad de Ingeniería*, 25(42), 21-32. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292016000200003&lng=es&tlng=es

Garcés-Pretel, M., Ruiz-Cantillo, R. & Martínez-Avila, D. (2014). Transformación pedagógica mediada por tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Saber, Ciencia y Libertad*, 9(2), 217-228.

Garcés-Prettel, M., & Ruiz-Cantillo, R. (2016). Integración pedagógica de la tecnología informática en instituciones educativas oficiales de Cartagena de indias (Colombia). *Saber, Ciencia Y Libertad*, 11(1), 175-186. doi:<http://dx.doi.org/10.22525/sabcliber2016v11n1.184>

- Gelvez-Munevar, P. A., Torres, H. M., Moreno-Muñoz, J. C., & Bautista-Rojas, L. E. (2013). Diseño de un dispositivo electrónico de acciones cíclicas como herramienta de entretenimiento para la inclusión social de personas en estado de cuadriplejía. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 4(1), 21-31. doi:<http://dx.doi.org/10.19053/20278306.2604>
- González-Calixto, M., Patarroyo-Durán, N., & Carreño-Bodensiek, C. (2017). EL PRINCIPIO DE JUSTICIA EN EL AULA Y LA RESPONSABILIDAD MORAL DEL DOCENTE, FRENTE A LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 7(2), 241-254. doi:<https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n2.2017.4497>
- Jiménez-Pitre, I., Vesga, A., & Martelo, R. (2017). Evaluación de las competencias tecnológicas de los docentes del Instituto Integrado San Bernardo del municipio de Floridablanca, Santander, Colombia. *Revista Espacios*, 38 (30), 0. Recuperado de: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n30/17383001.html>
- León-Medina, J. X., & Torres-Barahona, E. A. (2015). Herramienta para el diseño de sistemas de posicionamiento tridimensional usados en fabricación digital. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 6 (2), 155–167. <http://doi.org/10.19053/20278306.4603>
- Londoño, E., Ruiz-Navas, D., P. Mendoza, A., & Barbosa-Robles, V. (2016). Aprendizaje orientado a proyectos en la formación de técnicos y tecnólogos desarrollo de un fotocolorímetro digital en la fundación tecnológica Antonio de Arévalo, Colombia. *Saber, Ciencia Y Libertad*, 11(1), 211-221. doi:<http://dx.doi.org/10.22525/sabcliber2016v11n1.187>
- Martínez-Marín, S. J., Arango-Aramburo, S., & Robledo-Velásquez, J. (2015). EL CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS SISTÉMICO. *Revista EIA*, (23), 95-106. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372015000100009&lng=es&tlng=es.
- Mesa-Mesa, L. A., & Barrera-Lombana, N. (2013). La robótica educativa como instrumento didáctico alternativo en educación básica. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(22), 59-67. Recuperado de: http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/411
- Molina, M. F., Palomeque, L. A., & Carriazo, J. G. (2016). Experiencias en la enseñanza de la química con el uso de kits de laboratorio. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(20), 76-81. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672016000200011&lng=es&tlng=es.
- Mora-Mendoza, E. Y. , Sarmiento-Santos, A., & Casallas-Caicedo, F. M. (2014). Implementación de un sistema de tratamiento con plasma para gases utilizando una celda de descarga de barrera dieléctrica. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 5(1), 56–65. doi: <https://doi.org/10.19053/20278306.3141>
- Niebles-Núñez, W., Hernández-Palma, H., & Cardona-Arbeláez, D. (2016). Gestión tecnológica del conocimiento: herramienta moderna para la gerencia de instituciones educativas. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 7(1), 25-36. doi:<https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.5633>
- Niño-Vega, J. A., Martínez-Díaz, L. Y., & Fernández-Morales, F. H. (2016). Mano robótica como alternativa para la enseñanza de conceptos de programación en Arduino. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2 (28), 132-139.
- Núñez-Pérez, V. (2015). Pedagogía social e interculturalismo: una lectura posible. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 5 (2), 141–149. doi: 10.19053/20278306.3716
- Parada-Hernández, A., & Suárez-Aguilar, Z. E. (2014). Influencia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la apropiación de conceptos de electrónica análoga, en estudiantes de grado séptimo de educación básica. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 5(1), 20–31. <https://doi.org/10.19053/20278306.3137>
- Parra-León, L. F., Duarte, J. E. & Fernández-Morales, F. H. (2014). Propuesta didáctica para la

enseñanza de circuitos eléctricos básicos. REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN, 4(2), 138–147. doi: <http://doi.org/10.19053/20278306.2891>

Pinto-Salamanca, M. L., Sofrony-Esmeral, J. I., & Jiménez, D. F. (2015). Detección de colisiones con librerías V-Collide y PhysX para interacción virtual con interfaces hápticas. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 5 (2), 119–128. doi: 10.19053/20278306.3721

Reyes-González, D. y García-Cartagena, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática. *Educación y Educadores*, 17 (2), 271-285. Doi. 10.5294/edu.2014.17.2.4

Ricardo, C., Borjas, M., Velásquez, I., COLMENARES, J., & SERJE, A. (2013). Caracterización de la integración de las TIC en los currículos escolares de instituciones educativas en Barranquilla. *Zona Próxima*, (18), 32-45. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2145-94442013000100004&lng=es&tlng=es.

Rivera-Rogel, D., Ugalde, C., González, C., & Carrión-Salinas, G. (2016). Uso que profesores y estudiantes ecuatorianos dan a las tecnologías de la información y la comunicación. *Revista Espacios*, 37 (33), 02. Recuperado de: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n33/16373302.html>

Rodríguez-Cepeda, R. (2016). Aprendizaje de conceptos químicos: una visión desde los trabajos prácticos y los estilos de aprendizaje. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7 (1), en prensa.

Sáez-López, J., Lorraine-Leo, J., & Miyata, Y. (2013). Uso de edmodo en proyectos colaborativos internacionales en educación primaria. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 0(43). doi:<http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2013.43.329>

Tangarife-Chalarca, D. (2013). Desarrollo de una aplicación web para el montaje de una mesa quirúrgica en el área de traumatología. REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN, 4(1), 32-44. doi: <https://doi.org/10.19053/20278306.2124>

Torres-Ortiz, J. A. (2012). Incidencia de Moodle en las prácticas pedagógicas en modalidad educativa B-Learning. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 2 (2), 39–48. Recuperado de: http://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/1315

Torres-Ortiz, J. A., & Duarte, J. E. (2016). Los procesos pedagógicos administrativos y los aspectos socio-culturales de inclusión y tecno-pedagogía a través de las tendencias pedagógicas en educación a distancia y virtual. REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN, 6(2), 179–190. doi: <http://doi.org/10.19053/20278306.4606>

Villalobos-Abarca, M., Karmelic-Pavlov, V., & Néspolo-Cova, M. (2016). Enseñanza de los Procesos en Ingeniería Software-vs-Competitividad de Empresas Creadas por Ingenieros Informáticos. *Formación universitaria*, 9(1), 03-14. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000100002>

Zuluaga-Ramírez, C. M., & Gómez-Suta, M. (2016). Metodología lúdica para la enseñanza de la programación dinámica determinista en un contexto universitario. *Entramado*, 12(1), 236-249. doi: <https://dx.doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23124>

1. Licenciado en Tecnología, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede. Duitama, Colombia. E-mail: jorge-258.1@hotmail.com

2. Licenciada en Tecnología, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Duitama, Colombia. E-mail: linayormary.martinez@uptc.edu.co

3. Ingeniero Electrónico, Doctor en Ingeniería Electrónica. Profesor Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Duitama, Colombia. E-mail: flaviofm1@gmail.com

4. Licenciado en Física, doctor en Ciencias Físicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Colombia. E-mail: julioenriqued1@gmail.com

5. Físico, doctor en Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia. E-mail: carefa4@hotmail.com

6. Licenciado en Ciencias de la Educación, Especialista en Informática para la Docencia, Universidad Pedagógica y

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 60) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados