

## CREATIVIDAD, INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN COLOMBIA. UN ESTUDIO PROSPECTIVO

### *CREATIVITY, INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP IN THE TRAINING OF ENGINEERS IN COLOMBIA. A PROSPECTIVE STUDY*

**David Ovallos Gazabon, Doyreg Maldonado Pérez y Sandra De La Hoz Escorcía**

Universidad de la Costa CUC, Barranquilla (Colombia)

#### Resumen

El avance de la tecnología y sus implicaciones en el crecimiento de la sociedad en todos sus aspectos ha generado en el entorno científico y académico la necesidad de replantear significativamente la forma en que se desarrolla y transfiere conocimiento. Esto ha llevado a que las universidades, y particularmente las facultades y los programas de ingeniería, emprendan actividades que conducen a mejorar sus procesos administrativos y académicos con miras a alcanzar niveles superiores de calidad, razón por la cual se preocupan por formar profesionales altamente capacitados académica, científica y tecnológicamente, y creativos, innovadores y emprendedores. Este proyecto tuvo como objetivo realizar un estudio prospectivo por medio de la metodología Micmac®, para identificar las principales áreas, temas y aspectos de la formación de ingenieros de cara al 2020 en temas de creatividad, innovación y emprendimiento en Colombia. En el estudio se presenta un análisis de los principales aspectos de las universidades y su entorno y se plantean estrategias que los expertos consideraron fundamentales para la formación de ingenieros a 2020.

**Palabras claves:** creatividad, innovación, emprendimiento, formación de ingenieros, universidad, prospectiva.

#### Abstract

The development of technology and its implications in the society growth, has generated in scientific and academic environment the need to significantly rethink the way to develop and transfer knowledge, this has led to the universities and particularly the engineering programs to develop activities leading to improve their administrative and academics processes in order to achieve higher levels of quality in his engineering educational processes. Universities are concerned to form professionals highly at level trained academic, scientific and technological, but not only that, creative, innovative and entrepreneurial.

This article aimed to carry out a prospective study, through the MICMAC® methodology to identify major areas, themes and aspects of engineering education to 2020 from issues of Creativity, Innovation and Entrepreneurship in Colombia. The study analyzes the main aspects of the Universities and their environment is presented and strategies that the experts considered as essential for the formation of engineers at 2020

**Keywords:** creativity, innovation, entrepreneurship, engineering education, university, prospective.

## Introducción

La literatura señala el papel esencial que desempeña la universidad en los procesos de transformación de la sociedad, debido a que es una institución social y escenario público y natural para el avance del conocimiento que modifica y transforma las dinámicas socioeconómicas. Autores como Newman, Ortega y Gasset y Jaspers coinciden, a pesar de algunas diferencias, al señalar a la universidad como el lugar donde se realiza el conocimiento universal, tal como lo señala Luque (1995). Por otra parte, autores como Larraguivel (2010) señalan que la ingeniería ha experimentado cambios acelerados en sus prácticas, contenidos y presencia social y destaca el papel de ésta como una profesión muy ligada al desenvolvimiento histórico de las sociedades, particularmente en los últimos siglos. La formación de ingenieros no es ajena a esta realidad; Valencia (2012) señala que a partir del inicio de la era digital las universidades y academias de ingeniería, conjuntamente con asociaciones de ingeniería, han asumido la tarea de replantear los procesos de formación de ingenieros.

En este sentido son relevantes los aportes de entidades como la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos, que en 2008, luego de procesos de concertación, planteó una serie de retos para la ingeniería del siglo XXI. Así mismo lo hizo ACOFI en otro ejercicio de reflexión orientado a la formación de ingenieros en Colombia. El trabajo de Valencia (2012), que considera tendencias o retos de la ingeniería globalmente aceptados por la comunidad internacional, destaca los siguientes: búsqueda de nuevas tecnologías; diseño y producción de máquinas más precisas, eficientes y económicas, que minimicen el consumo de materiales y energía; desarrollo de sistemas telemáticos de información eficientes, seguros y económicos; desarrollo económico y efectivo de sistemas electrónicos de control y operación; menor dependencia de la mano de obra; energías renovables

y sostenibilidad ambiental; conocimiento, desarrollo y producción de nuevos materiales, y sistemas de medición más precisos, sencillos y accesibles a la sociedad.

Autores como Litzinger (2011) indican que el ritmo acelerado del cambio en la ciencia y la ingeniería debido a los avances de la tecnología y de los retos y tendencias identificadas que se plantean, hacen que se requiera de altos niveles de ingenio y adaptabilidad para complementar un fuerte conocimiento del dominio y la excelencia técnica en el aprendizaje. Estas capacidades se conocen en la literatura como experiencia adaptativa (AE). Tales procesos de transformación en la formación de ingenieros implican el desarrollo de un amplio conjunto de acciones que se llevan a cabo de manera conjunta para renovar el proceso, entre las que habría que destacar las que señalan autores como Larraguivel (2010), Case (2011) y Koro-Ljungberg (2008): generación y uso de nuevas metodologías o técnicas de enseñanza, políticas educativas y mecanismos destinados al fortalecimiento de la educación tecnológica y científica, creación de un mayor número de instituciones tecnológicas, distintas modalidades de educación tecnológica en todos los niveles de formación, fomento de la vinculación universidad-empresa, programas de acreditación nacional e internacional de las carreras de ingeniería, entre otros. A partir de estas apreciaciones, se presentan los resultados de un ejercicio prospectivo sobre la formación de ingenieros desde la perspectiva de las nuevas metodologías, especialmente vinculadas a temas relacionados con creatividad, innovación y emprendimiento.

## Metodología

Para la realización del proyecto se propuso una metodología de investigación estructurada en dos fases: la primera explica el contexto de estudio, es

decir, la formación de ingenieros desde aspectos de creatividad, innovación y emprendimiento y está conformada por las etapas de conceptualización y diagnóstico mediante el análisis de elementos del entorno y del sistema de estudio y de la revisión del estado del arte; la segunda consiste en el desarrollo de un análisis prospectivo basado en las herramientas determinadas por Godet (1995) para el sistema de estudio. Esta fase incluye la relación de las variables con un análisis estructural, a partir del cual se generan escenarios y se plantean lineamientos de estrategias.

### Revisión del estado del arte

El proceso de formación de ingenieros, en especial su metodología, ha tenido gran importancia en la literatura especializada en el tema. Autores como Borrego, Douglas & Amelink (2009); Koro-Ljungberg & Douglas (2008); Olds, Moskal & Miller (2005), entre otros, han analizado varias metodologías empleadas en el proceso de formación de ingenieros, pasando por investigación experimental y descriptiva, metodologías cualitativas y cuantitativas y mixtas. Algunas de las conclusiones de estos estudios están relacionadas con aspectos de “tradición” al señalar que los educadores en ingeniería (especialmente los de mayor edad) no tienen bases de formación en metodologías cualitativas, y por ende, no están familiarizados con otras. El trabajo de Case (2011) realiza una revisión de metodologías “prometedoras” en la enseñanza de la ingeniería, y destaca los estudios de caso, la teoría fundamentada, la etnografía, la investigación acción, la fenomenografía, el análisis del discurso y el análisis narrativo. La autora señala que abordar la enseñanza de la ingeniería por medio de metodologías emergentes puede ampliar el tipo de preguntas de investigación que se aborden en la enseñanza de ingeniería.

Algunos autores como Péter-Szarka (2012) plantean que el concepto de creatividad ha sido objeto de estudio por parte de la comunidad académica desde 1950. Señalan que estas teorías se centran en las características individuales y personales de la creatividad y demuestran la pertinencia de ésta como factor de desarrollo de las habilidades de los estudiantes. Otros estudios abordan el tema desde las competencias del docente. En ese sentido, el trabajo

de Babicka, Dudek, Makiewicz y Perzycka (2010) indican la necesidad de potenciar las capacidades innovadoras y creativas de los docentes, especialmente en aspectos relacionados con el entendimiento de la enseñanza como acción creativa, el conocimiento de las oportunidades y límites seguros en hacer cambios creativos en el trabajo, la habilidad para crear y transformar elementos de las clases, el entendimiento de las entidades educativas y tener la habilidad de actuar para incrementar su autonomía, las habilidades de pensamiento crítico y de investigar en su propia práctica. En este mismo sentido, el trabajo de Martínez (2012) muestra el contexto actual de las exigencias o requerimientos en el contexto europeo. La sociedad demanda la necesidad de formar estudiantes capaces de aprender a aprender, innovar, generar productos y respuestas eficaces. El autor señala el interés por crear una educación universitaria innovadora que fomente actividades docentes de calidad y forme a los estudiantes en competencias, y tomarlas como el eje vertebrador en la formación universitaria. ude acuerdo : a comunicaciÉstas son algunas de las líneas que se están siguiendo en todas las universidades en Europa.

Reyes (2003) presenta una visión acerca del cambio de paradigma de los docentes frente a la metodología utilizada en sus enseñanzas, planteando la necesidad de utilizar estrategias creativas que contrasten con las tradicionales a fin de lograr una mayor motivación en los alumnos. Señala que en la enseñanza de las ciencias básicas es necesario combinar las habituales clases magistrales con otros tipos de estrategias innovadoras de tal manera que el proceso de aprendizaje resulte más estimulante. Por su parte, Sancén (2013) señala la necesidad de reconstruir la universidad, dado el dinamismo que muestran la ciencia y la sociedad. En este sentido y, de acuerdo con lo planteado por Martínez (2012) y Babicka, Dudek, Makiewicz y Perzycka (2010) entre otros, plantean una universidad que rescata y favorece la creatividad en sus estudiantes y a través de la interacción creativa del hombre con su entorno físico y social difunde una conciencia de responsabilidad hacia el futuro.

Las teorías asociadas al emprendimiento y la innovación datan de los últimos años del siglo XIX, con Schumpeter como su principal representante, según lo presenta Camacho (2007). Sin embargo, con respecto al tema del emprendimiento, Rodríguez

& Jiménez (2007) hacen un estudio y análisis del espíritu empresarial, desde varios enfoques, entre los que se destaca el enfoque clásico, en el cual si bien se trataba el tema del emprendedor, no existió un consenso sobre sus características, mientras que el enfoque neoclásico define ciertas características comunes en el emprendedor. El emprendimiento tiene un impacto directo en el progreso socioeconómico de cualquier comunidad, el cual ha sido analizado por diversos autores y entidades a escala mundial tales como el Global Entrepreneurship Monitor (GEM), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Unión Europea (UE), sólo por mencionar algunos. Estos estudios y análisis han permitido que las universidades replanteen su papel de acuerdo con sus funciones clásicas, tales como la formación del recurso humano y la difusión del conocimiento, pasando a ser entes dinamizadores de la actividad empresarial mediante el fomento y el desarrollo de iniciativas empresariales, debido a que la formación en competencias emprendedoras en el ámbito universitario potencia el desarrollo de iniciativas productivas intensivas en conocimiento y generalmente innovadoras, lo cual se considera la base de generación de empleo de calidad a largo plazo (Ripollé, 2011).

La universidad emprendedora se entiende como una organización flexible que interactúa con su entorno social y económico y se adapta a los cambios y busca recursos adicionales para el financiamiento (Romo, Quevedo & Herrera, 2013). De igual manera, el autor señala que para ser reconocida como universidad emprendedora, se requiere de una fase de transformación no sólo en cuanto a objetivos y estrategias de la universidad, sino en su propio comportamiento y cultura, a escala institucional y personal. La literatura señala el emprendimiento universitario como aquel que aprovecha el ecosistema en el cual se desarrolla la universidad para ser exitoso al conjugar: i) institucionalidad y respeto de la sociedad hacia la universidad, ii) apalancado en el conocimiento que se genera y adapta en las aulas y grupos de investigación, pero sobre todo, iii) acelerado por la interacción social que se da desde y al interior de la universidad, iv) genera nuevas empresas que responden a los retos económicos, ambientales y sociales que ofrecen las oportunidades del mercado.

## La formación de ingenieros en Colombia

La literatura especializada en el área científica y en los informes de organismos de tipo internacional coinciden en señalar que la ingeniería se encuentra en crisis (*Time Magazine*, 1952; Weir, 1952; Noeth et al., 2003; Monastersky, 2004; Benioff y Lazowska, 2005; Article, 2005; Matthews, 2005; Jackson, 2007; NAE, 2008; Sevo, 2009; Unesco, 2010; Serna y Serna, 2013), y Colombia no es ajena a esa situación (Aldana, 1999; Valencia, 2010; Giraldo y Páez, 2010; Ulloa, 2010; Cañón y Salazar, 2011; Serna y Serna, 2014). Esto es preocupante para el país, porque debido a los tratados de libre comercio (TLC) y a las iniciativas de apertura para el ingreso de industrias extranjeras, se requiere suficiente recurso humano formado adecuadamente para responder a esos desafíos (Serna y Serna, 2014).

En Colombia el proceso de formación de ingenieros se enfrenta a problemas relacionados con el nivel educativo de los docentes, altas tasas de repitencia de cursos en ciencias básicas, abandono escolar y bajo nivel de interés de bachilleres en el estudio de la ingeniería. El número de docentes universitarios con título de doctorado sigue siendo extremadamente bajo: 4,4 por ciento en 2005 y 4,8 en 2010 (Peña, 2011; Brunner, 2011). Por otra parte, las escuelas que forman ingenieros en Colombia no son homogéneas. Existen universidades de alta calidad y con buena reputación a escala nacional e internacional, pero también las hay de “garaje”, tal como lo señala Misas (2004), generalmente de bajos costos y que por razones de mercado desplazan a las de mejor calidad (Pérez Quevedo et al., 2011). El proceso de maduración del Consejo Nacional de Acreditación garantiza unos mínimos en los porcentajes de las áreas de formación en ciencias básicas, ciencias básicas de ingeniería, ingeniería aplicada y formación complementaria. Este proceso también ha madurado el de acreditación de alta calidad. La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) también hace importantes esfuerzos para mejorar la formación de los ingenieros, principalmente con la elaboración de pruebas intermedias (EXIM) y colaborándole al Ministerio de Educación Nacional en la construcción de las pruebas de final de carrera (Saber PRO).

Serna y Serna (2014) presentan los resultados de una investigación acerca del estado de la formación en ingeniería, que se realizó con el objetivo de analizar, comprender y divulgar las causas de la situación actual de esta área del conocimiento. Señalan que la industria parece no tener claro el perfil, las habilidades, las destrezas, las capacidades y los roles que pueden desempeñar los ingenieros. Además, que los procesos formativos que las universidades estructuran y aplican en esta área de formación no los capacitan adecuadamente para afrontar la vida laboral. Algunos afirman que los valoran como técnicos, las funciones asignadas no corresponden con el título, se presume un conocimiento para el cual no se está formado, confunden el título, entre otras.

Otra cuestión que llama la atención en estas respuestas es la relacionada con los salarios, porque los ingenieros cruzan esta variable con los de mucha oferta y poca demanda, y con la competencia extranjera, en el sentido de que los empresarios están dispuestos a pagar mejores salarios a los ingenieros que llegan de otros países, aunque sus capacidades no sean superiores a las que ellos han adquirido. Esto tiene relación directa con lo expuesto por Serna y Serna (2013) en los resultados de su investigación, en el sentido de que la crisis de la ingeniería en el mundo se debe principalmente a los procesos formativos. Por lo tanto, se puede concluir que los extranjeros también tienen una preparación inadecuada. La información recolectada refleja la inconformidad de los ingenieros con su profesión, aunque algunos comentan que ésta es su pasión y que la estudian porque recibieron una adecuada orientación antes de ingresar a la universidad, pero que el medio no les brinda el apoyo suficiente (Serna y Serna, 2014).

## Estudio prospectivo

### *Identificación del sistema de estudio*

El sistema objeto de estudio de la presente investigación está constituido por el proceso de formación de ingenieros en Colombia. Este sistema está compuesto por instituciones de control de la profesión, instituciones de educación superior, empresas públicas y privadas donde se desempeñan los profesionales, profesionales independientes, docentes y estudiantes de ingeniería. El ejercicio se realiza con un horizonte de cinco años, es decir, se proyecta a 2020 a fin de considerar algunos aspectos identificados por estudios desarrollados por entidades como ACOFI.

### *Análisis estructural*

Mediante la utilización de matrices y gráficos de relación, se trató de interconectar todas las variables en estudio para detectar aquellas claves que ejercen mayor influencia sobre las restantes. Como resultado se obtiene un modelo preliminar que da información acerca de las relaciones de motricidad y dependencia entre las principales variables del modelo. El análisis estructural se compone de cuatro actividades definidas: 1) Determinación de factores exógenos y endógenos; 2) Determinación de la lista de variables; 3) Puesta en relación de las variables y 4) Clasificación y análisis de las variables claves.

### *Determinación de factores endógenos y exógenos*

Esta parte se llevó a cabo mediante el desarrollo de un análisis DOFA o FODA, con el cual se identifican los factores que inciden positiva o negativamente en la formación de ingenieros en Colombia. A partir de ellos se determinaron las variables que modelan el sistema en estudio (tabla 1).

**Tabla 1.** Matriz DOFA para el sistema de estudio.

Debilidades	Oportunidades
Problemas de concepción y calidad en currículos, pedagogía, laboratorios, instalaciones y gestión.	Nuevas metodologías relacionadas con creatividad, innovación y emprendimiento.
Creatividad, innovación y emprendimiento vistos como asignaturas electivas y no como parte del proceso de formación.	Identificación de los retos en la formación de ingenieros.
Formación del ingeniero orientada a la resolución de problemas “de manera creativa”, aunque en el proceso no se promueve esa creatividad.	Potencial de crecimiento de muchos sectores de la economía.

Debilidades	Oportunidades
Desconocimiento de técnicas/metodologías de trabajo orientadas a la creatividad, innovación y emprendimiento	Mejora del pènsum acadèmico.
Programas desactualizados y poco pertinentes para el paìs, considerando las necesidades de èste y la competitividad mundial.	Fortalecimiento del acompa±amiento en programas de formaci3n por parte de entidades como ACOFI.
Desarticulaci3n con el sector empresarial.	Trabajo conjunto con entidades pares a escala internacional para el desarrollo de actividades, reuniones y planes de acci3n con el prop3sito de promover acuerdos de reconocimiento y homologaci3n.
Fortalezas	Amenazas
Personal en proceso de formaci3n de alto nivel.	Retraso de sectores de la economìa debido al desarrollo tecnol3gico a escala mundial.
Buena oferta de programas de formaci3n tanto pùblicas como privadas.	Desactualizaci3n tecnol3gica respecto de tecnologìas emergentes.
Docentes con experiencia en el ejercicio profesional de la ingenierìa.	Ocupaci3n de plazas laborales de ingenieros extranjeros al paìs.
Formaci3n e investigaci3n continua de los profesionales.	Fuga de cerebros, personal en formaci3n de alto nivel que no retorna al paìs.
Visi3n de calidad, pertinencia y responsabilidad frente a nuevos temas.	Desactualizaci3n de los ingenieros, no renovaci3n de conocimientos (licencia de por vida frente a renovaciones peri3dicas).
Reconocimiento de la profesi3n	Los3rganos de control de la ingenierìa en Colombia no realizan labores suficientes para asegurar eficacia y calidad de los profesionales.

Fuente: elaboraci3n propia.

### *Determinaci3n del listado de variables*

Con base en la determinaci3n de los factores ex3genos y end3genos se construy3 una lista definitiva de 23

variables a partir de las cuales se obtuvo la matriz base del anàlisis estructural. Teniendo en cuenta el juicio de expertos, la lista de las variables se describe en la tabla 2.

Tabla 2. Listado de variables internas y externas.

Variables internas		
N.º	Descripci3n	Codificaci3n
1	Problemas de concepci3n y calidad en currìculos, pedagogìa, laboratorios, instalaciones y gesti3n.	PROBCC
2	Creatividad, innovaci3n y emprendimiento vistos como asignaturas electivas y no como elementos claves en el proceso de formaci3n de ingenieros.	CIEELECT
3	La formaci3n del ingeniero se orienta a la resoluci3n de problemas “de manera creativa”. Sin embargo, esta creatividad no se promueve en el proceso.	PFNOCR

Variables internas		
N.º	Descripción	Codificación
4	Desconocimiento de técnicas/metodologías de trabajo orientadas a la creatividad, innovación y emprendimiento.	DESCNMT
5	Programas desactualizados y poco pertinentes con las necesidades del país y de la competitividad mundial.	PFDESAC
6	Desarticulación con el sector empresarial.	DESSECEM
7	Personal en proceso de formación de alto nivel.	FORMANIV
8	Buena oferta de programas de formación tanto públicas como privadas.	BOFERTPF
9	Docentes con experiencia en el ejercicio profesional de la ingeniería.	DOCEXP
10	Formación e investigación continua.	FINVCONT
11	Visión de calidad, pertinencia y responsabilidad frente a nuevos temas.	VCALPERT
12	Reconocimiento de la profesión.	RECPROF
Variables externas		
N.º	Descripción	Codificación
13	Nuevas metodologías relacionadas con creatividad, innovación y emprendimiento.	NMCIEMP
14	Identificación de retos en la formación de ingenieros.	RETIDENT
15	Potencial de crecimiento de muchos sectores de la economía.	POTCRECSE
16	Mejora de pénsum académico.	MEJPACAD
17	Fortalecimiento del acompañamiento en programas de formación por parte de entidades como ACOFI.	FORTACOMP
18	Trabajo conjunto con entidades pares a escala internacional para el desarrollo de actividades, reuniones y planes de acción para promover acuerdos de reconocimiento y homologación.	ACRECHOM
19	Desactualización tecnológica con respecto a tecnologías emergentes.	DESTECHTE
20	Llegada de ingenieros extranjeros al país.	INGEXTR
21	Fuga de cerebros, personal en formación de alto nivel que no retorna al país.	FUGCEREB
22	Desactualización de ingenieros, no renovación de conocimientos (licencia de por vida frente a renovaciones periódicas).	DESINGNRC
23	Los órganos de control de la ingeniería en Colombia no realizan labores suficientes para asegurar eficacia y calidad de los profesionales.	DEFSEGP

Fuente: elaboración propia.

### *Puesta en relación de las variables*

Una vez elaborada la lista de variables se desarrolló un cuadro de doble entrada denominado matriz relacional, en el cual se determinó la motricidad y dependencia que tienen las variables

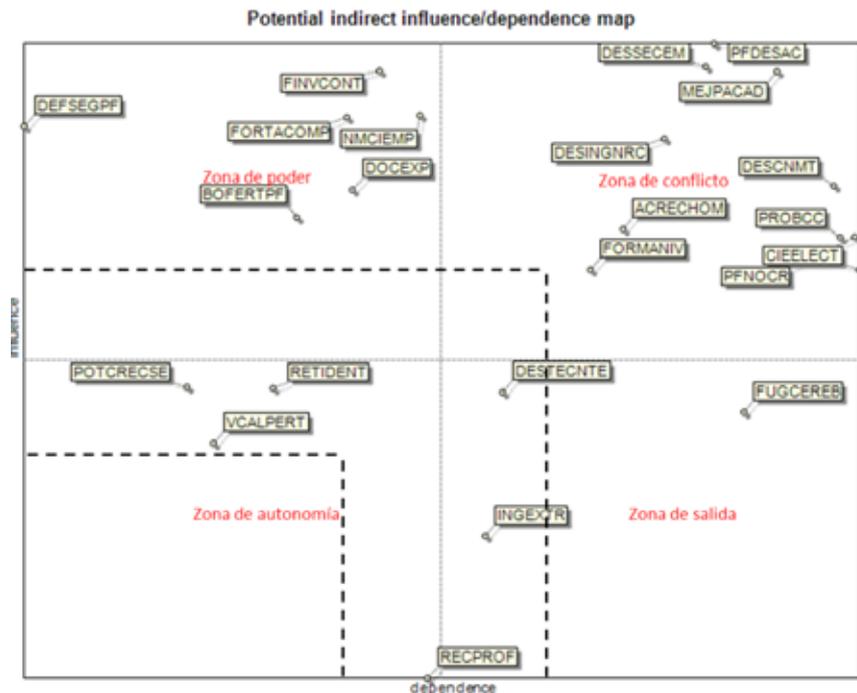
entre sí. Para determinar el grado de motricidad y dependencia de las variables de estudio, el grupo de expertos calificó las características o factores de cambio tomando como base la intensidad de la relación de las mismas entre fuerte, moderada, débil y nula.

### Clasificación de variables

Como resultado del *análisis estructural* se obtuvo una clasificación directa de las variables que caracterizan el sistema de estudio, lo cual facilitó la conformación

de grupos teniendo en cuenta el comportamiento de las mismas. La matriz de relaciones se procesa en el *software* MICMAC®<sup>1</sup> y permite generar un mapa de influencia dependencia basada en las relaciones entre variables. Ver gráfico 1. Plano de motricidad-dependencia.

Gráfico 1. Plano de motricidad-dependencia.



Fuente: Salida del software MICMAC®

- **Zona de poder:** formada por las variables motrices (muy motrices y poco dependientes). Son las variables explicativas que condicionan el resto del sistema.
- **Zona de conflicto:** formada por las variables de enlace (muy motrices y dependientes). Toda actuación sobre estas variables repercutirá en las otras y una retroalimentación de ellas mismas que amplifica o desactiva el impulso inicial.
- **Zona de salida:** formada por las variables resultantes (poco motrices y muy dependientes). Son aquellas cuya evolución se explica por las variables de las zonas anteriormente explicadas.
- **Zona de autonomía:** formada por las variables autónomas (poco motrices y poco dependientes).

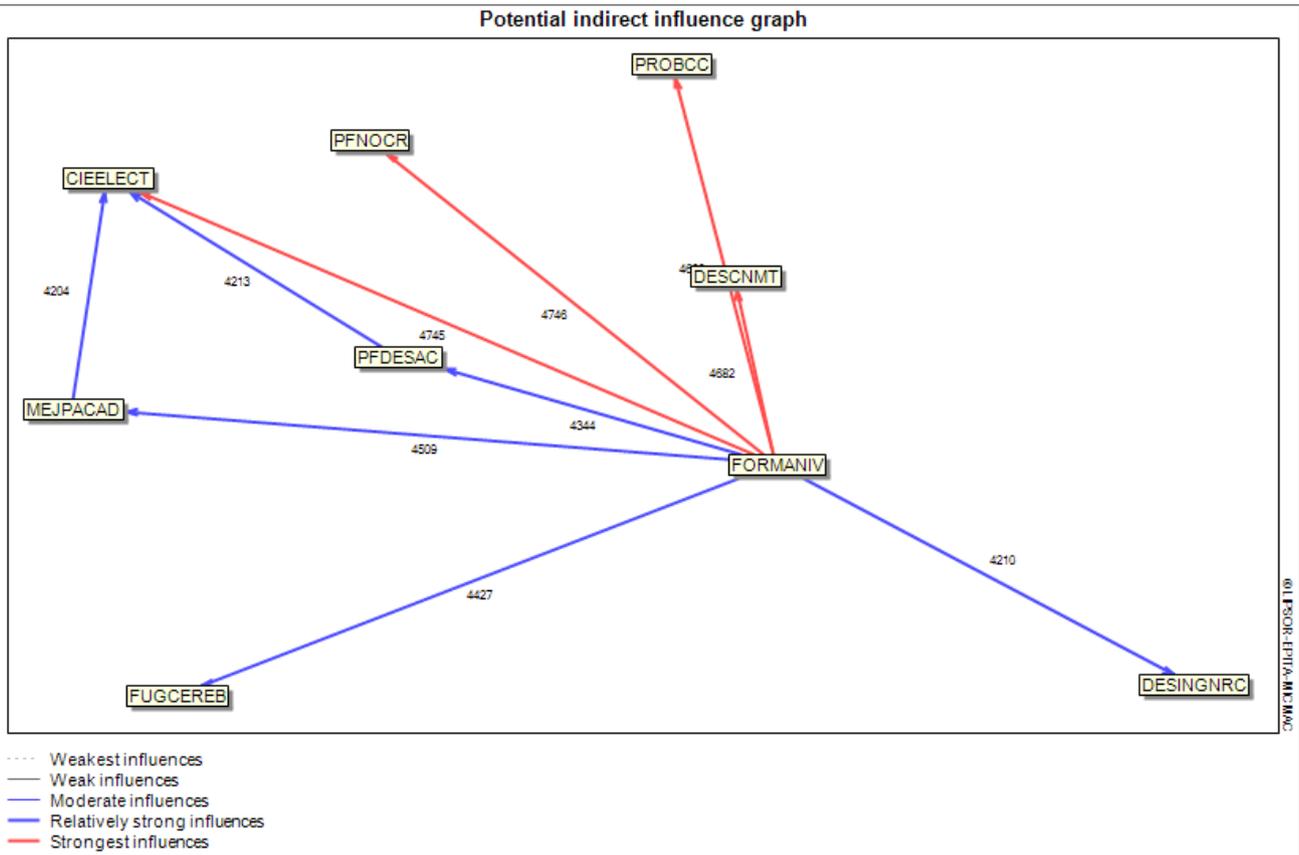
Poseen gran inercia y son factores relativamente desconectados del sistema con el que mantienen muy poca relación.

### Selección y análisis de variables clave

La complejidad del sistema se redujo mediante la utilización del método MIC-MAC®, que permitió identificar aquellas variables más motrices y más dependientes mediante una clasificación directa e indirecta. Para revelar las variables ocultas que algunas veces ejercen o reciben un fuerte dominio sobre un problema estudiado se realiza el análisis de influencias indirectas. Ver gráfico 2: Relaciones entre las variables más motrices y más dependientes.

<sup>1</sup> <http://es.lapropective.fr/>

Gráfico 2. Relaciones entre las variables más motrices y más dependientes.



Fuente: salida del *software* MICMAC®. (Los valores indican la magnitud de la influencia).

Al efectuar el gráfico de relaciones se observa que el 2 % de aquellas consideradas más importantes puede modelar el sistema de análisis, por lo cual se definen como variables claves las siguientes (tabla 3):

Tabla 3. Variables claves

No.	Descripción	Codificación
1	Problemas de concepción y calidad en currículos, pedagogía, laboratorios, instalaciones y gestión.	PROBCC
2	Creatividad, innovación y emprendimiento vistos como asignaturas electivas y no como parte del proceso de formación.	CIEELECT
3	La formación del ingeniero se orienta a la resolución de problemas “de manera creativa”; sin embargo, dicha creatividad no se promueve en el proceso.	PFNOCR
4	Desconocimiento de técnicas/metodologías de trabajo orientadas a la creatividad, innovación y emprendimiento.	DESCNMT
5	Programas desactualizados y poco pertinentes con las necesidades del país y de la competitividad mundial.	PFDESAC
6	Personal docente en proceso de formación de alto nivel.	FORMANIV
7	Mejora del pènsun académico.	MEJPACAD
8	Desactualización de los ingenieros, no renovación de conocimientos (licencia de por vida frente a renovaciones periódicas).	DESINGNRC
9	Fuga de cerebros, personal en formación de alto nivel que no retorna al país.	FUGCEREB

Fuente: elaboración propia

### **Generación de escenarios**

Por medio del análisis de las relaciones entre las variables, es posible generar escenarios teniendo en cuenta las tendencias analizadas para cada variable y su participación en la dinámica del sistema en estudio. A partir de esto se presentan tres (3) escenarios que se construyen con el método de prospectiva Meyep, empleado en diversos trabajos con buenos resultados (García, 2010).

- **Escenario positivo:** para el año 2020 las instituciones de educación superior (IES) potencian la transformación de los procesos de formación en ingeniería de manera creciente y acelerada mediante la incorporación de metodologías basadas en creatividad, emprendimiento e innovación. Esto se logró a partir de la inserción de sus docentes en programas de formación de alto nivel (maestrías y doctorados) que le permitió aumentar sus competencias cognitivas y prácticas en estas áreas. Las IES incorporan de manera transversal en las asignaturas de los programas académicos, procesos articulados con estas metodologías para contribuir al desarrollo del pensamiento crítico y divergente en los estudiantes. Existe una fuerte relación entre el sector empresarial y las universidades en cuanto a la orientación de los programas en áreas acordes a sus necesidades. La formación del ingeniero se desarrolla de manera que se fomentan capacidades críticas y de creatividad que los hacen abordar las problemáticas reales desde diversas perspectivas, lo que genera un amplio rango de posibilidades de solución.
- **Escenario tendencial:** en el año 2020 sólo algunas instituciones de educación superior en Colombia han adoptado esquemas de formación de ingenieros en los que se fomenta el desarrollo de capacidades de creatividad, innovación y emprendimiento, considerándolas no como materias electivas sino como parte estructural de los currículos de formación de manera transversal y activa a lo largo de todo el proceso. De igual forma, un reducido grupo de universidades promueve en su planta docente procesos de formación de alto nivel (maestrías y doctorados) en los que adquieran las habilidades cognitivas y prácticas en metodologías asociadas al fomento de la creatividad, la innovación y el emprendimiento y de manera paulatina y mediante

un proceso estructurado las incorporen en los procesos de formación en ingeniería. El grueso de universidades del país no ha abordado este tipo de esquemas de formación.

- **Escenario pesimista:** para el año 2020 las instituciones de educación superior en Colombia no fomentarán ni promoverán en su planta docente la formación de alto nivel (maestrías y doctorados) en metodologías asociadas al fomento de la creatividad, la innovación y el emprendimiento; por ende, no se dará ningún cambio ni actualización en los programas de formación de ingenieros. A la vez, no habrá procesos definidos para incorporar este tipo de metodología en la transferencia de conocimiento hacia los estudiantes. En este contexto se presenta un claro distanciamiento entre la universidad y el sector empresarial, lo que ocasiona que este último busque en el exterior la mano de obra especializada que requiere y se genere mayor nivel de desempleo para los profesionales de la ingeniería recién egresados.

### **Diseño de estrategias**

Después de haber recolectado la información necesaria de los escenarios probables para la formación de ingenieros en Colombia con técnicas o metodologías que fomenten la creatividad, innovación y emprendimiento, el conocimiento generado compromete a todos los actores sociales que estuvieron inmersos en el ejercicio del estudio del futuro, para emprender las acciones y desarrollar las estrategias que conduzcan al escenario deseado, que en este caso de estudio es el escenario positivo. Por esto la importancia de la globalización económica, informática y cultural y la revolución de la inteligencia son fenómenos cuyos efectos constituyen transformaciones significativas y en particular un abanico de retos y oportunidades que se pueden convertir en ventajas competitivas para el sistema de estudio.

Si se considera que los cambios que suceden hoy en día no son evolutivos sino más bien rupturas con las tendencias del pasado, se observa que la planificación tradicional basada en la previsión y pronóstico inmediateista carece de sentido. Se requiere desarrollar procesos que capaciten a la comunidad para enfrentar los imprevistos, que los ejerciten en identificar correctamente los problemas

y las soluciones más apropiadas y que les permitan construir propósitos alcanzables en un horizonte de planeación más extenso. Estos propósitos son los que inspiran el desarrollo de estrategias para llegar a los escenarios planteados. Las estrategias se exponen en tres ámbitos que impactarán las debilidades identificadas en la matriz DOFA y contemplarán el escenario prospectivo positivo propuesto para el año 2020:

**1. Orientada a la formación de docentes:** las IES deberán concentrar sus esfuerzos en promover la

formación de alto nivel de sus docentes (maestrías y doctorados) en áreas relacionadas con la innovación, el emprendimiento y la creatividad. De tal manera que potencien la generación de metodologías propias o ajustadas al contexto de cada IES, que puedan ser transferidas en un proceso orientado a los estudiantes de ingeniería. En la actualidad, nacional e internacionalmente es posible identificar una amplia oferta en formación de alto nivel (maestrías y doctorados) relacionados con las áreas del conocimiento de innovación y emprendimiento.

Tabla 4. Oferta de programa de maestrías y doctorados en el área de innovación y emprendimiento a escala nacional

Programa	Universidad	Ciudad
Maestría en Gestión de la Innovación	Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB)	Cartagena de Indias, Bolívar
Maestría en Gerencia de la Innovación Empresarial	Universidad del Externado de Colombia	Bogotá, D.C.
Maestría en Administración de Empresas e Innovación	Universidad Simón Bolívar,(USB)	Barranquilla, Atlántico
Maestría en Gestión de la Innovación Empresarial	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla, Atlántico
Maestría en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento	Universidad de Antioquia	Medellín, Antioquia
Doctorado en Gestión de la Tecnología y la Innovación	Universidad Pontificia Bolivariana (UPB)	Medellín, Antioquia

En el panorama internacional se destacan los programas que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Oferta de programas de maestría y doctorado en el área de innovación y emprendimiento a escala internacional

Programa	Universidad	Ciudad/País
Maestría en Gestión de la Innovación	Rotterdam School of Management de la Universidad Erasmus	Rotterdam (Holanda)
Maestría de Gestión de la Tecnología y la Innovación	Emlyon Business School	Lyon (Francia)
Maestría en Innovación	Universidad Adolfo Ibáñez	Santiago (Chile)
Maestría en Gestión de Tecnología e Innovación	Universidad París-Dauphine	París (Francia)
MBA en Gestión de la Innovación	State University of Management	Moscú (Rusia)
Maestría en Gestión de la Innovación Tecnológica	Toulouse Business School	Toulouse (Francia)
Maestría en Gestión de Tecnología e Innovación	Grenoble École de Management	Grenoble (Francia)
MBA en Tecnología y Gestión de la Innovación	Universidad Nacional de Chengchi	Taipei, (China)

Programa	Universidad	Ciudad/País
Maestría en Economía y Administración de Empresas - Gestión de la Innovación	Universidad de Aarhus	Aarhus (Dinamarca)
Master in Business Innovation (MBI)	Deusto Business School	Bilbao (España)
Doctorado en Competitividad Empresarial y Territorial, Innovación y Sostenibilidad	Universidad Pontificia Comillas	Madrid (España)
Doctorado en Innovación en el Mundo	Universidad de Occidente	México
Master y doctorado en Investigación e Innovación en Contextos Educativos	Universidad de Cantabria	España

Autores como Douglas y Ramallo (2014) señalan que en distintas universidades del mundo, como la de Pensilvania-Wharton (Estados Unidos), la Facultad de Económicas y Empresariales de la Universidad de Navarra (España) y la Universidad de los Andes (Colombia), se emplean juegos gerenciales para afianzar áreas como economía, marketing, recursos humanos o Finanzas. También señalan que las ventajas de aplicar los juegos en la enseñanza se ven reflejadas en que los estudiantes logran comprender las tareas por desarrollar, retroalimentan las decisiones tomadas, “aprenden haciendo”, incrementan la velocidad de aprendizaje, mejoran la retención y memorización de conceptos y favorecen la comunicación grupal, el debate y la toma de decisiones.

**2. Orientada a la transferencia y apropiación de metodologías:** las IES deben propiciar la inclusión en los currículos académicos de los programas de ingeniería en Colombia mediante asignaturas o cátedras que promuevan la transferencia de conocimiento de estas metodologías y herramientas de creatividad, innovación y emprendimiento, y a la vez se apropien de ellas haciendo uso de escenarios lúdicos. En la actualidad existen metodologías y técnicas específicas para el fomento de la creatividad, la innovación y el emprendimiento. En la tabla 6 se mencionan algunas que sirven de referentes para el desarrollo de la segunda estrategia.

Tabla 6. Metodologías para el fomento de la creatividad, la innovación y el emprendimiento

Nombre de la metodología	Área de conocimiento	Descripción	Autor	Año de publicación
Bussines Model Canvas©	Emprendimiento	Herramienta de gestión estratégica y empresarial que permite describir, diseñar, desafiar, inventar, y pivotear su modelo de negocio.	Alex Osterwalder	2010
Wake Up Brain©	Innovación y Creatividad	Conjunto de herramientas y actividades que llevan a encontrar conceptos innovadores de alto potencial, usando una aproximación de pensamiento ambidiestro.	Guillermo Solano	2012
Gamestorming©	Innovación y Creatividad	Metodología basada en una serie de juegos para potenciar la gestión de la innovación en las organizaciones.	David Gris	2010
Lego Serious Play©	Innovación y Creatividad	Metodología que diseña competencias que permitan innovar y mejorar el desempeño del personal de las organizaciones.	Play And Build®	2012
Creative Problem Solving (CPS)	Innovación y Creatividad	Herramienta que ayuda a los profesionales a redefinir los problemas que se encuentran, generar ideas rompedoras y llevarlas a la acción.	Alex Osborn y Sidney Parnes	1954

**Orientada a la creación de un laboratorio de creatividad, innovación y emprendimiento:** las IES deberán velar por la construcción de un espacio lúdico en el que se potencien la transferencia y la apropiación de estas metodologías con un enfoque diferenciador basado en la generación y evaluación de ideas potenciales, orientadas a mitigar los retos cruciales de la ingeniería hacia el 2020. En estos espacios se propende al fomento de la cultura creativa y emprendedora en los estudiantes a partir de dinámicas y procesos de innovación social. Sin embargo, una vez se cuenta con masa crítica se pueden ofrecer servicios para resolver problemas de empresa, encontrar soluciones originales, identificar oportunidades y generar valor mediante el uso de herramientas de creatividad, innovación y emprendimiento. Algunos ejemplos de esto pueden ser *Neurocity* en Manizales, Laboratorio de Creatividad e Innovación de la Universidad de Cádiz (Crealab) y las iniciativas desarrolladas por Ruta<sup>n</sup> en la ciudad de Medellín al igual que el Laboratorio de Creatividad e Innovación Patio, orientado a la generación de ideas innovadoras y la solución creativa de problemas, adscrito a la Universidad Tecnológica de Bolívar en Cartagena.

## Conclusiones

Mediante herramientas y metodologías para estudios prospectivos, en este caso el método MICMAC®, se puede revisar la estructura y el contexto de los programas de formación de ingenieros con el fin de generar estrategias de alineamiento con las tendencias, temas, áreas y aspectos de calidad identificados y cercanos a temáticas de creatividad, innovación y emprendimiento.

En términos generales, es posible afirmar que el docente tiende a reproducir los métodos de enseñanza que ha recibido en su formación, lo cual no favorece la búsqueda de métodos innovadores que permitan ceder el protagonismo y dominio del docente a los estudiantes. Entonces, al no realizarse cambios en el modelo de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería, ésta continúa perpetuando formas obsoletas de enseñar que no responden a las necesidades del exigente entorno socioeconómico actual.

El estudio permitió generar tres lineamientos o bases para desarrollar estrategias asociadas a la inclusión

de la creatividad, la innovación y el emprendimiento en la formación de ingenieros, no como materias o cursos electivos sino como parte de la estructura medular de los programas de formación. Se plantea que las metodologías identificadas sean base para desarrollar los contenidos de las asignaturas de forma diferente, de manera que el estudiante asimile los contenidos con un uso práctico y creativo de los mismos. Para esto, las universidades deben fomentar y apoyar la formación de sus docentes en este tipo de metodologías y promover su aplicación en el aula de clases.

Un aspecto por considerar es que en la actualidad los estudiantes son “nativos digitales”, por lo cual el uso de herramientas TIC y entornos inmersivos facilita la apropiación del conocimiento mediante éstas. En estudios realizados por Zamora (2012) se concluye que estos medios son efectivos y constituyen una diferenciación en el aprendizaje, como se evidencia en el *Inmersive Education Initiative* (IED), iniciativa de colaboración entre grandes referentes mundiales como MIT, Universidad de Harvard, UCLA, Boston College y muchas otras instituciones educativas; empresas privadas como Disney, Oracle, IBM e Intel, entre otras, y programas gubernamentales como la NASA.

Metodologías como *Gamestorming*® y *WakeUpBrain*® pueden ayudar a revisar la propia práctica docente, apoyándose en la creatividad para hallar formas innovadoras de abordar una clase, realizando “experimentos” con los estudiantes, fomentar la creación de nuevos conceptos, dar un nuevo enfoque a la clase y a la vez entusiasmarse en la tarea. Con esta práctica un docente puede experimentar algo nuevo, al reconstruir su conocimiento enriqueciendo y transformando sus esquemas de pensamiento y actuación.

Los docentes formadores de futuros ingenieros deben propender a “enseñar a pensar” a sus estudiantes, tal como lo señala una anécdota sobre Niels Bohr que circula en el medio académico. No se trata de señalar un método o proceso y evaluar dicho conocimiento; se debe conducir al estudiante hacia opciones de solución, llevarlo a experimentar, probar, equivocarse y aprender de las equivocaciones. En este punto, las herramientas mencionadas anteriormente cobran vital importancia en el proceso de futuros ingenieros.

## Referencias

- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. (2007). El ingeniero colombiano del año 2020: retos para su formación. Foros preparatorios XXVI Reunión Nacional. ACOFI.
- Babicka, A., Dudek, P., Makiewicz, M. & Perzycka, E. (2010). Competencia creativa del profesor. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 13(1), pp. 51-61. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=217014922006>.
- Borrego, M., Douglas, E. & Amelink, C. (2009). Quantitative, qualitative, and mixed research
- Brunner, J. (2011). Educación superior en Iberoamérica. Informe 2011. Centro Interuniversitario de Desarrollo (Cinda).
- Case, J. M. & Light, G. (2011). Emerging research methodologies in engineering education research. *Journal of Engineering Education*, 100(1), pp. 186-210.
- Douglas Costucica, L. A. & Ramallo, M. (2014). Los juegos de simulación como método educativo para el aprendizaje en carreras de ingeniería. En Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo.
- García Jiménez, S., González Murcia, L. F. & Talero Villalba, L. F. (2010). Análisis de las necesidades del estudiante en la Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora (Doctoral dissertation, Universidad del Rosario).
- Godet, M., I Buisán, E. P., & Posiello, J. G. (1995). *De la anticipación a la acción: manual de prospectiva y estrategia*. México: Alfaomega.
- Koro-Ljungberg, M. & Douglas, E. P. (2008). State of Qualitative Research in Engineering Education: Meta-Analysis of JEE Articles, 2005–2006. *Journal of Engineering Education*, 97(2), pp.163-175.
- Larraguivel, E. (2010). Retos y amenazas a la formación de ingenieros frente a las transformaciones de la producción industrial. El caso del área metropolitana de la ciudad de México. *Educación Superior y Sociedad*, 11(1), pp. 197-215.
- Litzinger, T., Lattuca, L. R., Hadgraft, R., & Newstetter, W. (2011). Engineering education and the development of expertise. *Journal of Engineering Education*, 100(1), pp. 123-150.
- Luque, M. (1995). La idea de Universidad: estudios sobre Newman, Ortega y Gasset y Jaspers. Organization of American States.
- Martínez Suárez, E. M. (2012). Interacción de la creatividad con los estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios de pedagogía de Galicia. Reice. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 10(2), pp. 180-200. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55124596013>.
- Olds, B. M., Moskal, B. M., & Miller, R. L. (2005). Assessment in engineering education: Evolution,
- Peña, J. (2011). Grandes retos de la ingeniería y su papel en la sociedad. *Revista Investigación e Innovación Vol 31. Edición Especial* (100-111).
- Péter-Szarka, S. (2012). El clima creativo como medio para promover la creatividad en el aula. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 10(28), pp. 1011-1034. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=293124654004>.
- Reyes Barcos, M. (2003). Las estrategias creativas como factor de cambio en la actitud del docente para la enseñanza de la matemática. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 4(2). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41040204>.
- Ripollé, M. (2011). Aprender a emprender en las universidades. *Arbor. Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 187(3), pp. 83-88.
- Rodríguez, C., & Jiménez, M. (2005). Emprenderismo, acción gubernamental y academia: revisión de la literatura. *Innovar*, 15(26), pp. 73-89.
- Romo, L., Quevedo, L., & Herrera, L. (2013). Desarrollo de los programas de emprendedores en diferentes instituciones de educación superior. *International Review of Business Research Papers*, 9(2), pp. 220-232.
- Sancén Contreras, F. (2013). La universidad del futuro. *Reencuentro*, (68), pp. 10-18. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34030524002>.
- Serna E. & Serna, A. (2013). Is it in crisis engineering in the world? A literature review. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, 66, pp. 199-208.
- Serna A. & Serna, E. (2014). Una radiografía al estado de la formación en ingeniería en Colombia. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería - ACOFI 2014.
- Valencia, A., Carilo, O. & Aedo, J. (2012). Las tendencias en la ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia. *Ingeniería y Sociedad*, 4, PP. 29-31
- Zamora Musa, R. (2012). Laboratorios remotos: actualidad y tendencias futuras. *Scientia et Technica* 2.51, pp. 113-118.

## Sobre los autores

---

### **David Ovallos Gazabón**

Ingeniero Industrial, PhD (c) Gestión Tecnológica y de la Innovación. Maestría en Ingeniería. Docente Adjunto en la Universidad de la Costa CUC, Facultad de Ingeniería, Grupo de investigación PRODUCOM, dovallos1@cuc.edu.co

### **Sandra De La Hoz y Doyreg Maldonado**

MSc. (c) Gestión de la Innovación, Docente Tiempo completo en la Universidad de la Costa CUC, Grupo de investigación PRODUCOM.

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