



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia
18 al 21 de septiembre de 2018



LAS COMPLEJIDADES DEL CAMBIO EN LA ENSEÑANZA: USO DE MODELOS DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA TRANSFERIR RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN A LA PRÁCTICA DOCENTE

Juan M. Cruz, Jairo A. Hurtado, Eduardo A. Gerlein

**Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia**

Resumen

Varios informes sobre la educación en ingeniería hacen un llamado al cambio en los enfoques pedagógicos en la educación de ingenieros con el fin de incorporar, cada vez más, los resultados de investigación sobre el aprendizaje en la cotidianidad de las prácticas de enseñanza. Varias universidades en el mundo han implementado diferentes estrategias e iniciativas para promover cambios en las prácticas docentes; sin embargo, el impacto de dichas iniciativas de cambio instruccional ha sido bajo o moderado.

La literatura en cambio instruccional intenta explicar este bajo impacto. Dicha literatura explica la existencia de múltiples factores en el sistema académico, los define como barreras o promotores de cambio y provee sugerencias para generar los resultados esperados; sin embargo, dichas sugerencias están limitadas a modelos lineales enfocados a bien reducir ciertas barreras o a incrementar ciertos promotores. En el largo o mediano plazo, aunque dichas estrategias parezcan lógicas, han demostrado no ser eficaces, pues en muchos casos la complejidad dinámica de la academia conlleva que al incrementar algunos promotores se incrementen otras barreras, o que al disminuir ciertas barreras se decrementen otros promotores.

Este artículo tiene dos propósitos; primero, argumentar por qué dichas iniciativas de cambio requieren una perspectiva diferente a los enfoques tradicionales que típicamente están basados en las reflexiones e intuiciones personales de directivos o líderes académicos, que utilizan estrategias que entienden el cambio como un proceso lineal, o que utilizan estrategias diseñadas para solucionar problemas simples o estáticos. Y segundo, presentar una perspectiva para el diseño de

procesos de cambio que entienda a la academia como un sistema complejo y use pensamiento sistémico para entender cómo los diferentes componentes del sistema académico interactúan dinámicamente entre sí para oponerse o motivar el cambio. Esta estrategia es modelado de dinámica de sistemas (*System Dynamics Modeling, SDM*).

Palabras clave: SDM; cambio instruccional; adopción de RBIS

Abstract

Several reports on engineering education make the call to change pedagogical approaches in engineering to increasingly embed research on learning into teaching practices. Universities, and particularly colleges/schools of science and engineering, have taken different strategies to promote instructional change but with low or moderate success.

literature on instructional change attempted to explain the low success of change initiatives. Such literature explains some of the factors that affect change, defining them as either drivers or barriers to change, and providing suggestions for generating the desired outcomes. However, the literature is narrow in its approach for promoting change because it is evading the implications that the complexity of academia has on change initiatives. Few references used systems science to study change in academia, limiting the discussion to linear models focused on strategies to either reduce barriers or increase drivers with expected change outcomes. Although these models seem logical, their extent has been proven largely unsuccessful, since increasing certain drivers can lead to increasing barriers and, similarly, reducing certain barriers can lead to reducing other drivers.

The purpose of this article is twofold. First, it argues why such change initiatives require a different approach, one that accounts for the complex nature of academia instead of the traditional approach that is based only on faculty reflection and intuition drawn from their teaching experiences and aims to solve static and simple problems. Second, to show a perspective to design change processes that accounts for the complex nature of academia. Such strategy called system dynamics modeling (SDM) uses system thinking to understand how the different components of the system interact dynamically to drive or hinder change.

Keywords: SDM; instructional change; RBIS adoption

1. Introducción

Múltiples reportes en educación superior, particularmente en educación en ingeniería, hacen el llamado a modificar las estrategias pedagógicas y didácticas en los cursos; particularmente, reclaman un incremento en la adopción de resultados de investigación educativa en las prácticas docentes (Henderson & Dancy, 2008; Jamieson & Lohmann, 2009; National Academy of Engineering, 2005). Este tipo de cambio es llamado cambio instruccional e incluye la transformación de prácticas docentes y adopción de estrategias pedagógicas soportadas por investigación (Research-based Instructional Strategies (RBIS) por sus siglas en inglés).

Tradicionalmente, el cambio instruccional ha sido gestionado desde perspectivas basadas en reflexión o intuición del profesorado de sus propias experiencias docentes (Jamieson & Lohmann, 2009); sin embargo, facilitar este cambio instruccional en educación en ingeniería requiere una aproximación diferente que interprete a la academia como un sistema complejo (Ghaffarzadegan, Larson, & Hawley, 2016) y use pensamiento sistémico para entender cómo todos los elementos del sistema están conectados entre sí (Sterman, 2000).

La academia es un sistema complejo y, por tanto, no tiene causas fundamentales o motores aislados que individualmente sean capaces de generar cambio (Sterman, 2000). En su lugar, existen múltiples interacciones y ciclos de retroalimentación que refuerzan, contrarrestan o balancean las decisiones, los motivos y las acciones de los agentes del sistema (p. ej., profesores y administrativos) (Senge, 1990).

La academia tiene al menos 4 atributos que la definen como un sistema complejo. Primero, es un sistema que a pesar de sus fuertes raíces históricas (que datan desde el año 800 D.C.) ha tenido acoplamientos débiles entre sus partes (Scott & Davis, 2015). Esto significa una fuerte inercia y resistencia natural al cambio pues es una institución que en esencia ha perdurado por más de 1200 años pero que también ha desarrollado flexibilidad entre sus estamentos internos (p. ej., las grandes diferencias que existen entre facultades de una misma universidad). Segundo, la academia tiene definidas sus “reglas de juego”, pero todo académico reconoce la existencia de múltiples agendas ocultas o reglas escondidas entre sus diferentes participantes (Carroll, 2006). Usualmente, estas agendas ocultas están enmarcadas en luchas de poder y estrategias de negociación (Riley, 2012).

Tercero, la academia suele tener definidas claramente sus estructuras pero surgen en ella una diversidad de valores y creencias (Godfrey, 2014) que en muchas ocasiones son contradictorias y no complementarias. Finalmente, la academia suele publicar en sus estatutos una misión y visión orientada a educar a los estudiantes, pero en realidad sus diferentes estamentos tienen variada disposición para satisfacer estas demandas (Kezar, 2014). La más clara de estas variaciones está dada en que los estatutos definen a la academia sustentada en tres grandes pilares: docencia, investigación y servicio, pero su importancia está distribuida de manera desigual entre sus diferentes estamentos (Boyer, 1990; Henderson, Beach, & Finkelstein, 2011). Es decir, para cada agente del sistema, bien sea profesor, administrativo, o estudiante, es diferente el valor e importancia que da a la investigación con respecto a la docencia o con respecto al servicio. Y generalmente no hay acuerdos a este respecto.

Ahora bien, en un sistema complejo, la efectividad de las acciones de cambio disminuyen si el cambio se entiende como un proceso lineal y se usan estrategias diseñadas a resolver problemas simples o estáticos, en lugar de usar estrategias no lineales diseñadas para lidiar con la complejidad (Senge, 1990; Sterman, 2000). En este artículo, por tanto, se explorarán varias razones que hacen inefectivas las estrategias de cambio que no tienen en cuenta la complejidad del sistema académico y se presentará una perspectiva para el diseño de procesos de cambio que entiende a la academia como un sistema complejo y usa pensamiento sistémico para entender cómo los diferentes componentes del sistema académico interactúan dinámicamente entre sí para oponerse o motivar el esperado cambio. Como se ilustrará más adelante, esta estrategia es modelado de dinámica de sistemas (*System Dynamics Modeling, SDM*). Finalmente, la

investigación que sustenta este artículo tiene como propósito crear un SDM para entender las interacciones entre los elementos del sistema académico que afectan la motivación de los profesores para adoptar estrategias de enseñanza no tradicionales.

2. Cambio instruccional

Ante las llamadas al cambio instruccional, las universidades y, particularmente, las facultades y departamentos de ingeniería han seguido diferentes estrategias para promover dicho cambio instruccional; sin embargo, sus resultados han sido escasos o moderados (Henderson et al., 2011; Kezar, 2014). Investigaciones previas han encontrado diferentes razones que explican esta insuficiencia de resultados en las iniciativas de cambio de educación en ingeniería. En la tabla 1 se resumen nueve de estas razones. Por ejemplo, McKenna, Froyd, and Litzinger (2014) encontraron que los esfuerzos para el cambio se enfocan en el profesorado, pero evitan o eluden otros participantes del ecosistema educativo (p. ej., administrativos, estudiantes, investigadores en educación superior, directivos y agentes de centros de apoyo como los de enseñanza y aprendizaje). Es más, Henderson et al. (2011), en su seminal meta análisis de cambio instruccional en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés) encontraron que estos diferentes participantes que estudian y lideran el cambio están aislados unos de otros y sus resultados suelen no estar articulados. A este respecto, Finelli, Daly, and Richardson (2014) sugieren que estas comunidades deberían integrarse alrededor de las características de los contextos locales, como una particular facultad de ingeniería. Por otra parte, otros autores argumentan que la falta de éxito en el cambio instruccional ocurre porque los esfuerzos de cambio han sido enmarcados y gestionados por teorías de cambio simplistas, implícitas, tácitas y, sobre todo, que no surgen de resultados de investigación en procesos de cambio organizacional (Kezar, 2014; Kezar, Gehrke, & Elrod, 2015).

Tabla 1. Razones que explican la falta de éxito en las diferentes iniciativas de cambio

Razones	Referencia
Tener comunidades aisladas que investigan y agencian el cambio	(Henderson et al., 2011)
Estar motivados por teorías de cambio implícitas, simplistas, tácitas y no sustentadas por investigación en cambio organizacional	(Kezar, 2014; Kezar et al., 2015)
Ignorar el contexto local	(Finelli et al., 2014; Kezar, 2014)
Fallar en reconocer el rol colectivo que los profesores deben interpretar para convertirse en agentes de cambio.	(Besterfield-Sacre, Cox, Borrego, Beddoes, & Zhu, 2014; Henderson et al., 2011; Matusovich, Paretti, McNair, & Hixson, 2014)
Evitar otros participantes del ecosistema educativo.	(McKenna et al., 2014)
Esperar que el cambio individual ocurra en pasos gigantes.	(Froyd, 2001)
Impactar únicamente las etapas iniciales del proceso de adopción del cambio.	(Borrego, Froyd, & Hall, 2010)
No inducir conocimiento en cómo incrementar o difundir el uso de métodos efectivos de enseñanza.	(Besterfield-Sacre et al., 2014)
Cometer errores en el proceso de diseminación a los potenciales adoptadores. Por ejemplo, enfocarse en una práctica docente única	(Litzinger & Lattuca, 2014)

en lugar de ofrecer una variada gama de prácticas sobre las cuales los profesores puedan escoger.	
---	--

Las anteriores razones sugieren que el éxito en los esfuerzos de cambio depende de la integración de múltiples factores y diferentes acciones de los agentes de cambio. Esta aseveración se complementa con una revisión literaria más detallada respecto a los diferentes factores del sistema académico que afectan el cambio instruccional. Dicha revisión de la literatura en cambio instruccional en educación en ingeniería (y otros campos relacionados en educación superior como la enseñanza de las ciencias básicas) revelan más de 30 diferentes factores que potencialmente pueden impactar la adopción exitosa de RBIS (estrategias docentes basadas en investigación). El lector podrá encontrar más detalles de estos factores en (Hampton & Cruz, 2017).

Estos múltiples factores dan cuenta de la complejidad en la academia; sin embargo, lo tradicional ha sido atender a estos factores pensando en que esa complejidad es derivada de la cantidad de elementos, mas no de su dinámica (Senge, 1990). Es decir, la incidencia y dominancia de estos factores varía con el tiempo y, a su vez, afecta de forma diferente a otros factores dentro del mismo sistema. En particular, la literatura en cambio instruccional intenta explicar algunos de estos factores, los define como barreras o promotores de cambio y provee sugerencias para generar los resultados esperados; sin embargo, dichas sugerencias están limitadas a modelos lineales enfocados a bien reducir ciertas barreras o a incrementar ciertos promotores con el fin de generar los cambios requeridos (Kezar, 2014). En adición, varios de estas estrategias han seguido las ideas de Lewin (1947) o Rogers (2003) que en el largo o mediano plazo, aunque parezcan lógicas, han demostrado no ser eficaces, pues en muchos casos la complejidad dinámica de la academia conlleva que al incrementar algunos promotores se incrementen otras barreras, o que al disminuir ciertas barreras se decremen otros promotores (Senge, 1990; Sterman, 2000). Por ejemplo, se podría pensar un gran promotor de cambio es el incrementar incentivos para los profesores cuyos estudiantes obtengan mejores resultados en los exámenes; sin embargo, esto puede resultar en conductas inapropiadas como que la enseñanza esté orientada casi exclusivamente a los exámenes (Ghaffarzadegan et al., 2016). Este ejemplo es el resultado de una de las características de la naturaleza compleja de la academia: cada acción tiene consecuencias y muchas de estas consecuencias son inesperadas (Sterman, 2000).

Por otra parte, desde una perspectiva de la complejidad, la no linealidad de los sistemas académicos explica que haya factores que pueden ser a la vez promotores e inhibidores del cambio, dependiendo del contexto y el tiempo. Por ejemplo, un factor que parece ser un promotor de cambio: tiempo dedicado a la docencia, podría convertirse en una barrera. Existen evidencias de que al aplicar RBIS en los cursos, potencialmente se reduce el tiempo invertido en docencia (Finelli et al., 2014; Pembridge & Jordan, 2016); pero al principio, cuando el profesor intenta adoptar estas prácticas, el tiempo requerido tiende a incrementarse (Cooper et al., 2000). Es decir, en el corto plazo, el tiempo dedicado a la docencia es una barrera para el cambio instruccional, pero en el largo plazo, puede ser un promotor.

En resumen, la interacción de los numerosos componentes del sistema académico derivan en una complejidad que debe ser entendida usando procesos que tengan en cuenta dichas interrelaciones

(Ghaffarzadegan et al., 2016). Uno de esos procesos que se está convirtiendo en tendencia para analizar cambio organizacional, modelado de problemas, y para el entendimiento de la complejidad dinámicas en iniciativas de cambio, es la creación de modelos de dinámica de sistemas (*System Dynamics Modeling*, SDM por sus siglas en inglés) (Sterman, 2000). Para explicar los efectos de dichas interacciones, SDM usa las relaciones causales particulares entre los componentes del sistema para entender su complejidad dinámica (Forrester, 1993; Sterman, 2000). Cabe anotar que los sistemas complejos no tienen una causa común o raíz; ellos tienen, en su lugar relaciones causa-efecto que no son exclusivas (Sterman, 2000). (es decir, el movimiento de una variable, factor o elemento no se debe a una sola causa, sino a la conjunción de variaciones de múltiples factores, elementos o variables).

Aunque parezca consistente aplicar las lecciones de SDM en el cambio instruccional para acoger la naturaleza compleja de la academia, tener en cuenta la interacción dinámica entre sus componentes, sus fuertes raíces históricas, las agendas ocultas de sus participantes, las luchas de poder, y la distribución desigual entre las expectativas de enseñanza, la investigación y servicio, muy pocos estudios han usado SDM para entender el cambio en la academia. La siguiente sección ilustra el concepto de SDM y su potencial uso en el estudio del cambio instruccional.

3. Modelado de Dinámica de Sistemas (SDM)

El SDM fue desarrollado por Jay Forrester en 1950 en el MIT. Se fundamenta en la teoría de la dinámica no lineal y los controles por realimentación desarrollados en matemática, física e ingeniería; así como también se deriva de la psicología social y cognitiva, la economía y otras ciencias sociales (Forrester, 1993; Sterman, 2000). El SDM se usa para entender las fuentes de la resistencia a las políticas (entiéndase, la oposición a cualquier iniciativa de cambio), diseñar políticas más efectivas, y guiar el proceso de toma de decisiones (Richardson, 2011; Sterman, 2000). Es más, el SDM es un método para mejorar el aprendizaje de los agentes dentro de un sistema complejo (p. ej., entender cómo el comportamiento de los sistemas cambia con respecto al tiempo) y apunta a entender la extensión completa de los ciclos de realimentación que ocurren dentro de los sistemas. Este método, apunta a analizar problemas complejos y catalizar cambio sostenible en las organizaciones.

El SDM se basa en representar el pensamiento causal a través de diagramas de ciclos causales (Causal Loop Diagrams (CLD), por sus siglas en inglés) (Sterman, 2000). Como se mencionó anteriormente, los comportamientos complejos usualmente surgen de las interacciones entre los componentes del sistema en ciclos causales o ciclos de realimentación. Estos ciclos surgen porque cada acción conlleva una consecuencia, la cual conlleva a otra acción que, a su vez, genera otra consecuencia y así sucesivamente hasta que estas relaciones causa-efecto se conectan con la acción original. La dinámica de los sistemas surge de la interacción entre dos tipos de ciclos causales: de refuerzo y de balance o control (Sterman, 2000). Los ciclos de refuerzo son los motores del avance o decaimiento de cualquier cosa que pase en el sistema; mientras que los ciclos de balance son la forma de estabilizarlo (Senge, 1990). Los resultados de los ciclos de refuerzo son tanto crecimiento como decaimiento acelerado, mientras que los resultados de un ciclo de balanceo son la estabilidad y el control (Senge, 1990). Esto significa que los ciclos de refuerzo promueven el cambio, mientras

que los de balanceo se oponen o resisten a dicho cambio. La creación de un SDM contempla varios ciclos de refuerzo y balanceo acoplados.

Las figuras 1ª y 1b ilustran, con un ejemplo dentro del sistema educativo, ambos ciclos causales. Las flechas representan la dirección de las relaciones causales y los signos representan el sentido de la correlación. La figura 1ª cuenta una historia: al incrementar el uso de prácticas docentes innovadoras se incrementa el desempeño de los estudiantes. Cuando dicho desempeño se incrementa, las evaluaciones docentes de final de semestre se mejoran. Si estas evaluaciones mejoran, el sentido de autoconfianza (self-efficacy) de un profesor también se incrementa. Cuando este sentimiento se incrementa, las dudas acerca de la efectividad de la innovación de dicha práctica se disminuyen (ver el signo en la flecha). El resto de la figura puede leerse de la siguiente manera: si las dudas se incrementan, la motivación para adoptar nuevas prácticas decrece; si las dudas disminuyen, la motivación para adoptar el cambio en las prácticas crece. Esto es, incrementar la motivación del profesor conlleva un incremento del uso de nuevas prácticas. Este ciclo de refuerzo crea un círculo virtuoso que cambia cada componente del ciclo. Por otra parte, la figura 1b –que representa un ciclo de balanceo– cuenta otra historia: Si la motivación de un profesor para adoptar nuevas prácticas se incrementa, entonces la motivación de los estudiantes para inscribirse a las clases del profesor también se incrementa. Por tanto, más estudiantes estarán inscritos en las clases de este profesor. Entre más estudiantes en una clase, mayor el trabajo docente; por tanto, el tiempo requerido para este curso se incrementa lo que reduce la motivación del profesor a implementar estos cambios docentes.

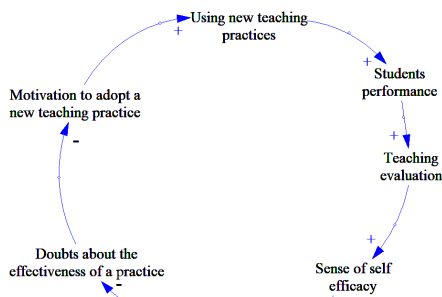


Figura 1a Ciclo de refuerzo

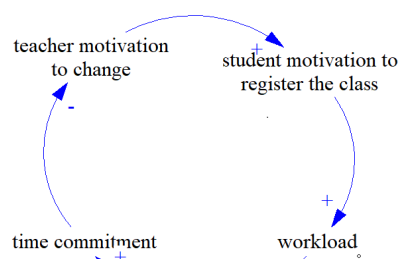


Figura 1b ciclo de balanceo

4. Conclusión

El uso de SDM para analizar el cambio instruccional en la academia promete incrementar las probabilidades de éxito en el largo y corto plazo. No obstante, requiere un cambio de mentalidad en todos los estamentos del sistema. Este cambio de mentalidad ocurre cuando se entiende a la academia como un sistema complejo y se promueve el pensamiento sistémico para atender y solucionar los problemas que en ella acacenen.

Referencias

- Besterfield-Sacre, M., Cox, M. F., Borrego, M., Beddoes, K., & Zhu, J. (2014). Changing engineering education: Views of US faculty, chairs, and deans. *Journal of Engineering Education, 103*(2), 193-219. doi:10.1002/jee.20043
- Borrego, M., Froyd, J. E., & Hall, T. S. (2010). Diffusion of engineering education innovations: A survey of awareness and adoption rates in US engineering departments. *Journal of Engineering Education, 99*(3), 185-207.
- Boyer, E. L. (1990). *Scholarship reconsidered: Priorities of the professoriate*: ERIC.
- Carroll, J. S. (2006). Introduction to organizational analysis: the three lenses. *MIT Sloan School of Management Revised Working Paper, 14*, 1-13.
- Finelli, C. J., Daly, S. R., & Richardson, K. M. (2014). Bridging the Research-to-Practice Gap: Designing an Institutional Change Plan Using Local Evidence. *Journal of Engineering Education, 103*(2), 331-361.
- Forrester, J. W. (1993). System dynamics and the lessons of 35 years. In *A systems-based approach to policymaking* (pp. 199-240): Springer.
- Froyd, J. E. (2001, 2001). *Developing a dissemination plan*. Paper presented at the Proceedings of the ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Reno, NV.
- Ghaffarzadegan, N., Larson, R., & Hawley, J. (2016). Education as a Complex System. *Systems Research and Behavioral Science*.
- Godfrey, E. (2014). Understanding Disciplinary Cultures: The First Step to Cultural Change. In A. Johri & B. M. Olds (Eds.), *Cambridge Handbook of Engineering Education Research* (pp. 437-455). New York, NY: Cambridge University Press.
- Hampton, C. D., & Cruz, J. M. (2017). *The undervalued Pillars of Engineering Education: A Systemic Model of Change in Teaching and Service*. Paper presented at the Poster presented at the Conference of Higher Education Pedagogy, Blacksburg, VA.
- Henderson, C., Beach, A., & Finkelstein, N. (2011). Facilitating change in undergraduate STEM instructional practices: An analytic review of the literature. *Journal of research in science teaching, 48*(8), 952-984.
- Henderson, C., & Dancy, M. (2008). Physics faculty and educational researchers: divergent expectations as barriers to the diffusion of innovations. *American Journal of Physics (Physics Education Research Section), 76*.
- Jamieson, L. H., & Lohmann, J. R. (2009). *Creating a Culture for Scholarly and Systematic Innovation in Engineering Education: Ensuring U.S. Engineering has the right people with the right talent for a global society*. Retrieved from Washington, D.C: American Society of Engineering Education:
- Kezar, A. (2014). *How colleges change: Understanding, leading, and enacting change*: Routledge.
- Kezar, A., Gehrke, S., & Elrod, S. (2015). Implicit theories of change as a barrier to change on college campuses: An examination of STEM reform. *The Review of Higher Education, 38*(4), 479-506.
- Lewin, K. (1947). Group decision and social change. *Readings in social psychology, 3*.
- Litzinger, T., & Lattuca, L. R. (2014). Translating Research to Widespread Practice in Engineering Education. In A. Johri & B. M. Olds (Eds.), *Cambridge Handbook of*

- Engineering Education Research* (pp. 375-391). New York, NY: Cambridge University Press.
- Matusovich, H. M., Paretti, M. C., McNair, L. D., & Hixson, C. (2014). Faculty Motivation: A Gateway to Transforming Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 103(2), 302-330.
 - McKenna, A. F., Froyd, J., & Litzinger, T. (2014). The Complexities of Transforming Engineering Higher Education: Preparing for Next Steps. *Journal of Engineering Education*, 103(2), 188-192. doi:0.1002/jee.20039
 - National Academy of Engineering. (2005). *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Washington, DC: National Academies Press.
 - Richardson, G. P. (2011). Reflections on the foundations of system dynamics. *System Dynamics Review*, 27(3), 219-243.
 - Riley, D. M. (2012, 2012). *Aiding and ABETing: The bankruptcy of outcomes-based education as a change strategy*. Paper presented at the ASEE 2012 Conference.
 - Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. New York, NY: Free Press.
 - Scott, W. R., & Davis, G. F. (2015). *Organizations and organizing: Rational, natural and open systems perspectives*: Routledge.
 - Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*: Crown Pub.
 - Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*.

Sobre los autores

- **Juan M. Cruz**, M.Ed. juan.cruz@javeriana.edu.co. Es profesor asistente de la Universidad Javeriana. candidato a doctor en Engineering Education de Virginia Tech, USA.
- **Jairo A. Hurtado**, Ph. D. jhurtado@javeriana.edu.co Es profesor asociado de la Universidad Javeriana.
- **Eduardo A. Gerlein**, Ph. D. egerlein@javeriana.edu.co. Es profesor asistente del departamento de la Universidad Javeriana y director de laboratorio de electrónica.

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

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)