



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ERA DIGITAL

CREACIÓN DE VIDEOJUEGOS EN LA ENSEÑANZA DEL USO PLACAS DE DESARROLLO DE HARDWARE PARA INGENIEROS DE SISTEMAS

Óscar Camilo Valderrama Riveros, John Freddy Ramírez Casallas

**Universidad Cooperativa de Colombia
Ibagué, Colombia**

Resumen

En la actualidad, la sociedad exige ingenieros de sistemas, con competencias en el desarrollo de software y bases de datos. En el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Cooperativa de Colombia, en el marco de un modelo educativo crítico con enfoque de competencias, estas se desarrollan con los estudiantes por separado. Conocedores de su propio Mundo de la Vida, los estudiantes del campus Ibagué-Espinal han hecho peticiones constantes para adelantar tareas de diseño de videojuegos y uso de placas de desarrollo de hardware.

Se ha aprovechado la flexibilidad del modelo curricular para proponer una práctica significativa, desde el curso Electiva II en los semestres 2018-I y 2018-II, donde se combinan la creación de videojuegos y el uso de las placas de desarrollo de hardware como de la interfaz externa. Lo que ha convertido la integración de estas competencias en un problema curricular a resolver.

El curso se centra en la creación de un videojuego como proyecto final, en donde utilizan las placas de desarrollo de hardware para controlar las acciones. Se divide en 3 etapas. En la primera, se expone la evolución de los videojuegos, se enseñan los fundamentos para el diseño y se introduce mediante retos el uso del programa Processing para la programación de los videojuegos. Luego, se enseña el manejo básico del Arduino y la comunicación entre la placa el computador. Y en la tercera, se enfoca en el desarrollo del videojuego, al unir las dos partes anteriores. Los resultados demuestran una gran aceptación por partes de los estudiantes.

En lo que concierne a la formación de los ingenieros para la era digital, se considera un caso relevante que puede ser transferido a otros programas como experiencia formativa. Para cumplir con este propósito, desde una concepción del profesor como profesional reflexivo, se hace una

reconstrucción de los resultados de la implementación, a la luz de las etapas en relación con la evolución e interrogantes alrededor de los componentes de una competencia.

Palabras clave: inforealidad; competencias; programación

Abstract

Nowadays society requires systems engineers with competences in the development of software and databases. In the Systems Engineering program of the Universidad Cooperativa de Colombia, within the framework of a critical educational model with a competency focus, these two competences are developed with the students separately. Connoisseurs of their own World of Life, the students of the Ibaguè-Espinal campus have made constant requests to carry out tasks of video game design and use of hardware development boards.

The flexibility of the curricular model has been taken advantage of in order to propose a significant practice, in the Elective II course in the 2018-I and 2018-II semesters. Where the creation of videogames and the use of the hardware development boards as external interface are combined. What has turned the integration of these competences into a curricular problem to solve. The course focuses on the creation of a videogame as a final project, where they use the hardware development boards to control the actions.

It is divided into 3 stages. In the first, the evolution of videogames is exposed, the fundamentals for design are taught and the use of the Processing program for the programming of videogames is introduced through challenges. Then, the basic handling of the Arduino and the communication between the board and the computer are taught. And in the third, it focuses on the development of the video game, by joining the two previous parts. The results show great acceptance by the students. As regards the training of engineers for the digital age, it is considered a relevant case that can be transferred to other programs as formative experience. To fulfill this purpose, from a conception of the teacher as a reflective professional, a reconstruction of the results of the implementation is made considering the stages in relation to the evolution and questions around the components of a competition.

Keywords: *inforeality; competences: programming*

1. Introducción

Ya hace más de diez años, ACOFI (2007) planteaba que un reto en la formación de los ingenieros pasaba por integrar una visión basada en las competencias. Al respecto, la Universidad Cooperativa de Colombia ha propuesto como solución particular un modelo educativo crítico con enfoque de competencias (Unigarro, 2017), resultado de varios años trabajo de los integrantes de la institución. En este marco la *formación integral* de los estudiantes es posible gracias al conocimiento interdisciplinario que se deriva de la articulación sobre los conocimientos de los tres mundos en que se subdivide el Mundo de la Vida: el Objetivo (Naturaleza), el Subjetivo (La

Persona), el Intersubjetivo (La Sociedad). Y esta formación integral se considera condición para ser en el Mundo de la Vida, mundo para el que se forma desde el proceso educativo. De manera categórica, la orientación de dicho modelo puede identificarse en las siguientes palabras del autor (Unigarro, 2017:12):

“Con las competencias se trata de educar para el Mundo de la vida, que es el mundo en el que se trabaja. El trabajo es la manera como las personas completan su desarrollo, es una forma de ser y de estar en el mundo. Educar para el trabajo es distinto a educar para el empleo. Cuando se educa para el trabajo se crean espacios para que las personas puedan desarrollarse plenamente sin que deban emplearse para lograrlo.

Esta mirada que proponemos sobre las competencias busca superar el concepto de lucha, agresión y egoísmo con el que a veces se asocian. Las competencias no son una carrera desbocada, ni se adhieren a la lucha por los lugares de privilegio. [...]. Aquí la competencia es la armonía de lo lógico, lo ético y lo estético, es el movimiento armónico de los conocimientos, las actitudes y las habilidades. En ese sentido, este modelo busca seres competentes, no competidores. El competidor es contendor, el competente es solidario.”

Con base en estas premisas, de manera general, el diseño curricular se ha desplegado de la siguiente manera: (i) consultando a la comunidad de profesionales y/o formadores; (ii) con la asesorías de expertos nacionales e internacionales; (iii) para formular macrocompetencias que representan los *retos formativos*, incluidos los de la era digital, a obtener en cada una de las profesiones. Una macrocompetencia tiene asociados múltiples cursos, siendo que cada uno de estos aporta de manera particular a la macrocompetencia, lo que se ha dado en llamar unidad de competencia. *En este sentido, se distingue que el diseño curricular se hace por competencias y no por asignaturas.* En consecuencia, un cambio en la propuesta de formación del ingeniero (o cualquier otra profesión) pasa por redefinir las macrocompetencias y no por quitar o poner asignaturas.

En el marco de esta propuesta curricular (visión prescriptiva del currículo), se considera que el concepto de competencia puede enfocarse adecuadamente desde la perspectiva del ingeniero como Profesional Reflexivo. Entre los hallazgos se destaca que en empresas regionales en las que los estudiantes del programa realizan sus prácticas empresariales, predomina una concepción Técnica de la formación del ingeniero (Ramírez-Arcila, Ramírez-Casallas, 2016; Ramírez-Casallas, Ramírez-Arcila, 2018). Esta concepción se basa en la creencia de que el conocimiento de las disciplinas se aplica a la realidad para solucionar los problemas. La concepción reflexiva cuestiona esta creencia al defender que el conocimiento del ingeniero es práctico, y resulta de la interacción que se dan entre teoría y práctica profesional. *En consecuencia, como premisa del proceso formativo se debe tomar con precaución la idea comunmente aceptada: que el entorno laboral debe definir las competencias de los egresados del programa.* En este contexto particular y para los propósitos de esta ponencia, se entiende que la competencia se puede escribir estructuralmente (Roegiers, 2010) como:

Competencia = Capacidades + Contenidos + Situaciones

2. Problemáticas específicas

En el programa de Ingeniería de Sistemas del campus Ibagué-Espinal ha sido recurrente la solicitud, de parte de los estudiantes, sobre la posibilidad de desarrollar cursos académicos en los que se trabaje el diseño de videojuegos o se estudie el uso de placas. Este planteamiento, que tiene como fuente sus propios mundos de la vida, es una tarea de alta complejidad, ya que requiere un nivel de formación avanzado y la integración de otros conocimientos especializados en otras áreas de la ingeniería. Este reto se asumió desde el curso Electiva II, durante los dos semestres del año 2018. Un balance de las cuestiones a solucionar en la implementación de la propuesta se muestran en la tabla 1.

Curso: Electiva II (Semestre VIII del plan de estudios)		
Unidad de competencia: Analizar los requerimientos de los sistemas informáticos para diseñar software de acuerdo a las necesidades del usuario utilizando normas, estándares y metodologías vigentes		
Capacidades	Contenidos	Situaciones
Los estudiantes trabajan en desarrollo de software durante los diez semestres de la carrera, el uso de bases de datos cubre cursos que van desde el segundo hasta el décimo semestre. ¿Cuáles son las capacidades que los estudiantes deben poseer para desarrollar exitosamente el curso?	Se requieren conocimientos especializados, incluso de otras áreas de la ingeniería, como: programación de máquinas de estado, familiarización con las placas de desarrollo, programación del videojuego en sí. ¿Cómo se secuencian estos contenidos?	Creación de videojuegos, campo de interés para los estudiantes. ¿Se debe trabajar solamente el desarrollo de software o es conveniente trabajar también con el hardware?

Tabla 1. Categorías de análisis

En relación con este balance, se trae a colación como reto superar la *ecuación tecnificadora* del ser humano mediante las nuevas tecnologías (Ramírez-Casallas, 2015). Este problema es una manifestación particular de la colonización del Mundo de la Vida. Consiste en que el ser humano puede construir o acceder como usuario a *inforealidades*¹ que representan sistemas de la realidad, pero que por las diversas acciones posibles que se definen desde los programas que le constituyen, terminan por suplantar al sistema representado. Así, *la ecuación tecnificadora se consolida cuando el usuario es integrado al programa como un componente más, determinado y programable*. En la era digital, este problema se hace evidente en fenómenos reconocidos como la adicción a los videojuegos, hasta los casos en los que el programa de una empresa termina por imponerse a las acciones cotidianas y complejas de sus integrantes. En consecuencia, como problema a resolver desde una perspectiva crítica se propone: ¿cuál es el papel del estudiante en la construcción de software?, ¿hasta dónde debe ir en el conocimiento de la creación del videojuego?

3. Metodología

El estudio de la creación de videojuegos haciendo el uso de placas de desarrollo de hardware se hace desde la perspectiva del profesor como profesional reflexivo (Schön, 1998). Dicha concepción

¹ "Llamaremos *inforealidad* a la representación informática del conocimiento sobre un (algunos) sistema(s) de la realidad (biológicos, sociales, físicos, etc.), que requiere de una *programación* que permite estudiar *el cambio y la evolución* del sistema representado." (Ramírez-Casallas, 2015:104).

se sustenta en la reflexión sobre la acción como una forma de conocer situaciones novedosas y complejas. En este caso particular se constata una situación de enseñanza-aprendizaje que, en principio, tiene una excelente aceptación de parte de los estudiantes. De aquí que se justifique estudiarla.

La reflexión sobre la práctica de enseñanza permite una revisión de lo sucedido, que hace posible identificar los componentes que fueron claves en ese éxito, al menos en términos de unas primeras hipótesis. De esta manera, a futuro tales hipótesis pueden ser compartidas y revisadas (indagadas) por diversos actores con el fin de verificar su grado de acierto. Y así, de forma cíclica, se pueden obtener posteriormente secuencias de reflexión → investigación de la práctica → reflexión, propias del esquema de investigación acción.

En concreto, aquí se pretende una mirada reflexiva sobre la práctica de enseñanza que se realizó en los dos semestres del año 2018. Como categorías de análisis se toman los elementos que conforman una competencia y los interrogantes planteados alrededor de la misma (tabla 1). Por ser un hecho pasado, dicha reconstrucción se hace de forma histórica, planteando los principales hitos de la propuesta, como son: fases de enseñanza, modelo de integración entre hardware y software. Además, se aportan los registros de clase que soportan las afirmaciones que se realizan al interior de cada construcción.

4. Implementación

Una primera decisión que orientó el curso fue utilizar la *prueba de concepto*, o sea el requerimiento de que los estudiantes entregaran a final de semestre un videojuego funcional. De forma complementaria, se decidió que es necesario trabajar integradamente hardware y software. Esto significa que los estudiantes deben ir más allá, para entender la conexión que existe entre el software con el hardware que le sirve de soporte. Tal decisión, además de ser técnica, permite a los estudiantes comprender que son ellos los creadores de las inforealidades; contribuyendo a superar la ecuación tecnificadora comentada.

Como se dijo anteriormente, el curso promueve una integración entre hardware y software, para el hardware se utilizaron las placas de desarrollo conocidas como Arduino («Arduino», 2019), específicamente se recomienda el uso de la placa Arduino Leonardo o Uno. Mientras que para el software se utiliza Processing («Processing», 2019). Ambas herramientas fueron diseñadas para todo tipo de público, por lo que no es necesario ser un experto. Si bien existen múltiples softwares para creación de videojuegos (blender, unreal, unity, etc), se seleccionó Processing por su simplicidad, permitiendo realizar la prueba de concepto del videojuego. De igual forma las placas Arduino son simples de utilizar y de programar.

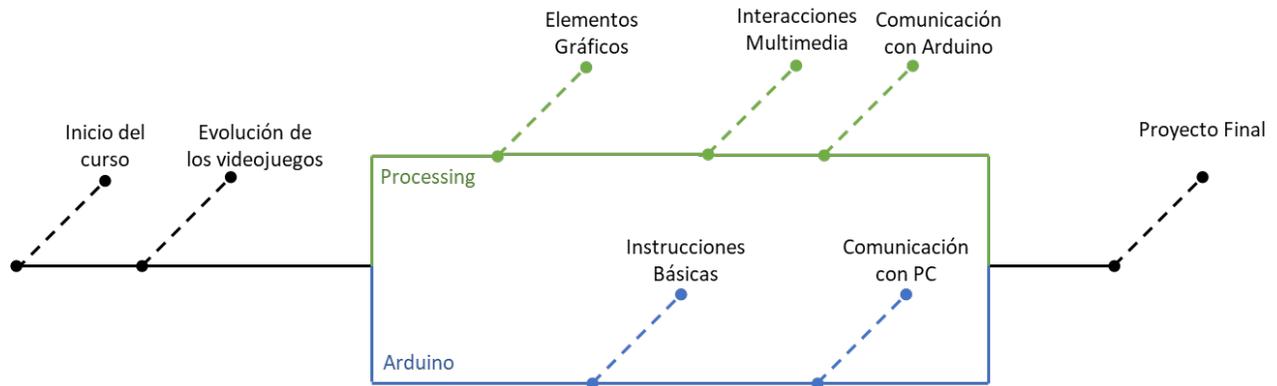


Figura 1. Desarrollo del curso

El curso tiene una duración de 16 semanas (tabla 2), dividido en 4 grandes bloques. La evolución del curso se puede observar en la figura 1. El primer bloque tiene una duración de 2 semanas. En este se expone por parte del profesor el objetivo del curso y se presenta la evolución de los videojuegos, partiendo desde Pong hasta la actualidad. El objetivo del curso es claro: Crear un videojuego en Processing y controlarlo mediante un control utilizando Arduino. En este bloque, además de exponer la evolución, se va haciendo énfasis en los componentes principales del videojuego, como son: El género, los controles, la narrativa, los efectos gráficos y el sonido.

Semana	Tema
1-2	Evolución de los Videojuegos
3-5	Processing: Elementos Gráficos
5-7	Arduino: Instrucciones Básicas
8-9	Processing: Interacciones Multimedia
10	Processing: Comunicación con Arduino
11	Arduino: Comunicación con PC
12-16	Proyecto Final

Tabla 2. Secuencia de contenidos

Los siguientes dos bloques son la programación en Processing y el uso de las placas Arduino. Estos bloques se van intercalando (figura 1) para brindar al estudiante la oportunidad de ir integrando los conocimientos adquiridos para que puedan empezar a crear su videojuego con lo aprendido. El primer tema del bloque 2 de Processing es una introducción a la herramienta, para esto se realizan pequeños ejercicios sobre la programación de los elementos gráficos en Processing, partiendo desde los más simple que es la creación de figuras geométricas hasta la creación de animaciones simples con estas figuras. En este bloque se expone el uso de máquinas de estados para la programación de estas animaciones, este concepto normalmente es nuevo para el estudiante de ingeniería de sistemas, pero es clave, porque de igual forma se aplica en Arduino.

El siguiente tema es el inicio del bloque 3, el control del Arduino. Se inicia con las instrucciones básicas. Empezando a prender y apagar un LED, leyendo el estado de un botón o controlando un

motor, hasta la ejecución de secuencias con varios LED, combinando botones y motores; en este espacio se les presentan a los estudiantes pequeños retos.

En este punto los estudiantes ya tienen conocimientos básicos tanto de Processing y Arduino, además se hace énfasis en que ya deben empezar a tener claro cuál género de videojuego van a crear y que tipo de control van a necesitar, esto pensando en que ya pueden empezar a crear su proyecto final. Retornando al bloque 2, se continúa en Processing con interacciones multimedia, en donde aparecen los componentes de audio y vídeo, además se realizan retos para identificar e interactuar con obstáculos dentro del juego. Para finalizar los bloques 2 y 3, el tema central es la comunicación Arduino->Processing, Processing->Arduino. Para esto se le explica al estudiante la comunicación serial y como se puede utilizar esta para la interacción deseada; el reto utilizado para este cierre es el cambio del color de una figura geométrica utilizando los botones en el Arduino. Por último, está el bloque 4, que es la construcción del proyecto final: El videojuego y el control. En este bloque los estudiantes están en constante asesoría y monitoreo por parte del profesor para la realización y revisión del avance del videojuego.

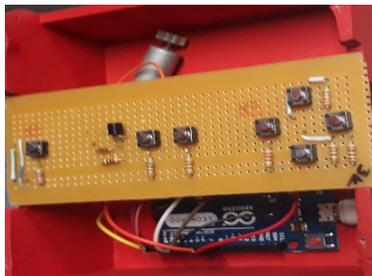
Durante el curso, como actividad de seguimiento se realizan dos parciales y dos entregas. El primer parcial es sobre los elementos expuestos en el bloque 1, y el segundo sobre los elementos del bloque 2 y 3. Mientras que la primera entrega es la introducción (narrativa) del juego, la cual tiene que ser un vídeo y la segunda entrega es un reto simple sobre los bloques 2 y 3.

5. Resultados

El concepto de utilizar videojuegos para enseñar programación no es nuevo; prácticas similares se han visto (Angarita & Osorio, 2017; Arnez, Pace, & Sung, 2014; Bourgeois, Cubillos, Mellado, Roncagliolo, & Sentis, 2019), los utilizan para enseñar los fundamentos básicos de la programación. La articulación entre Arduino y Videojuegos ya se ha utilizado, para Duch & Jaworski (2018) es una herramienta clave para potenciar el aprendizaje en las clases de ciencias de computación.



a. Grupo 1



b. Grupo 2



c. Grupo 3



d. Grupo 4



e. Grupo 5

f. Grupo 6

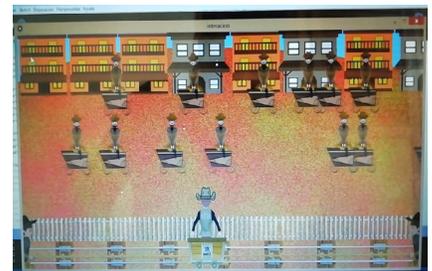
Figura 2. Controles fabricados

Durante el curso, los estudiantes fueron creando el videojuego y fabricando sus controles. Para la fabricación de los controles se les enseñó a soldar y a utilizar baquetas universales, además de las pruebas iniciales con protoboard; ya el diseño final del control fue producto de su creatividad. En la figura 2, se observa el resultado final de los controles de 6 grupos representativos. Algunos grupos decidieron ir un poco más y crearon algunos diseños de carcasa para el control y otros se enfocaron en el funcionamiento.

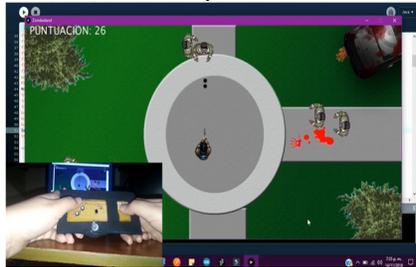
El producto final de estos seis grupos se puede ver en la figura 3, en donde los géneros shooter y las plataformas fueron los más seleccionados. Durante toda esta etapa los estudiantes se enfrentaron en todo momento a la solución de retos propios de la programación de los videojuegos y de utilizar las placas Arduinos. La constante aparición de bugs de programación y resoluciones de estos fue un gran aporte para los estudiantes. Bugs por ejemplo de movimientos involuntarios, interacciones erróneas y dar información errada al jugador fueron los más comunes. Además al igual que en Molins-Ruano et al. (2014), el trabajar con videojuegos motivo a las estudiantes a enfrentar todos los retos nuevos y a utilizar sus conocimientos básicos de programación y aplicarlos en sus videojuegos.



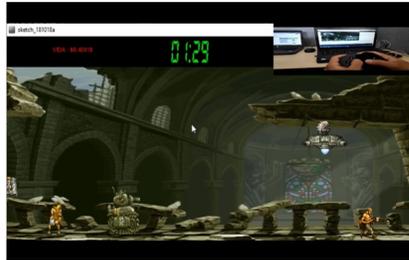
a. Grupo 1



c. Grupo 3



d. Grupo 4



e. Grupo 5



f. Grupo 6

Figura 3. Videojuegos creados

De acuerdo con la bibliografía revisada, una de las novedades centrales de la experiencia consiste en que ha sido posible integrar hardware y software, un avance relevante en la formación de los ingenieros de sistemas en la era de la información.

6. Conclusiones

La reconstrucción del proceso aporta información relevante sobre la construcción de las competencias. Con base en la tabla 1: (i) se aportan contenidos relevantes y errores comunes que se presentaron en el desarrollo de la experiencia; (ii) se expone una secuencia de contenidos, funcional y significativa en el desarrollo del proceso; (iii) es conveniente integrar software y hardware; dicho proceso ha permitido que los estudiantes enriquezcan sus mundos de la vida, integrando a su proceso formativo la posibilidad de auto concebirse como creadores de lo que antes aparecía simplemente como un proceso que se limitaba a la mera programación. *En la era digital, con un importante papel de las inforealidades, saberse constructores de estas los empodera y los hace posibles transformadores de esa era digital.* Un logro relevante en la formación de ingenieros como profesionales reflexivos.

7. Referencias

- Angarita, L. B., & Osorio, L. H. (2017). Software prototype for learning of computer programming based on digital games [Prototipo Software para el Aprendizaje de

- Programación Computacional basado en Juegos Digitales]. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2017.7975867>
- ACOFI (2007). *El ingeniero colombiano del año 2020: retos para su formación*. Bogotá: ACOFI.
 - Arduino. (2019). Recuperado 12 de junio de 2019, de <https://www.arduino.cc/>
 - Arnez, F., Pace, J., & Sung, K. (2014). Learning while building games for teaching. *Computer*, 47(4), 88-91. <https://doi.org/10.1109/MC.2014.91>
 - Bourgeois, M., Cubillos, C., Mellado, R., Roncagliolo, S., & Sentis, F. (2019). Ashy.alRescate(): A videogame for developing basic object oriented programming skills. *Proceedings - International Conference of the Chilean Computer Science Society, SCCS, 2018-Novem*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/SCCC.2018.8705257>
 - Duch, P., & Jaworski, T. (2018). Enriching computer science programming classes with arduino game development. *Proceedings - 2018 11th International Conference on Human System Interaction, HSI 2018*, 148-154. <https://doi.org/10.1109/HSI.2018.8430994>
 - Molins-Ruano, P., Sevilla, C., Santini, S., Haya, P. A., Rodríguez, P., & Sacha, G. M. (2014). Designing videogames to improve students' motivation. *Computers in Human Behavior*, 31(1), 571-579. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.06.013>
 - Processing. (2019). Recuperado 12 de junio de 2019, de <https://processing.org/>
 - Ramírez Casallas, J.F. (2016). *Integración de las NTIC a los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física desde la perspectiva del Modelo de Investigación en la Escuela (MIE). Estudio de caso*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla (España), Vol. 1. Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/72779>
 - Ramírez Arcila, H. y Ramírez Casallas, J.F. (2016). Práctico Profesional Reflexivo. Estudio de múltiples casos y progresión formativa. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(21), 59-63. Recuperado de www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/620/288
 - Ramírez Casallas, J.F. & Ramírez Arcila, H. (2018). Aportes en la construcción de competencias de la práctica profesional de ingenieros civiles en formación, desde el enfoque del profesional Reflexivo. Estudio de caso. *Revista Practicum*, 3(2), 1-21. Recuperado de <https://revistapracticum.com/index.php/iop/article/view/52>
 - Roegiers, X. (2010). *Una pedagogía de la integración. Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. México: Fondo de Cultura Económica.
 - Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Barcelona, España: Paidós Ibérica.
 - Unigarro, M. A. (2017). *Un modelo educativo crítico con enfoque de competencias*. Bogotá, Colombia: Fondo Editorial Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia.

Sobre los autores

- **Óscar Camilo Valderrama Riveros**. Magister en Ingeniería. Ingeniero Electrónico. Profesor tiempo completo. oscar.valderramar@campusucc.edu.co
- **John Freddy Ramírez Casallas**. Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Profesor tiempo completo. john.ramirez@campusucc.edu.co

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)