



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

INNOVACIÓN STEM EN AULAS RURALES: UNA SINERGIA ENTRE LA INGENIERÍA Y LOS COLEGIOS

Laura Jurado, Catalina Ramírez, Alba Ávila

**Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia**

Resumen

En el contexto de la formación en ingeniería ha venido siendo una preocupación reiterada la motivación de los estudiantes de colegio para encaminarse hacia carreras de ciencia y tecnología. Este artículo es el aporte de un proceso de investigación de tesis donde, basado en el trabajo con un colegio rural colombiano, se desarrolla una propuesta didáctica para reforzar los conocimientos de una manera lúdica y de esta manera motivar a los estudiantes su selección de carrera. Se presenta el contexto colombiano STEM y se propone el diseño y aplicación de un Sistema Didáctico de refuerzo escolar para estudiantes de primaria entre los 7 y 11 años del sector rural. Con dicho modelo se evidencia en este artículo cómo, utilizando enfoques de Educación STEM, se logra fomentar la igualdad de género y el cuidado del medio ambiente. A través de 3 etapas principales (Diagnóstico, Diseño e Implementación) y desde un enfoque sistémico de gestión organizacional, se realizó un caso de estudio con los estudiantes de grado 5° de la IED El Carmen, sede Salitre ubicada en el municipio de Guasca, Cundinamarca, utilizando las metodologías de intervención en ingeniería CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) y PAR (Participatory Action Research). Se presenta adicionalmente un estudio de su viabilidad, analizando las implicaciones éticas, ambientales y culturales de esta herramienta. Por último, se presenta un análisis para sensibilizar sobre el rol de la ingeniería en mejorar la calidad de vida de las poblaciones, su contribución a la acción humanitaria, en este caso a través de la educación sostenible. Los resultados del proyecto podrían ser la base de programas de formación de vocaciones tempranas científico-técnicas que se promueve desde el programa Ondas dentro del cual el acercamiento a estas pueda darse con material desarrollado localmente que es fundamental para la creación de nuestra identidad en S&T.

Palabras clave: innovación; Stem; rural

Abstract

In the context of engineering training, the motivation of college students to move towards science and technology careers has been repeatedly a concern. This article is the contribution of a thesis research process where, based on work with a Rural Colombian school, a didactic proposal is developed to reinforce knowledge in a playful way and thus motivate students their career selection. The Colombian STEM context is presented and the design and implementation of a didactic school reinforcement system for primary school students between the ages of 7 and 11 in the rural sector is proposed. This model shows how, using STEM Education approaches, it promotes gender equality and environmental care. Through 3 main stages (Diagnosis, Design and Implementation) and from a systemic approach to organizational management, a case study was conducted with the 5th grade students of the IED El Carmen, salitre headquarters located in the municipality of Guasca, Cundinamarca, using the methodologies of intervention in engineering CDIO (Conceive, Design, Implement, Implement, Implement, And PAR (Participatory Research). A study of its feasibility is additionally presented, analyzing the ethical, environmental and cultural implications of this tool. Finally, an analysis is presented to raise awareness of the role of engineering in improving the quality of life of populations, their contribution to humanitarian action, in this case through sustainable education. The results of the project could be the basis of training programs of early scientific-technical vocations that is promoted from the Ondas program within which the approach to these can be given with locally developed material that is fundamental to the creation of our identity in S&T.

Keywords: *innovation; Stem; rural*

1. Introducción

La sociedad del siglo XXI está inmersa en una dinámica de relaciones globales complejas, en donde la tecnología está a la vanguardia y los cambios se generan de manera muy rápida. Día a día, los ciudadanos del mundo se enfrentan a retos que requieren de innovación, sostenibilidad, flexibilidad, ciencia, tecnología e ingeniería. Dado esto, se necesitan nuevos ciudadanos que se apoderen de estos desafíos y que se interesen por estudiar carreras STEM, ya que ellos serán capaces de usar sus conocimientos para “aproximarse al mundo, entenderlo de una forma crítica, explorarlo y comprometerse con él” (Obama, 2015) además de cambiarlo y mejorarlo. Se hace necesario entonces, promover la comprensión de conceptos de las áreas STEM desde edades tempranas y formar jóvenes competentes y capaces de desenvolverse en una sociedad tecnológicamente cambiante que evoluciona de manera exponencial y, por ende, innovar en las prácticas pedagógicas que aún se piensan de forma lineal.

La perspectiva de la educación STEM les permite a los estudiantes resolver problemas y desafíos de su cotidianidad, a través de un enfoque interdisciplinario en el que se remueven las barreras tradicionales entre las 4 áreas: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, y las integra al mundo real con experiencias rigurosas y relevantes, combatiendo las cifras actuales que reflejan una aversión por parte de los jóvenes hacia las materias y carreras STEM, principalmente en el

contexto rural colombiano. Adicionalmente, es necesario contrarrestar las dinámicas de inequidad de género que se evidencian en estas áreas y afrontar el reto relacionado con la preservación del medio ambiente, incorporando una visión de desarrollo sostenible.

2. Contexto Teórico

El presente proyecto se enmarca en el contexto de dos metodologías relevantes en la experiencia de desarrollo de proyectos de ciencias e ingeniería en contextos comunitarios rurales. Por un lado, CDIO es una iniciativa que busca el desarrollo de los procesos básicos de los proyectos en ingeniería. Fue concebido hacia finales del siglo XX en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) después de que la industria detectara que los profesionales de ingeniería carecían de múltiples habilidades necesarias para funcionar eficazmente en situaciones de ingeniería de la vida real. La ingeniería como práctica se basa en las habilidades que un ingeniero debe tener para poder desarrollar el ciclo de vida de un producto, proceso o sistema.

Este ciclo de vida se estructura en cuatro etapas principales: concebir, diseñar, implementar y operar, como sigue:

- Concebir: definir las necesidades de los clientes, considerando la tecnología, estrategias y restricciones para desarrollar conceptos, técnicas y planes de negocio.
- Diseño: para crear el diseño construyendo los planos, bocetos y algoritmos que describan lo que se va a implementar.
- Implementar: transformar el diseño en el producto, proceso o sistema incluyendo su fabricación, codificación, pruebas y evaluación.
- Operar: utilizar el producto, proceso o sistema implementado para definir el valor que se entregará a los clientes, incluyendo su mantenimiento.



Un ingeniero debe ser capaz de concebir, diseñar, implementar y operar complejos sistemas de ingeniería de valor agregado desde una posición individual de reflexión en un entorno moderno basado en el trabajo en equipo. Para ello, el aprendizaje de ingeniería debe apoyarse en tres bloques de conocimientos, habilidades y actitudes: conocimientos técnicos y razonamiento, habilidades personales y profesionales y habilidades inter-personales (Crawley 2011). Y para desarrollar estas habilidades interpersonales se articula CDIO con la investigación acción participativa IAP. IAPA es una metodología de desarrollo de proyectos en los que interviene la comunidad y la institución encargada de realizar la investigación.

La comunidad participa en la evaluación de su problema y en la implementación de los proyectos generalmente enfocados a recursos naturales y su sostenibilidad. Este método es apropiado para trabajar con las comunidades rurales porque ayuda a la emergencia de respuestas sostenibles, genera un cambio progresivo en la sociedad, aumenta el grado de participación de la comunidad y permite realizar realimentación y ajustes a las propuestas. Además, el PAR le permite a las instituciones aportar a la comunidad como parte de su responsabilidad social, abrirse a problemas reales y buscar soluciones reales y generar procesos de enseñanza e investigación que involucran a todos los actores.

Cabe destacar que se seleccionó la población estudiantil entre los 7 y 11 años según el estudio de las etapas del Desarrollo Cognitivo realizado por Jean Piaget, ya que a estas edades un individuo se encuentra en la etapa de operaciones concretas que se caracteriza por el desarrollo de la capacidad de razonamiento de la lógica sobre situaciones presentes y concretas (Universitat de Valencia, 2016). Allí los niños empiezan a entender que sus pensamientos, sentimientos y opiniones son para ellos y no todo el mundo necesariamente los comparte, por ende, pueden decidir sobre su futuro y las tendencias académicas a seguir, además de analizar un problema y ver distintas soluciones parciales.

3. Contexto Rural

En Colombia, la educación en las zonas rurales presenta grandes desafíos debido a la ausencia de instituciones, maestros y tecnología, dificultad de acceso a los servicios básicos y altas tasas de deserción. Específicamente, en el 2014 casi un millón de niños y jóvenes en edad escolar estaban fuera del sistema educativo, y de ellos, cerca del 70% pertenecía a zonas rurales o regiones apartadas del centro del país, donde actualmente se siguen presentando altas tasas de analfabetismo, con respecto al sector urbano. El Censo Nacional Agropecuario de 2014 identificó que en el sector rural colombiano la tasa de analfabetismo corresponde al 12,6% (Gutiérrez, 2019).

La brecha existente entre el sector rural y urbano colombiano apunta a buscar una educación descentralizada ya que el para el 2018 el DANE estableció que el 22,9% de la población se encuentra ubicada en centros poblados y zonas rurales dispersas. Dado esto, el proyecto se ejecutó en la Institución Educativa Distrital El Carmen, específicamente en la sede El Salitre. Dicha institución cuenta con 12 sedes distribuidas en el sector rural del municipio de Guasca, Cundinamarca, tiene 25 docentes y 455 estudiantes. Los alumnos provienen principalmente de familias trabajadoras dedicadas a labores agropecuarias (ganadería, agricultura, avicultura y floricultura) que provienen de otras regiones del país, ya sea por desplazamiento o en búsqueda de nuevas oportunidades laborales, lo cual hace que la mayoría de la población estudiantil sea migrante y pertenezcan principalmente a los estratos socioeconómicos 1 y 2.



Esta institución educativa ha ganado el Premio Excelencia Institucional durante 2 años consecutivos (2018-2019) otorgado por la Gobernación de Cundinamarca y la Secretaría de Educación, debido a los logros alcanzados por ser una de las tres mejores instituciones educativas oficiales del departamento de los municipios no certificados, con los más altos desempeños académicos en las pruebas nacionales.

4. Propuesta de Diseño

Específicamente, se diseñó *SIE*, una herramienta integradora de las áreas del conocimiento que promoverá en los nuevos ciudadanos un compromiso de justicia social y ambiental a través de 5 elementos utilizando el Aprendizaje Basado en Retos (ABR). Ya que la sociedad del siglo XXI se encuentra en un mundo globalizado y tecnológico, el cual se enfrenta a grandes desafíos de competitividad económica, cambio climático y que demanda soluciones complejas de problemas sociales, de ciencia y tecnología. Por tal motivo, se deben realizar nuevas prácticas de educación que permitan orientar a la juventud para satisfacer las necesidades de la sociedad actual a través de la innovación y de la incorporación de una visión de desarrollo sostenible, alineándose con algunos de los ODS establecidos por la ONU.



Es importante resaltar que se realizó un análisis de costos y se estableció un precio de venta para *SIE* de \$2.381.658. De las ganancias obtenidas se destinará el 5% para el continuo desarrollo de los educadores en educación STEM o en estrategias de enseñanza que estén a la vanguardia. También, se realizó un estudio de su viabilidad, analizando las implicaciones éticas, ambientales y culturales de esta herramienta. Por último, cabe destacar el interés de sensibilizar sobre el rol de la ingeniería en mejorar la calidad de vida de las poblaciones, su contribución a la acción humanitaria, en este caso a través de la educación sostenible.

5. Principales conclusiones y aprendizajes

El proyecto se ejecutó desde la visión de desarrollo sostenible, el cual debe entenderse como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la facultad de desarrollo de las generaciones futuras, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. Sin embargo, la implementación de *SIE* puede presentar diversas implicaciones éticas para los diferentes actores involucrados, incluyendo los bióticos y abióticos, dado que en la actualidad el medio ambiente es un sujeto de derechos. Dado esto, se puede afirmar que el sistema didáctico propuesto aboga por la justicia ambiental a través de la educación y concientización de los problemas que enfrentan los recursos hídricos en Colombia y la presentación de conceptos y herramientas innovadoras que se utilizan actualmente. Adicionalmente, *SIE* promueve la búsqueda de la igualdad de género en las áreas STEM, ya que en el país se encuentra un sesgo que favorece a los hombres y por ende se busca un cambio de pensamiento de los niños desde edades tempranas. Al igual, que la disminución de las diferencias educativas que se presenta entre los contextos rurales y urbanos, logrando llevar a todos los rincones de Colombia la Educación STEM, el aprendizaje basado en retos, los avances tecnológicos y la experimentación. Todo esto se encuentra contenido en la incorporación de la justicia social al caso de estudio.



Por otra parte, el sistema didáctico utiliza una metodología de enseñanza diferente a la tradicional colombiana, lo que podría generar discordia por parte de los educadores, instituciones educativas, estudiantes y padres de familia. Además, dentro del funcionamiento de *SIE* se debe considerar el hecho de que se está implementando una tecnología que implica un conocimiento técnico y de operación que puede generar problemas. Esto debido a que se trata de presentarle y afrontar a personas y comunidades posiblemente no técnicas del contexto rural, pero se espera un adecuado acoplamiento a través de capacitaciones previas. También, resulta importante considerar como se puede llegar a un campo intermedio o conciliador en el que las implicaciones éticas encontradas no lleguen a vulnerar a alguna de las partes involucradas y no perjudiquen valores esenciales junto con la ayuda de entidades como el Centro Interdisciplinario de Desarrollo (CIDER) e Ingenieros Sin Fronteras (ISF-Colombia) y metodologías participativas e interdisciplinarias como PAR (Participatory Action Research) en la que la ingeniería y la educación puedan sincronizarse en lograr un objetivo en común.

6. Referencias

- Arias J, Ramírez M, Duarte D, Flórez M, Sanabria J (2016) poCDIO: A Methodological Proposal for Promoting Active Participation in Social Engineering Projects, *Syst pract and action res* 29: 379–403.
- Gutiérrez, L. (3 de abril de 2019). *La educación: un grave problema de la ruralidad colombiana*. Obtenido de <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2019/04/03/la-educacion-un-grave-problema-de-la-ruralidad-colombiana/>
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2018). *Indicadores de Ciencia y Tecnología*. Colombia.
- PCIS. (30 de agosto de 2019). TALLER "Análisis de Determinantes para la Educación STEM en Bogotá". Bogotá, Colombia.
- Ramírez M, Plazas J, Torres C, Silva J, Caicedo L, Gonzalez M (2012) A Systemic Framework to Develop Sustainable Engineering Solutions in Rural Communities in Colombia; Case Study: Ingenieros sin Fronteras Colombia, *Syst pract and action res* 25(2): 95-116
- Ramírez M, Sanabria J, Duarte D (2012) Ingenieros Sin Fronteras: Un espacio académico para proyectos auto-sostenibles en torno a comunidades marginales, *Rev int de sosten tecnol y humanismo* 7: 111-129
- Reyes, A. (29 de agosto de 2019). *Conversatorio: De igual a igual ¿Qué están haciendo las facultades?* Bogotá, Colombia. Uniandes. (2017). *Mujer e Ingeniería. Contacto*, 4-31.
- Universitat de Valencia. (9 de marzo de 2016). *El desarrollo cognitivo: las fases de Piaget*. Obtenido de <https://www.uv.es/uvweb/master-investigacion-didactiques-especificues/es/blog/desarrollo-cognitivo-fases-piaget-1285958572212/GasetaRecerca.html?id=1285960943583>

Sobre los autores

- **Laura María Jurado:** Ingeniera Industrial Universidad de los Andes. Egresada. lm.jurado10@uniandes.edu.co
- **María Catalina Ramírez:** Ingeniera Industrial Pontificia Universidad Javeriana, Magister Ingeniería Industrial Universidad de los Andes, PhD Ingegneria Gestionale Politecnico di Milano. Profesora Asociada. mariaram@uniandes.edu.co
- **Alba Ávila:** Física Universidad de los Andes; Ingeniera Eléctrica Universidad de los Andes, Magister Ingeniería Eléctrica Universidad de los Andes; Doctorado Física Cambridge University. Profesora Asociada. a-avila@uniandes.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)