



ENSEÑANZA EN EL CONTROL DE PROCESOS: DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA

Brenda Natalia Rosero Londoño

**Universidad Mariana
Pasto, Colombia**

Juan Fernando Flórez Marulanda

**Universidad del Cauca
Popayán, Colombia**

Resumen

Al indagar sobre los procesos de enseñanza en temáticas de control de procesos, aparece el interrogante si el conocimiento impartido por el docente es el necesario y suficiente para el buen desempeño de los futuros profesionales en su vida laboral. La abundancia de conocimientos netamente teóricos junto a metodologías con escasos elementos pedagógicos y didácticos, sumados a prácticas con ambientes poco realistas, pueden colaborar al aumento de la brecha entre el conocimiento aprehendido por el estudiante y el conocimiento aplicado en la realidad.

Este trabajo, resultado de la exploración sobre el panorama general de la enseñanza de control de procesos, se enfocó en la identificación de las limitaciones que los docentes deben enfrentar al impartir sus cursos y a los distintos recursos y metodologías que se han implementado o están en desarrollo, con el fin de subsanar dichas limitaciones y mejorar los procesos de enseñanza – aprendizaje en el aula. Dentro de las problemáticas identificadas están: el escaso uso de simulaciones y experimentación de laboratorio, la escasa retroalimentación de los requerimientos de la industria y la poca formación de los docentes en pedagogía, didáctica o alguna rama de la educación.

Por lo anterior, se han considerado cambios en el ámbito metodológico, propuestos por distintos autores, y se ha tenido en cuenta las necesidades de adaptación en las temáticas a tratar en dichos cursos; así mismo se ha hecho una revisión de los recursos utilizados: simulación, plantas con sistemas híbridos, laboratorios de experimentación remota, entre otros.

En conclusión, uno de los retos más grandes que tiene el docente de Control de Procesos está en el rediseño de su curso de manera que pueda aprovechar su conocimiento y habilidad para el desarrollo de recursos tecnológicos que fortalezcan la practicidad del conocimiento que imparte, y a su vez, inmiscuirse en el campo pedagógico y didáctico para que la inclusión de recursos en el aula le permita al estudiante descubrir todo el potencial que éste campo tiene en el quehacer profesional.

Palabras clave: enseñanza; control; procesos

Abstract

When inquiring about teaching processes in issues of process control, the question arises whether the knowledge imparted by teachers is necessary and sufficient for a good performance of future professionals in their working life. Much theoretical knowledge coupled with few pedagogical and didactic elements in the methodologies, added to unrealistic environments in practices, increase the gap between the apprehended and applied knowledge by the student in a real work.

This work, result of the exploration of the teaching process control general panorama, focused on the identification of the teacher's limitations in their courses and the different resources and methodologies that have been implemented or are under development in order to overcome these limitations, for improving teaching - learning processes. Among the problems identified are: low use of laboratory simulations and experimentation, poor feedback off industry requirements, poor training of teachers in education area. Changes in the methodological issues proposed by different authors have been considered, and adaptations of the topics to be teaching in these courses; likewise, a review of the resources like: simulation, plants with hybrid systems, remote experimentation laboratories, has been done.

In conclusion, one of the big challenges that the process control teacher has, is the redesign of his course, so how he can take advantage of his knowledge and ability to develop technological resources that strengthen the practicality of the knowledge he imparts, and how he consider the pedagogical and didactic field, for including this resources in the classroom, allows the student to discover all the potential that this field has in the professional work.

Keywords: teaching; control; process

1. Introducción

Ser docente en Ingeniería, desde cualquier punto de vista es un reto y una enorme responsabilidad. La sociedad cambia continuamente al igual que la tecnología, y los docentes, deben permanecer capacitándose continuamente para formar a sus estudiantes y prepararlos para lo que tengan que afrontar en el futuro (ACOFI, 2007),

labor que requiere un gran nivel de vocación y dedicación para asegurar procesos de enseñanza – aprendizaje efectivos, en los cursos que imparten.

Esa responsabilidad llevó a que aproximadamente desde el año 1999 docentes en el área de Control de Procesos, comenzaran a hablar sobre la necesidad de un cambio radical en la enseñanza de esta temática (Bissell, 1999). Ese cambio radical se viene proponiendo, más no aplicando durante muchos años (Shinskey, 2002), al punto que la percepción actual que tienen los estudiantes con respecto al curso muestra la preponderancia hacia la teoría y las matemáticas; conceptos difíciles de asimilar y entender, poca práctica en contextos reales y de muy poco interés (Haugen, *et al.*, 2013). Todo esto, va en contravía de los resultados que se esperaba obtener.

Con el fin de generar en los docentes de ésta área una disposición a la evaluación de sus cursos con fines de mejora, este trabajo realiza una recopilación de los diferentes problemas y limitaciones detectados en el curso de Control de Procesos por diferentes profesionales a través de los años, así como los cambios que han sido propuestos por los mismos en aspectos metodológicos, y los recursos tecnológicos que se han desarrollado para apoyar la labor docente.

2. Problemas en la enseñanza del control de procesos

Cuando se habla del proceso enseñanza – aprendizaje en los cursos de control de procesos, el panorama en las aulas no es alentador. Pese a los cambios que se están dando en la educación en ingeniería para satisfacer necesidades industriales, sociales y para cumplir con los estándares de acreditación y calidad (Vásquez, *et al.*, 2015), en la actualidad aún existe una notable brecha industria – academia razón por la cual los cursos de control de procesos han sido ampliamente criticados (Lee, *et al.*, 2017), varios autores se han dado a la tarea de recopilar información al respecto, llegando a la misma conclusión a través de muchos años, la brecha aún no se ha cerrado (Shinskey, 2002).

En épocas pasadas, se cuestionaba duramente la simplicidad de los ejemplos, la prioridad dada a los conceptos teóricos y las matemáticas, sobre la práctica y lo cualitativo de los procesos (Bissell, 1999). Esa situación no ha cambiado mucho en la actualidad. Estudiantes que se desempeñan en contextos industriales siguen cuestionando la cantidad y calidad de los conceptos teóricos que se imparten en los cursos de control de procesos actuales, ya que en su mayoría no se utilizan en las situaciones industriales reales (Haugen, *et al.*, 2013); aspectos que son considerados importantes para los ingenieros en la industria, son medianamente comprendidos por los estudiantes de pregrado (Edgar, *et al.*, 2006), lo que ha causado serias deficiencias en el alcance de las habilidades y competencias que los estudiantes necesitan desarrollar para su buen desempeño laboral (Lee, *et al.*, 2017)(Shinskey, 2002), además de estimaciones económicas equivocadas en los proyectos que realizan.

Parte de esos problemas surgen por la falta de interacción entre la industria y la academia, en especial, sobre las necesidades que la industria posee (Jwaid, *et al.*, 2014), situación que es necesario resolver, pero que no es la única causa; es preocupante

encontrar docentes profesionales de algunas áreas de la ingeniería que opinan que el curso no es necesario y por lo tanto, debe desaparecer; palabras como miedo o aborrecimiento en la percepción de los estudiantes frente al curso, así como, profesionales de la industria que afirman que es un curso que nadie quiere enseñar (Edgar, *et al.*, 2006).

Es apenas normal que se piense que un curso no es necesario o se aborrezca, si la articulación de éste con los demás cursos del plan de estudios y su aplicabilidad es escasa o nula. En el caso de Ingeniería Química o Ingeniería de Procesos, la sinergia con cursos como diseño de procesos, optimización de procesos, simulación, entre otros es vital (Lee, *et al.*, 2017). De otro modo, en el curso se realizaría excesivo énfasis en temáticas que no se consideran importantes en las diferentes áreas de estudio (Shinsky, 2002).

3. Limitaciones de los docentes

Desde el punto de vista del docente, éste se encuentra con una serie de situaciones en el aula que entorpecen los procesos en el desarrollo de este curso. Ranade, *et al.* (2012), identifican ciertas dificultades como diferencias en la terminología y ambigüedad en conceptos que se manejan, ya que el curso de Control de Procesos puede impartirse en diferentes áreas de la ingeniería, (Electrónica, Química, De Procesos, etc.) que tienen diferentes percepciones frente a un mismo aspecto o fenómeno haciendo de la comunicación del conocimiento un gran reto.

Por otro lado, existe una limitación para brindar a los estudiantes la suficiente cantidad de práctica experimental (Fei, *et al.*, 2016) y proveerle ambientes realistas que fortalezcan dicha práctica. Aunque es conocido que la experimentación física es fundamental (Beghi, *et al.*, 2015), el disponer de una planta en la que se lleve a cabo un proceso real es costoso.

Desde el punto de vista de la formación específica, el docente, por lo general es ingeniero de profesión, y aunque cuenta con todos los conocimientos y los elementos para el desarrollo o el uso de recursos o herramientas tecnológicas para apoyar su clase, en la mayoría de ocasiones tiene escasa formación en pedagogía, didáctica o en alguna rama de la educación (Puebla, *et al.*, 2004), lo que representa una gran debilidad en el conocimiento de elementos que se deben tener en cuenta para incorporar recursos o herramientas en el aula de clase. Aún más, si varía el entorno de aprendizaje, la concepción didáctica del docente también debe variar para generar en el estudiante un cambio en su mentalidad y disposición (González, 2000) que permita el mejoramiento en los procesos de construcción del conocimiento.

4. Cambios propuestos dentro del curso

Existen tantas temáticas alrededor del curso, que muchas veces hay dudas en que se debe incluir dentro del currículo y que no (Haugen, *et al.*, 2013), alrededor de estas dudas

se han llevado a cabo eventos como el Process Control Teaching Workshop en el año 2016 (ICHEME, 2016), donde docentes de éste curso en diferentes Universidades de Europa y Asia expusieron sus diferentes formas de abordarlo. Propusieron en cuanto a contenidos, restar importancia a respuesta en frecuencia; reducir la teoría en controladores PID e incrementar las simulaciones; usar mayor cantidad de simulación dinámica y casos de estudio, entre otros cambios.

En cuanto a la forma de impartir los conceptos teóricos, se concuerda en que ésta debe cambiar, ya que los estudiantes encuentran la teoría aburrida y difícil; por esta razón, Ranade et al. (2012), proponen cambiar la forma de impartir los conceptos, adoptando un estilo narrativo con el uso de metáforas para la vinculación de nuevas ideas con el conocimiento previo de los estudiantes, concluyendo que es una manera bastante eficaz de hacer que las ideas "se adhieran" a ellos.

Pakshina, *et al.* (2010) proponen la creación de herramientas e-learning para el apoyo en el aprendizaje de la teoría de control en el Instituto Politécnico Arzamas de la Universidad Técnica Estatal R.E. Alekseev Nizhny Novgorod en Rusia. El paquete didáctico desarrollado fue probado satisfactoriamente en diferentes grupos de estudiantes revelando una mejora en las actividades de los mismos. Otra estrategia planteada por docentes de la Universidad RTWH Aachen en Alemania, es un esquema basado en Blended Learning a través del cual proveen a sus estudiantes de herramientas demostrativas on-line para complementar la lectura de la teoría de control que es igualmente de su responsabilidad; de esta manera se inmiscuye al estudiante desde la aprehensión de conceptos básicos en situaciones prácticas de aplicación, con el fin de motivarles, facilitar el aprendizaje e incentivar el aprendizaje autónomo (Wagner, *et al.*, 2016).

Algunos autores han propuesto invertir el orden del currículo (Bissell, 1999)(Haugen, *et al.*, 2013); es decir, a partir de sistemas de control más completos y casos prácticos reales, lograr el entendimiento de los principios y estrategias, enfocándose en la competencia que se quiere lograr en el estudiante, más que en el conocimiento que va a adquirir. Con el fin de facilitar el trabajo se propone incluir algunos apartes sobre modelado y análisis de sistemas (Bissell, 1999)

En cuanto al manejo de currículo se refiere, Edgar, *et al.* (2006) plantea una "renovación" del curso, siguiendo las tendencias hacia lo "bio", los bioprocesos, la biotecnología, teniendo en cuenta los cambios que se han dado en la industria y en el campo de acción de los Ingenieros Químicos y de Procesos; en dicha renovación se enfatiza en la necesidad de interacción entre diferentes ingenierías para enriquecer el desarrollo del curso.

5. Recursos disponibles

La simulación es considerada una herramienta útil y eficaz para abordar las temáticas de control (Bissell, 1999); es clave cuando se usa para mostrar la aplicación práctica de los conceptos teóricos que se imparte, ya que esto ayuda a los estudiantes a

entenderlos más fácilmente por medio de ejercicios sencillos (Fei, *et al.*, 2016), no obstante, su uso puede ir más allá si se trabaja con modelos que no sean demasiado complejos, pero que revelen fenómenos del proceso que se encuentran normalmente en campo, para no caer en el error de usar modelos de proceso tan simplificados que estén fuera de la realidad (Shinskey, 2002).

Sin embargo, un curso completo basado únicamente en simulación no es apropiado, si se trae a flote la brecha academia – industria. Lógicamente, una de las opciones propuestas para disminuir dicha brecha son las prácticas industriales, pero, desarrollar un número adecuado de las mismas dentro de un curso y hacer que los estudiantes manipulen equipos de un proceso en ejecución, es bastante complicado, riesgoso y costoso ante una posible pérdida de materia prima o daño en los equipos. Por lo anterior, docentes de la West Coast University of Applied Sciences desarrollaron un laboratorio para prácticas, orientado a proveer a los estudiantes experiencias y desarrollo de habilidades para el ejercicio profesional, mediante el uso de una planta piloto conectada a un sistema de control distribuido DCS. Los resultados de su uso fueron satisfactorios en la reducción del choque al que los estudiantes se enfrentan con la realidad en la industria (Dittmar, *et al.*, 2016)

En la Universidad Pontificia Bolivariana en Colombia se desarrolló a menor escala, una estación experimental multipropósito. La planta consta de un sistema de tanques a escala laboratorio con instrumentación industrial robusta que puede conectarse a un PLC, un computador industrial o un PC, esta estación está diseñada para proveer ambientes prácticos para estudiantes de pregrado, posgrado e investigaciones (Vásquez, *et al.*, 2015).

Las anteriores, son excelentes soluciones si se dispone del presupuesto suficiente para diseñarlas e implementarlas o incluso adquirirlas; ya que no siempre se cuenta con un alto presupuesto, se acude al uso de sistemas híbridos (combinación de hardware y software), experimentación remota, entre otros, para reducir un poco esos costos sin dejar a un lado el propósito de proveer al estudiante un recurso más realista.

Un ejemplo de un sistema híbrido se observa en el trabajo realizado por investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid, quienes desarrollaron un sistema avanzado de prototipado de control para la enseñanza de control automático, con este sistema se busca que el estudiante centre su esfuerzo en actividades como el desarrollo del algoritmo de control, la identificación de sistemas y el modelado de plantas físicas (Caballero, *et al.*, 2016). Otro sistema de este tipo se desarrolló en la Universidad del Cauca, donde se implementó un sistema de prototipado rápido de control para la enseñanza de la Ingeniería de Control una planta Didáctica Motor DC (Bazán-orobio, *et al.*, 2013).

Otra técnica usada en la industria que está tomando fuerza en la academia es Hardware-in-the-loop-Simulation. En el año 2014, el trabajo realizado por Fakir, *et al.* (2014) autores adscritos a la Universidad Estatal de Sao Paulo, resalta los beneficios de usar HILS en control de procesos industriales, los investigadores desarrollaron e implementaron una arquitectura para un sistema de este tipo con el fin de controlar el

nivel de dos tanques. Un sistema similar se desarrolló en la Universidad Nacional de Colombia en el 2015, tomando como caso de estudio el proceso de esterilización por vapor de agua y el control de un tanque de reacción con agitación continua (D'Arthenay, 2015). Otro sistema de mayor complejidad fue desarrollado por Dai, *et al.* (2015) donde los autores pertenecientes a distintas universidades en China, implementaron una plataforma HIL para pruebas de un sistema de supervisión y control en un proceso de trituración minera antes de la aplicación del mismo en la planta real.

En la actualidad, también se encuentran sistemas de experimentación remota, como el presentado por Beghi, *et al.* (2015). Gracias a este sistema los estudiantes y docentes pueden adquirir experiencia sobre el control de un sistema de refrigeración real que no está disponible en el aula de clase. Un trabajo similar fue presentado por Fernández-Samacá, *et al.* (2010), donde se desarrolla un sistema de experimentación remota sobre una plataforma de emulación, que permite observar la dinámica de diversos problemas de control. Este sistema de experimentación estuvo inmerso en la metodología de aprendizaje basado en proyectos, lo cual favoreció el desarrollo de competencias de trabajo en equipo, gestión del tiempo, entre otras.

Acudir a herramientas como prototipos también es una opción para aplicaciones pequeñas. En el año 2013, investigadores de la Universidad RWTH Aachen en Alemania presentaron un enfoque didáctico para el aprendizaje de control multivariable, para el que fue construido un prototipo de cuatro tanques controlado por un PLC para llevar a cabo ejercicios de control a nivel de laboratorio (Misgeld, *et al.*, 2013).

6. Conclusiones

No se puede afirmar que exista una forma específica o un currículo único para la enseñanza del control de procesos, sin embargo, es necesario que haya un esfuerzo de parte de los docentes por hacer uso de los diferentes recursos con los que se cuenta, o incluso elaborarlos, para lograr las competencias deseadas en los estudiantes. Es tarea de cada docente realizar una autoevaluación de su labor para identificar los puntos sensibles de mejora y elaborar un plan para trabajar en ellos.

El rediseño del curso -en caso de que se requiera-, es un reto más al que debe enfrentarse el docente, pero es necesario, para que se pueda aprovechar su amplio conocimiento y habilidad en el desarrollo y uso de recursos tecnológicos que le permitan fortalecer la practicidad del conocimiento en el estudiante, y así éste pueda descubrir todo el potencial que éste campo tiene en el quehacer profesional.

Se hace primordial que el docente de ingeniería se inmiscuya en el campo pedagógico y didáctico para lograr mayor eficacia en los procesos de enseñanza - aprendizaje, no se puede concebir la docencia como una labor estática, al contrario, es una labor que requiere continua formación, y continua evolución en el cumplimiento del objetivo principal, la formación de futuros ingenieros. Al rediseñar el curso es indispensable una apertura en la mentalidad del docente que se logra, entre otros a través de la capacitación y la motivación.

El uso de algunas técnicas que colaboran de manera significativa al aprendizaje del estudiante pueden significar en un inicio, un incremento de la carga de trabajo, tanto para el docente, como para el estudiante; en estas circunstancias, el factor motivacional tiene una gran importancia y significado en el proceso, igual que trabajar con metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, ya que pueden ayudar al desarrollo de competencias en el estudiante en cuanto a distribución del trabajo y manejo del tiempo, entre otras.

7. Referencias

- ACOFI. (2007). El Ingeniero Colombiano Del Año 2020, Retos Para Su Formación. Consultado el 20 de junio del 2017 en http://www.acofi.edu.co/portal/documentos/EL_INGENIERO_COLOMBIANO_DEL_2020.pdf
- Bazán-orobio, C., and Flórez-Marulanda, J. F. (2013). Sistema de Prototipado Rápido de Control para una Planta Didáctica Motor DC. Tecno Lógicas, Vol 30, pp. 95–115.
- Beghi, A., Cervato, A., and Rampazzo, M. (2015). A Remote Refrigeration Laboratory for Control Engineering Education. IFAC-PapersOnLine, Vol. 48, No. 29, pp. 25–30.
- Bissell, C. C. (1999). Control education: time for radical change? IEEE Control Systems Magazine, Vol. 19, No. 5, pp. 44–49.
- Caballero, A. F., Copaci, D. S., Peciña, Á. V., Rojas, D. B., and Lorente, L. M. (2016). Sistema Avanzado de Prototipado Rápido para Control en la Educación en Ingeniería para grupos Multidisciplinares. Revista Iberoamericana de Automática E Informática Industrial RIAI, Vol. 13, No. 3, pp. 350–362.
- D'Arthenay, D. (2015). Desarrollo de un simulador de procesos industriales bajo configuración Hardware in the Loop para la práctica-enseñanza de control lógico y regulatorio mediante un PLC. Universidad Nacional de Colombia. Consultado el 20 de junio de 2017 en <http://www.bdigital.unal.edu.co/49790/>
- Dai, W., Zhou, P., Zhao, D., Lu, S., and Chaig, T. (2015). Hardware-in-the-loop simulation platform for supervisory control of mineral grinding process. Powder Technology, Vol. 288, pp. 422–434.
- Dittmar, R., and Kahlcke, T. (2016). A lab for undergraduate control engineering education equipped with industrial distributed control systems. Computer Applications in Engineering Education, Vol. 24, No. 2, pp. 288–296.
- Edgar, T. F., Ogunnaike, B. A., Downs, J. J., Muske, K. R., and Bequette, B. W. (2006). Renovating the undergraduate process control course. Computers and Chemical Engineering, Vol. 30, No.10, pp.1749–1762.
- Fakir, F., Brunini, D., and Godoy, E. (2014). Hardware in the loop simulation for Industrial Process Control. Consultado el 20 de junio de 2017 en <http://15cd22wbkzf2wsx492cahgnx.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2014/11/Hardware-in-the-Loop-Simulation-for-Industrial-Process-Control.pdf>
- Fei, C., and Li, C. (2016). Application of Configuration Software in Process Control

- Course Teaching. *iJET*, Vol. 11, No. 7, pp. 74–78.
- Fernández-Samacá, L., Scarpetta, J. M. R., and Orozco-Gutiérrez, M. L. (2010). La emulación y la experimentación remota como recursos de apoyo en un enfoque de aprendizaje basado en proyectos para sistemas de control. *Revista Facultad de Ingeniería*, Vol. 55, pp.194–202.
 - González, M. (2000). Modelos pedagógicos para un ambiente de aprendizaje con NTIC. *Conexiones, Informática Y Escuela. Un Enfoque Global*, pp. 45–63.
 - Haugen, F., and Wolden, K. E. (2013). A Revised View on Teaching Basic Process Control. *Proceedings of 10th IFAC Symposium Advances in Control Education*, Sheffield, pp. 108–113.
 - IChemE. (2016). Process Control Teaching Workshop - 20 May 2016. Consultado el 20 de junio de 2017 en http://www.icheme.org/communities/special-interest-groups/education/resources/workshop/presentations/process_control_teaching_workshop_-_20_may_2016.aspx
 - Jwaid, A. E., Clark, S., and Ireson, G. (2014). Understanding best practices in control engineering education using the concept of TPACK. *Proceedings of 4th IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC 2014)*. New Jersey.
 - Lee, J., and Chen, C. (2017). A proposal for charting the undergraduate process control course for the 21st century. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, Vol. 73, pp. 154–165.
 - Misgeld, B. J. E., Pomprapa, A., and Leonhardt, S. (2013). Didactic approach to multivariable control using IEC 61131 model-based design and programmable logic controllers. *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 46, No. 17, pp. 220–225.
 - Pakshina, N. A., and Gostyaeva, E. V. (2010). Applications of Classic Didactic Principles to Creating of Modern E-learning Tools. *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 42. No. 24, pp. 256, 261.
 - Puebla, M., and Deméneghi, A. (2004). *Didáctica Mínima para Ingenieros*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado el 20 de junio de 2017 en http://www.ingenieria.unam.mx/foroacademico/documentos/Didactica_Minima.pdf
 - Ranade, S. M., Salazar, H., and Rodriguez, L. A. (2012). Process control: Domains, disciplines and cognitive difficulties. *Education for Chemical Engineers*, Vol. 7, No.1, pp. 1–6.
 - Shinskey, F. G. (2002). Process Control: As Taught vs as Practiced. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 41, No. 16, pp. 3745–3750.
 - Vásquez, R. E., Posada, N. L., and Castrillón, F. (2015). Desarrollo de una Estación Experimental Multipropósito para la Enseñanza en Control de Procesos. *Formacion Universitaria*, Vol. 8, No. 5, pp. 25–34.
 - Wagner, C., Schüller, A., Fleischacker, C., and Epple, U. (2016). An Educational Framework for Process Control Theory and Engineering Tools. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 49, No. 6, pp. 46–51.

Sobre los autores

- **Brenda Nathalia Rosero Londoño**, Ingeniera Electrónica, Candidata a Magister en Automática. Profesor titular brosero@umariana.edu.co
- **Juan Fernando Flórez Marulanda**, Ingeniero en Electrónica, Magíster en Electrónica y Telecomunicaciones. Profesor titular jflorez@unicauca.edu.co

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

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)