ROBÓTICA Y PROGRAMACIÓN EDUCATIVA CON ARDUINO

Informe final de investigación

Moreno-Cáceres, Norman Darío
Bautista Sapuyes, Nelly Yanira
Valero-Carvajal, Oscar Antonio

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN GIIS
FACULTAD INGENIERÍA
2020

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA COMPENSAR
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN 2020

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO			
Título:	**Robótica y programación educativa con Arduino**	**Convocatoria:**	Interna 2020
Grupos de investigación:	GIIS	**Entidad Proponente de la Convocatoria:**	Fundación Universitaria Compensar
Líneas de investigación:		**Duración en Meses:**	10
		Presupuesto total:	$19.500.000
Fecha Inicio:	15 de enero 2020	**Fecha Fin:**	30 de noviembre de 2020
Objetivo estratégico institucional:	Investigar y proponer alternativas de solución a las problemáticas urgentes y relevantes para la comunidad (nacional, regional, institucional, etc.), y los sectores objetivos misionales.		
Palabras clave:	Robótica Educativa, Prácticas Alternativas de aprendizaje, Educación STEM/STEAM, Programación, Modelado, Arduino, experiencias teórico-experimentales		

PERSONAL INVOLUCRADO			
Nombre	**Función / Rol en el Proyecto**	**Institución**	**Horas Semanales**
Norman Moreno Cáceres	Investigador Principal	Fundación Universitaria Compensar	14
Nelly Bautista	Co-investigador	Fundación Universitaria Compensar	14
Oscar Valero	Co-investigador	Fundación Universitaria Compensar	14

ALIADOS EFECTIVOS DEL PROYECTO			
Institución	**Sector**	**Contacto (E-mail y Teléfono)**	**Posible monto financiero a aportar**

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA COMPENSAR
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN 2020

Universidad Piloto de Colombia	Educativo	valerocarvajal@gmail.com	Ninguno

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto busca realizar experiencias teórico-experimentales tomando como área principal el modelamiento en sistemas mecánicos a través de la implementación de código libre, plataforma electrónica de libre acceso Arduino y el uso de la robótica en el aprendizaje; elaboración de prototipos básicos y de bajo costo que permitan generar aprendizaje de las ciencias empleando la creatividad y programación que den vida al prototipo que se desea elaborar y al mismo tiempo permita contextualizar la temática a tratar.
Para ello, nos centramos en la construcción de prototipos (robots) de sistemas simples en los cuales los estudiantes aplican la lógica de programación, el reconocimiento tecnológico, y las bases matemáticas para que el prototipo funcione adecuadamente. Seguido de ello, se usa el producto final para establecer parámetros que permitan al estudiante relacionar las diferentes variables involucradas tanto en la programación como en el uso de una temática en particular en la física mecánica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo elaborar prototipos de bajo costo a partir del uso de software libre (python) y placas de Arduino que permitan analizar los aprendizajes de las ciencias mediadas por el modelado?

JUSTIFICACIÓN

La Fundación Universitaria Compensar desarrolla diversas prácticas académicas con estudiantes y de investigación en torno a la Tecnología y la educación, tal como es el caso de los trabajos de Molero et al. (2019), Moreno y Bautista (2020), Uribe et al. (2020), Rey (2019), Vaca et al. (2018) y Cortés y Cardona (2020).

Las prácticas convencionales en las cuales la institución provee los instrumentos para la realización de laboratorios no logran generar estímulos ni comprensiones en los estudiantes, como consecuencia, los conceptos, procesos y experiencias terminan por ser poco aceptadas y de poca trascendencia para el conocimiento del estudiante. Estos estímulos son cada vez más necesarios de acuerdo con Redish, E. F. (2017), quien reitera que las ciencias ya no son área exclusiva de instituciones científicas, sino que, por el contrario, se ha convertido en un referente de apoyo para la formación profesional en distintas disciplinas. Por esta razón, no es posible, hoy en día, acercarnos a las ciencias y sus métodos a través de prácticas de repetición, experimentación y adaptación de técnicas tradicionales.

Además, el aporte de prácticas alternativas pensadas desde las ciencias de la complejidad (Agudelo-Cárdenas, A., & MorenoCáceres, N. (2018)), permiten fundamentar propuestas educativas como innovación de las practicas repetitivas de información que se encuentra fácilmente en la web y/o libros (e.-books y otros), lo cual, no favorece la creatividad en el pensamiento a la hora de comprender un fenómeno de la naturaleza. Por otro lado, el uso de equipos sofisticados y alto costo, no siempre son una buena inversión en las instituciones, ya que la operación del equipo implica personal calificado sobre el manejo del equipo, pero no necesariamente con conocimientos en la temática a desarrollar. Así, los estudiantes, pierden la oportunidad de indagar y explorar el conocimiento desde su propio quehacer.

Por esta razón, la implementación de prototipos de bajo costo es una alternativa que permite el uso de software libre (python) y una placa Arduino, de manera que se pueda explorar en diferentes campos de las ciencias, ya que puede hacerse desde un robot hasta una aplicación domótica. Para el caso de este proyecto, nos enfocaremos en la física mecánica para modelar fenómenos presentes en la naturaleza desde esta área. El aprendizaje que resulte de estos prototipos estará ampliamente motivado por las interacciones académicas reflejadas en las prácticas de estudiantes y profesores, las cuales se pretenden estructurar con la implementación de herramientas computacionales y experiencias de laboratorio, mediadas por los principios del modelado que respondan al mejoramiento de la calidad educativa.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar prácticas alternativas de aprendizaje, con prototipos (robots) de bajo costo bajo y plataforma Arduino, que complementen el desarrollo de "**Experiencias Teórico - Experimentales**", en los cursos de Física Mecánica de la Fundación Universitaria Unipanamericana.

Objetivos Específicos

- Categorizar sistemas Físicos de naturaleza mecánica, para la conformación de prototipos teórico experimentales que apunte hacia la formación de competencias científicas y tecnológicas.
- Comparar las dificultades de aprendizaje, que se presentan en el desarrollo de los prototipos teórico- experimentales.
- Construir prototipos teóricos-experimentales a partir de la programación en Python, la teoría del modelado y la placa de Arduino con la finalidad de contribuir a la formación de competencias científicas y tecnológicas en estudiantes de los cursos de física mecánica.

MARCOS DE REFERENCIA

El aprendizaje de las ciencias implica procesos e interrelaciones que se desarrollan con diferentes dinámicas. Estos procesos pueden presentar algunas dificultades en los estudiantes para la comprensión del conocimiento y adquisición de herramientas. Por otro lado, La diversidad de escenarios relacionados con el acceso y la producción de información, implican que la construcción de conocimiento se convierta en una herramienta de utilidad para la transformación de las instituciones de educación superior. (Cortés & Diaz, 2020)

Según Bing, T. J., & Redish, E. F. (2009), los estudiantes se "atascan" en modos particulares de construir conocimiento utilizando recursos limitados, que, por ejemplo, funcionaron anteriormente o estudiaron con alguien que los utilizó. A esto se le suma que no utilizan los conocimientos generados porque no reconocen su relevancia o no los consideran apropiados para un fin específico.

Esta problemática nos lleva a plantear una relación entre el modelado de sistemas en física mecánica con la adquisición de datos a partir de un proyecto con Arduino. A partir de esta relación, el estudiante se encontrará sometido a una nueva forma de pensamiento, donde existe un problema real que debe ser resuelto a partir de síntesis y abstracción sobre los conceptos de la temática, empleando una rutina que le permita describir con precisión el modelo planteado. Esta nueva forma de abordar problemas pretende generar nuevos conocimientos en los estudiantes debido a los diferentes conceptos que se involucran al modelar un sistema.

Según Banzi, M., & Shiloh, M. (2014), la filosofía de Arduino se basa en diseñar en lugar de hablar. Esto es, buscar de manera constante formas más rápidas y precisas para construir prototipos eficientes, en lugar de explorar solamente el concepto teórico del prototipo. Explorar diferentes técnicas de creación de modelos y desarrollo de pensamiento con los conocimientos que el propio estudiante posee y no un proceso de retención de conceptos. La ingeniería clásica se basa en un proceso estricto para ir de A a B, mientras que la manera Arduino se basa en la posibilidad de perderse en el camino y encontrar C en su lugar. Este es el proceso que se debe apreciar en la búsqueda del conocimiento

- *Modelado y relación con Arduino y la robótica educativa*

El modelado busca expresar relaciones, variables, parámetros y relaciones entre operaciones a partir de formulaciones matemáticas con el fin de estudiar sistemas complejos. En concordancia, la robótica educativa trata de construir un prototipo (robot) que pueda realizar las acciones que quiera que realice a partir de la programación en un lenguaje y con ayuda de una placa electrónica como lo es Arduino.

La placa Arduino consta de microprocesadores y microcontroladores que permiten realizar proyectos que interactúan con hardware y software, por ejemplo, se puede controlar un elemento (motor, sensor, led, etc.), o transformar cierto tipo de información en lo que se requiera, por ejemplo, datos de los sensores.

Este proyecto busca que el estudiante construya un prototipo que sea programable con Arduino y además actúe como un sistema de adquisición de datos para el entendimiento de las temáticas en Física Mecánica estableciendo relaciones entre las variables a estudiar de un fenómeno físico de tal manera que logre aplicar formalismo matemático a la situación en contexto sin que deba estar preparado para ello. La intención de estos prototipos a bajo costo es integrar habilidades científicas, tecnológicas, ingenieriles y matemáticas de los estudiantes, de manera que el estudiante aprenda haciendo, afrontando una problemática de manera sistemática mediada por secuencias de trabajo investigativo, colaborativo y reflexivo. Por otro lado, el proyecto apunta a la resolución de problemas de cualquier tipo, motivando a los estudiantes a trabajar en un pensamiento computacional para elegir la mejor opción, compartiendo saberes, creatividad, liderazgo, tolerancia entre otras.

METODOLOGÍA

El tipo de estudio es de corte cuantitativo y cualitativo, centrado en el diseño y creación de prototipos que interactúen con el entorno mediante sensores y motores. Esta metodología busca crear herramientas simples y de bajo costo para la creación de proyectos multidisciplinares. Además, cuestiona al positivismo prevaleciente en el ámbito de la investigación educativa, al tomar en cuenta el conjunto de formas cualitativamente diferentes de *experimenta*r (percibir, comprender) un fenómeno.

Para el análisis cualitativo y cuantitativo, se exploran las diferentes formas de *experimentar, ya que,* constituyen categorías de descripción, estas se organizan de manera lógica y jerárquica, conformando lo que se conoce en el ámbito educativo como *Espacios de Resultado,* representando la variación en las formas colectivas de experimentar un fenómeno.
Se proponen las siguientes fases para la aplicación de este proyecto:

1. Estudio del estado del arte de la robótica educativa y sus aplicaciones en el área de la física mecánica.
2. Identificación de las partes básicas de un prototipo con arduino a utilizar en las prácticas teórico-experimentales.
3. Planteamiento del prototipo a modelar en física mecánica a partir de las variables involucradas y parámetros a tener en cuenta.
4. Análisis, resultados y posibles aplicaciones en otros campos de las ciencias.

El instrumento a obtener será un prototipo que permita resolver un problema planteado, el cual permitirá evidenciar el proceso de aprendizaje en el ámbito de las ciencias.

PRODUCCIÓN ACADÉMICA GENERADA CON EL PROYECTO		
PRODUCTOS PROPUESTOS	**PRODUCTOS GENERADOS**	**% CUMPLIMIENTO DE RESULTADOS**
Artículo en Revista Indexada	Artículo en Revista Indexada	100
Artículo en Revista Indexada	Artículo en Revista Indexada	100
Artículo en Revista Indexada	Artículo en Revista Indexada	100
Apropiación Social del Conocimiento/Participación ciudadana en proyectos de CTI		0
Apropiación Social del Conocimiento/Estrategias de comunicación social del conocimiento	Evento Científico	100
Formación de recursos humanos para la CTeI/Trabajo de Grado		0

IMPACTOS GENERADOS		
TIPO	**DETALLE**	**DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO GENERADO**
Generación de Conocimiento	Artículo, Libro, Capítulo de libro, etc.	Creación de prototipos de prototipos
Formación Investigativa	Proyectos de grado, pasantes de investigación, trabajos de grado de Maestría	
Alianzas Estratégicas	Alianza con empresa, sector Gobierno, ONGs	
Impactos ambientales	Reducción de huella de carbono	
Desarrollo de las regiones	Productivo, competitivo	
Económicos	Impactos económicos generados con la solución	

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos de esta investigación dan como resultado, por una parte, la ampliación de la experiencia de los investigadores en temas de Educación STEM así como también en el manejo de herramientas Arduino, Python y Matlab, todo desde la mediación planteada: Robótica y Programación Educativa. Como resultado destacado este el diseño, programación y construcción de dos prototipos que permiten caracterizar fenómenos físicos de movimiento rectilíneo uniforme y movimiento uniformemente acelerado. Dichos prototipos se consolidan como herramientas de trabajo dentro y fuera del aula, dado que se pensaron para abordar situaciones de prácticas remotas.

Se estableció una secuencia de mediación que involucra la robótica y la programación en ambiente de aprendizaje científico para estudiantes de primer año de ingeniería, principalmente. Esta secuencia determina que los estudiantes pasan de un manejo intuitivo de sensores Arduino y comparan la información recopilada con información generada a través de simulaciones computacionales. Para posteriormente aumentar el número de sensores Arduino en un ambiente de programación, es decir, no intuitivo. Así mismo, en la siguiente etapa se aumenta la complejidad en cuento a los sistemas de información, teniendo como referencia las variables computacionales para proponer secuencias graduales.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La construcción de dispositivos de modelamiento tipo caja blanca permite pensar en estrategias y herramientas en las que los estudiantes tienen participaciones activas verdaderas generando experiencias en entornos tecnológicos como parte de la formación y evolución de la construcción de un pensamiento científico, que principalmente desarrolla habilidad de pensamiento computacional como forma de abordar problemas desde miradas creativas e innovadoras.

La autonomía de los estudiantes es gradual en términos de análisis y construcción de variables computacionales, asociadas a modelos científicos aplicados en sistemas simples. Esto se evidencia cuando los estudiantes quieren establecer relaciones de causalidad y solamente obtienen relaciones triviales o simples. Esto reitera que la educación STEM es una alternativa educativa en procesos de pensamiento y en nuestro caso de pensamiento científico.

El modelamiento matemático de sistemas simples permite genera experiencias de aprendizaje científico relacionando fenómenos naturales con experiencias cotidianas. Sin embargo, esta estrategia de mediación se potencia cuando los estudiantes tienen la posibilidad de saber más allá de las “cajas negras”. Es decir cuando el estudiante reconoce procesos numéricos y

"mecanismos" computacionales como una matriz de categorías de información que permiten establecer más y mejores relaciones entre los elementos de un sistema.

Para el futuro esperamos que se consoliden un análisis en términos de habilidades y competencias de pensamiento computacional como eje de formación para la resolución creativa e innovadora de problemas. Así mismo, los estudiantes participen de distintos procesos de optimización y nuevas aplicaciones de los prototipos consolidados. Entre estos procesos esta la generación software que permita crear interfaces más "amigables" o intuitivas con diferentes usuarios. Además, se abre la posibilidad de consolidar una línea de mercado con productos (caja blanca) para el desarrollo de prácticas educativas basadas en el desarrollo del pensamiento computacional.

REFERENCIAS

Agudelo-Cárdenas, A., & Moreno-Cáceres, N. (2018). El Modelamiento Matemático en el Aprendizaje de las Ciencias Básicas. Experiencias en innovación educativa: Convirtiendo conocimiento en nuevas oportunidades, 342.

Cortés, A., & Cardona, M. (2020) Gestión del conocimiento al servicio de la práctica docente en Andrés Castillo (Ed.), *INTELIGENCIA COLECTIVA* (1ra ed, pp.81-99). Ediciones de la U.

Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform. Maker Media, Inc..

Bing, T. J., & Redish, E. F. (2009). Analyzing problem solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 5(2), 020108.

Calvo, C. (2013). *Del Mapa Escolar al Territorio Educativo.*

Chesky, N., & Wolfmayer, M. (2015). *Philosophy of STEM Education A critical Investigation.* New York: PALGRAVE MACMILLAN. doi:10.1057/9781137535467

Dominguez Osuna, P., Oliveros Ruiz, M., Coronado Ortega, M., & Valdez Salas, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución 4.0. *Innovacion Educativa*, 15-32.

Dori, Y. J., Mevarech, Z. R., & Baker, D. R. (2018). *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education.* Springer.

Gell-Mann, M. (1995). *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex.* Macmillan.

Guadarrama, P. (2009). *Dirección y asesoria de la investigación científica.* Bogotá: Magisterio.

Gutiérrez, F. (1973). *El Lenguaje Total: Una Pedagogía de los Medios de Comunicación.* Buenos Aires: Humanitas.

Gutiérrez, F., & Prieto, D. (1999). *La Mediación Pedagogica. Apuntes para una Educación a Distancia alternativa.* Buenos Aires: Ediciones La Crujía.

Hawkins, J., Yamada , A., Yamada, R., & Jacob, W. (2018). *New Directions of STEM Research and Learning in the World Ranking Movement A Comparative Perspective.* Cham, Suiza: Palgrave Macmillan.

King, D., & English, L. (2016). Enginnering design in the primary school: applying stem concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education,*, 2762-2794. doi: https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1262567

Maldonado, C. (2015). Pensar en la Complejidad, pensar como síntesis. *Cinta de Moebio*(54), 313-324. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2015000300008

Maldonado, C., & Gómez Cruz,, N. (2011). *El mundo de las ciencias de la complejidad.* Bogotá: Universidad del Rosario.

Molero, L., Rosas, N., Montenegro, J., Santos, D., & Zamudio, L. (2019). Realidad virtual como plataforma para la rehabilitación de personas con discapacidad. En L. G. Molero Suarez, N. Rosas Jiménez, J. Montenegro Romero, D. Santos Díaz, & L. Zamudio Garnica, Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable (Vol. I, pp. 15-31) Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. En S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella, *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (págs. 35-60). West Lafayette: Purdue University Press.

Moreno, N., & Bautista, N. (2020) La educación STEM/STEAM como alternativa para las reformas educativas: una aproximación a su estado del arte desde la perspectiva filosófica. En Norman Moreno (Ed.) *Educación STEM/STEAM: apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos* (pp. 13-26), Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero. *www.doi.org/10.47212/educacion_stem-steam_2*

Nieto S., Aldana, A., Rubiano, C., Valencia, M., Lozano, H., & Guzmán, C. (2020). Project For The Innovation In The Gastronomic Market Of Bogota Through The Design Of A Gamification Experience For Mobile Devices. Proceedings of the International Conference of Applied Business and Management (ICABM2020).(pp. 246-275). Editorial: ISAG - European Business School. URL: https://icabm20.isag.pt/images/icabm2020/BookofProceedings.pdf

Páez, N., Gutiérrez, R., & Acosta, N. (2016). La importancia del uso del ejemplo en estudiantes de ingeniería para fortalecer el auto aprendizaje. *Ingenium*, *17*(34), 136-146. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5762960

Prieto C, D. (2015). *Elogio de la pedagogía universitaria.* Mendoza : Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo.

Redish, E. F. (2017). Analysing the competency of mathematical modelling in physics. In Key competences in physics teaching and learning (pp. 25-40). Springer, Cham.

Rey, L. (2019). Habilidades del siglo XXI y Cultura digital: Panorama para el estudiante de Comunicación Social. In Ediciones de la U (Ed.), *Convergencias de las humanidades en la transformación digital: una mirada desde la comunicación.* (pp. 17–42).

Rosas Díaz, R., & Balmaceda, S. (2008). *Piaget, Vigotski y Maturana: constructivismo a tres voces.* . Buenos Aires: Aique Grupo Editor.

Smith, M. K., Vinson, E. L., Smith, J. A., Lewin, J. D., & Stetzer, M. R. (2014). A Campus-Wide Study of STEM Courses: New Perspectives. *Life Sciences Education*, 624-635.

Storksdieck, M. (2016). Transforming Undergraduate STEM Education: Responding to Opportunities, Needs and Pressures. En G. C. Weaver, W. D. Burgess, A. L. Childress, & L. Slakey, *Transforming insTiTuTions Undergraduate STEM Education for the 21st Century.* West Lafayette, Indiana: Purdue University Press.

Vaca, Y., Cotrino, P., Cardona, J., Riaño, D., & Cortés, A. (2018). Desarrollo de competencias a través de proyectos interdisciplinares en el programa de Mercadeo y Publicidad de la Fundación Universitaria Panamericana. In Ediciones de la U (Ed.), *Experiencias en innovación educativa. Convirtiendo conocimiento en nuevas oportunidades.* (pp. 268–291).

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN 2020