

Educación en creatividad para la innovación y desarrollo tecnológico en Ingeniería

D. T. Parra, J. D. Cabrera Cruz y C. D. Guerrero

Abstract— Creativity can be seen as a skill own of engineers for the development of technological innovation processes that allow dealing problems of the society in appropriate way. Creativity can be fomented from engineering education, however this require changes in actual education. This paper presents the role of creativity in engineering as a basis for innovation and technological development. Also, are presented some guidelines for the encouragement of creativity in engineers from education.

Index Terms—Creativity, Engineering education, Higher education, Technological education, Technological innovation.

I. INTRODUCCIÓN

LA ingeniería es una disciplina relacionada con la adquisición y aplicación de conocimientos derivados del proceso de investigación básica, para el diseño, desarrollo, invención, innovación y comercialización de bienes y servicios para atender necesidades específicas del contexto. La ingeniería incluye una amplia gama de disciplinas o campos de aplicación especializados de acuerdo al área objeto de estudio. Los Programas de Ingeniería son nombrados, en base a la disciplina a la cual pertenecen.

Teniendo en cuenta que los Programas de Ingeniería son cada vez más colaborativos y multidisciplinarios, y que el ritmo de cambio de la tecnología se ha acelerado; las expectativas para la Educación en Ingeniería se han ampliado considerablemente [1]. La Educación en Ingeniería corresponde al modo en que se lleva a cabo la enseñanza de conocimientos y principios relacionados con la práctica profesional de la Ingeniería, la cual es impartida en los niveles de pregrado y posgrado. Los profesionales de la Ingeniería son actores clave en los procesos de innovación tecnológica, comprometidos con la sociedad como contribuyentes del desarrollo [2]; por ende deben ser capaces de identificar las variables que constituyen un problema, así como las posibles consecuencias que ello genera; y al mismo tiempo estar preparados para aplicar los principios de la ciencia y las matemáticas para resolver el problema detectado [3].

Las comunidades académicas en el área de la Educación en Ingeniería, han estado trabajando alrededor del tema de la

formación de Ingenieros; esto como respuesta al crecimiento acelerado de la Ingeniería en los últimos tiempos [4]. Lo anterior sugiere que la Pedagogía, se ha convertido en una ciencia relevante para la Ingeniería. En este sentido, el papel de la Educación en Ingeniería corresponde a la formación de ingenieros integrales, capaces de desempeñarse en el ámbito educativo, investigativo e industrial.

Una parte esencial de la Educación en Ingeniería es la Educación en Tecnología; la cual se constituye en la base para la innovación tecnológica de un país. La Educación en Tecnología corresponde al conjunto de enseñanzas que permiten hallar soluciones pertinentes y apropiadas a los problemas de un contexto particular, mediante el diseño y posterior construcción de dispositivos tecnológicos.

Uno de los propósitos fundamentales de la Educación en Tecnología es posibilitar durante el proceso de enseñanza-aprendizaje la formación de ingenieros con habilidades para: (i) la creatividad; (ii) la investigación; (iii) la transferencia tecnológica; (iv) el emprendimiento y; (v) la adaptación a los cambios tecnológicos. Tales habilidades permiten que los ingenieros, sean profesionales aptos para dirigir procesos de innovación tecnológica.

La formación de ingenieros con capacidad creativa es el pilar del desarrollo de la mentalidad emprendedora e innovadora que se requiere para el crecimiento económico y social de cualquier país. La Educación en Tecnología debe ofrecer las herramientas necesarias para tal fin. En este sentido, los países no deben limitarse a la importación, copia y trasplante de tecnologías e innovaciones de carácter exógenos; sino a ser productores de tecnologías e innovaciones pertinentes y apropiadas [5].

El presente artículo presenta un estudio sobre la creatividad² como base para la innovación y desarrollo tecnológico en Ingeniería, tomando como punto de partida el estímulo de la capacidad creativa desde el proceso de enseñanza-aprendizaje llevado a cabo en programas académicos de ingeniería en los niveles de pregrado y posgrado. En la sección II, se presenta la revisión de la literatura sobre educación en ingeniería y creatividad. La sección III, presenta el rol de la creatividad en

D. T. Parra, Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Bucaramanga, Colombia, dparra486@unab.edu.co

J. D. Cabrera Cruz, Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Bucaramanga, Colombia, jcabrerc@unab.edu.co

C. D. Guerrero, Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Bucaramanga, Colombia, cguerrerr@unab.edu.co

² El tema de estudio abordado en el artículo, corresponde a la continuación del proyecto de investigación titulado “Orientaciones en educación en tecnología para el desarrollo tecnológico y la innovación en la educación superior colombiana dirigidas a un programa de posgrado en telemática”, el cual permitió vislumbrar la creatividad como habilidad inherente de los ingenieros.

ingeniería. En la sección IV, se presentan orientaciones para el estímulo de la creatividad desde la enseñanza en ingeniería. Finalmente, en la sección V, se presentan las conclusiones de éste artículo.

II. EDUCACIÓN EN INGENIERÍA Y CREATIVIDAD: REVISIÓN DE LA LITERATURA

El tema educación en ingeniería y creatividad como base para la innovación y el desarrollo tecnológico, ha sido objeto de estudio de varios investigadores alrededor del mundo. En la literatura, es posible encontrar trabajos que hacen referencia a temas específicos tales como desarrollo tecnológico, educación en ingeniería, innovación, y habilidades requeridas en los ingenieros para afrontar el cambio tecnológico en el mundo, y generar nuevos bienes y servicios pertinentes y apropiados al contexto en el que se desenvuelven.

Algunos autores han expresado el papel de la Ingeniería como base para la innovación y el desarrollo tecnológico [2], [3], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], debido a que la Ingeniería posibilita la creación de tecnología a través de continuos procesos de innovación tecnológica, los cuales son el principal motor de la competitividad y la prosperidad económica en el mundo.

Entre las habilidades que han de poseer los Ingenieros, cabe mencionar las siguientes: (i) Habilidades intelectuales y prácticas [8]; (ii) Sentido de responsabilidad social y personal; (iii) Ética profesional; (iv) Gestión adecuada del tiempo; (v) Habilidades de comunicación oral y escrita [8]; (vi) Facilidad de trabajo en equipo; (vii) Pensamiento crítico [13]; (viii) Capacidad de investigación y capacidad de innovación [14], [15].

Una de las habilidades necesarias para promover la innovación y el desarrollo tecnológico es la creatividad, la cual es considerada como una habilidad clave que identifica a los Ingenieros. La creatividad puede ser desarrollada y fortalecida en los estudiantes de Ingeniería [2], [3], [7], [12], [16], [17], [18], [19], [20].

De un modo específico hay investigaciones que han abordado el estudio de Programas de Ingeniería en lo concerniente a exploración de nuevos modelos pedagógicos, currículos educativos, elaboración de planes de estudio y diseño de cursos educativos para el cultivo de habilidades como la creatividad en los estudiantes [13], [21].

Con habilidades tales como la creatividad los ingenieros serán capaces de tomar decisiones, aplicar apropiadamente la tecnología [13] y participar de forma óptima en procesos de innovación tecnológica, el cual está comprendido por cuatro etapas, a saber [22]: (i) La investigación; (ii) El desarrollo tecnológico; (iii) La aplicación y adopción y; (iv) El perfeccionamiento.

De la revisión de la literatura realizada, se obtuvieron argumentos que reafirman la importancia de la creatividad para llevar a cabo procesos de innovación tecnológica, los

cuales deben ser liderados principalmente por ingenieros. En la siguiente sección, se estará presentando en mayor detalle el papel que juega la creatividad en la ingeniería.

III. EL ROL DE LA CREATIVIDAD EN INGENIERÍA

La Ingeniería es una disciplina orientada a la resolución de problemas que afectan a la sociedad, a partir de la implementación de soluciones derivadas de un proceso de innovación tecnológica. Es decir; “los avances científicos y tecnológicos de un país, dependen en gran medida de las capacidades de sus científicos e ingenieros para absorber la información científica y tecnológica, y el conocimiento; para encontrar soluciones a los problemas, para llevar a cabo la investigación, para experimentar y realizar nuevas fronteras científicas y tecnológicas” [23].

Por lo tanto, para que los ingenieros de hoy en día puedan tener éxito, además de haber obtenido una base académica sólida, deben ser poseedores de una amplia gama de capacidades [8] y habilidades. Tales capacidades y habilidades pueden ser desarrolladas a través de un sistema educativo que forme profesionales con perfil investigativo e innovador.

Para que exista continua innovación tecnológica, debe existir curiosidad e interés en resolver problemas o necesidades que afecten a la sociedad. La curiosidad lleva al grupo de individuos a cuestionarse por lo que sucede en el medio, a generar ideas, a plantear una pregunta de investigación y su respectiva hipótesis, la cual puede mantenerse o cambiar a lo largo del proceso investigativo. Al concluir la fase de investigación básica, como resultado principal se tiene el conocimiento científico generado, el cual debe ser aplicado para en la fase final del proceso obtener una tecnología (nueva o mejorada).

Sin embargo para que el proceso de innovación tecnológica pueda ser llevado a cabo, se requiere que los ingenieros que participan en el proceso de innovación tecnológica sean creativos. El modelo de ingeniería para una continua innovación tecnológica, se presenta en la Fig. 1. En este caso, el modelo presentado hace referencia a la etapa de investigación aplicada.

En la Fig. 1., se aprecia que el punto de partida es el continuo desarrollo de la ingeniería creativa. Posteriormente, se procede a la identificación de problemas y/o necesidades así como de las ideas que permiten afrontarlos. Luego se determina la viabilidad de la idea, para proceder al desarrollo avanzado de la misma. Finalmente, se hace un proceso permanente de pruebas, así como de modificaciones en caso de ser requerido, hasta que se llega al resultado final del proceso, denominado tecnología³.

³ La tecnología hace referencia al conjunto de conocimientos específicos y procesos para transformar la realidad y resolver algún problema [22].

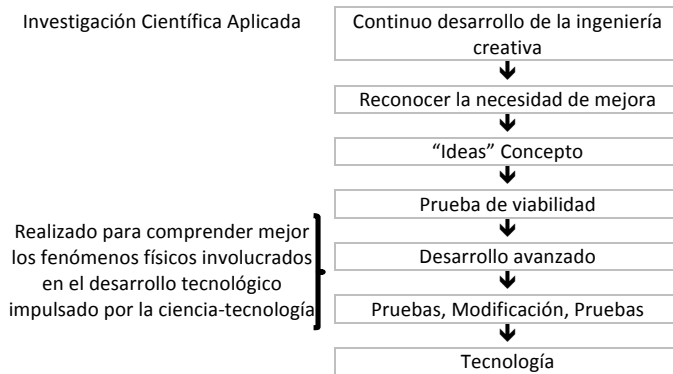


Fig. 1. Modelo de ingeniería para una continua innovación tecnológica.

Fuente: *An innovative strategy to integrate relevant graduate professional education for engineers in industry with continual technological innovation.* Keating D. A. and Stanford T. G. University of South Carolina. *ASEE Annual Conference Proceedings*, pp. 691-708, 1999.

En síntesis, ¿cómo impacta la creatividad a la ingeniería? La creatividad y la ingeniería están íntimamente relacionadas⁴. La creatividad es una cualidad indispensable de la ingeniería, y dado el creciente alcance de los retos del futuro y de la complejidad y diversidad de las tecnologías del Siglo XXI, la creatividad adquirirá mayor importancia. La ingeniería es un proceso profundamente creativo [24].

IV. ORIENTACIONES PARA EL ESTÍMULO DE LA CREATIVIDAD EN INGENIEROS

Teniendo en consideración la necesidad de formar ingenieros creativos para promover la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia, a continuación se estarán presentando orientaciones generales para el fomento de la creatividad en Ingeniería desde la educación.

Orientación No. 1: Formación de ingenieros con “afán” de búsqueda de sentido. Los contenidos y metodologías de enseñanza-aprendizaje empleadas en los Programas de Ingeniería deben contribuir a la formación de ingenieros con sentido de creatividad, innovación e investigación, orientados al desarrollo tecnológico y la generación de conocimiento; quienes frecuentemente se cuestionan sobre la tecnología, y participen en procesos que permiten comprender en profundidad las funcionalidades y estructura de los productos tecnológicos existentes. La curiosidad y la creatividad son habilidades necesarias para llevar a cabo una profunda exploración y reconocimiento de la tecnología.

Orientación No. 2: La metodología de enseñanza-aprendizaje en los Programas de Ingeniería debe estar enfocada principalmente al cultivo y fortalecimiento de la

creatividad. A través del estímulo de la creatividad, los estudiantes serán capaces de tomar decisiones y aplicar apropiadamente la tecnología. En este punto, el ingeniero debe ser capaz de identificar las diversas variables que causan un problema, así como los efectos, y direccionar sus esfuerzos hacia la actividad investigativa, la generación de conocimiento, la innovación y el desarrollo tecnológico.

Orientación No. 3: El currículo educativo de los Programas de Ingeniería, ha de incluir la Educación en Creatividad como componente transversal. En este sentido, es conveniente que las actividades propuestas en los cursos de Ingeniería para la evaluación de los estudiantes, estén orientadas al estudio de casos en grupos colaborativos de trabajo y la solución creativa de problemas a través de la aplicación de los conocimientos adquiridos en clase.

Orientación No. 4: Formación de ingenieros líderes en procesos de innovación, conscientes de su papel en la sociedad como creadores de soluciones pertinentes y apropiadas al contexto colombiano. Esto requiere el fortalecimiento de habilidades y capacidades propias de los ingenieros, entre ellas la creatividad, para la ejecución de proyectos encaminados al desarrollo de nuevos productos y servicios.

Orientación No. 5. Los profesores de los cursos de los Programas de Ingeniería, deben ser profesionales de la enseñanza ubicados en la punta del conocimiento, creativos o con competencias en la aplicación de estrategias pedagógicas en creatividad, dedicados a la labor investigativa y conocedores de la importancia e impacto de la tecnología en la sociedad actual.

V. CONCLUSIONES

La creatividad se constituye en base de los procesos de innovación tecnológica, ya que a través de la creatividad un ingeniero puede percibir fácilmente problemas del contexto, generar ideas e implementarlas para afrontar determinada situación problemática que aqueja a un contexto determinado. En este sentido, la creatividad debe estar presente en cada fase de los procesos de innovación tecnológica. Esto con el fin de que los resultados obtenidos (bienes o servicios) sean innovadores y su impacto en el mercado y en la sociedad sea positivo.

Sin embargo, para lograr que los ingenieros sean profesionales creativos, se requiere de una Educación en Ingeniería conciente de la necesidad de estimular la creatividad en sus estudiantes desde las actividades llevadas a cabo durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

REFERENCIAS

- [1] ASEE, “Innovation with impact. Creating a Culture for Scholarly and Systematic Innovation in Engineering Education,” 2012.
- [2] M. M. Ciampi, «Awareness of social impact of engineering: The task for engineering schools?», ASEE Annual Conference & Exposition, Conference Proceedings, 2011.

⁴ La relación existente entre la creatividad y la ingeniería, se traduce del siguiente modo: para que exista innovación de bienes o servicios, se requiere llevar a cabo un proceso de innovación tecnológica el cual inicia con la concepción de una idea. Pero para que esa idea puede surgir, se requiere de una mente creativa. Es así que la creatividad, pasa a ser parte esencial en la formación del Ingeniero, la cual debe ser estimulada desde la educación en los niveles de pregrado y posgrado en los Programas Académicos de Ingeniería.

- [3] C. Da Rocha Brito, «The discussions after the Bologna process in Europe: The global engineer..» ASEE Annual Conference & Exposition, Conference Proceedings, 2011.
- [4] M. E. Auer, «The international society of engineering education (IGIP) and the new pedagogic challenges in engineering education..» ASEE Annual Conference & Exposition, Conference Proceedings, 2012.
- [5] J. Cabrera Cruz, C. Guerrero y D. Parra Sánchez, « Educación de posgrado para la innovación tecnológica pertinente y adecuada. Estado del arte y orientaciones para la educación en el campo de la telemática». World Engineering Education Forum: Innovation in research and engineering education: key factors for global competitiveness, Cartagena (Colombia), 2013, pp. 1-9.
<http://www.acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/607/72>
- [6] D. Keating, «An innovative strategy to integrate relevant graduate professional education for engineers in industry with continual technological innovation.» ASEE Annual Conference Proceedings, pp. 691-708, 1999.
- [7] C. Villaroel, «Educación en ingeniería: relación entre transferencia tecnológica y el desarrollo.» Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Tarapaca, vol. 6, pp. 19-24, 1999.
- [8] Y. Tao, «Assesing chinese engineering graduates' abilities for problem-solving, scientific discovery and technological innovation – From a professoriate perspective..» ASEE Annual Conference Proceedings, pp. 997-1011, 2000.
- [9] S. J. Tricamo, «The importance to economic development of improved university-industry engagement in research and professional education..» ASEE Annual Conference Proceedings, pp. 6003-6008, 2002.
- [10] F. Azadivar, «Rewards and challenges of utilizing university research/economic development centers for enhancing engineering education.» ASEE Annual Conference & Exposition, 2007.
- [11] D. C. Ramírez Martínez y Ó. F. Castellanos Domínguez, «Sistema I+D+i como marco referencial para fortalecer la innovación tecnológica en la investigación en ingeniería.» I Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación, 2008.
- [12] D. C. Ramírez Martínez, O. F. Castellanos Domínguez y J. M. Rodríguez Devis, «Divulgación y apropiación del conocimiento en ingeniería: oportunidad para la innovación.» Ingeniería e Investigación. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, vol. 31, pp. 63-73, 2011.
- [13] D. Godfrey, «A new approach to teaching introduction to electrical engineering at the United States coast guard academy.» ASEE Annual Conference & Exposition, 2006.
- [14] D. Keating, «Enabling the U.S. engineering workforce to perform: building a culture for technological innovation and leadership in professional graduate engineering education.» ASEE Annual Conference Proceedings, pp. 4625-4636, 2004.
- [15] N. Seery, «Maximising the impact of creative and innovative activities within the constraint of defined education structures..» ASEE Annual Conference & Exposition, 2010.
- [16] F. Malaver, «Hacia una caracterización de los procesos de innovación en la industria colombiana. Los resultados de un estudio de casos», Academia, Revista Latinoamericana de Administración, (33), pp. 5-33, 2004.
- [17] W. Zheng, «Integration of cognitive instructions and problem/Project-based learning into civil engineering curriculum to cultivate creativity and self-directed learning skills..» ASEE Annual Conference & Exposition, 2009.
- [18] J. A. Parra Valencia, Gestión de la Innovación en la Universidad. Un enfoque sistémico, Editorial Académica Española, 2012.
- [19] E. Ávalos-Villareal, «Technology policies for education systems.» Proceedings of the 56th Annual Meeting of the ISSS-2012, San Jose, CA, USA, 2013.
- [20] C. Terkowsky y T. Haertel, «Where have all the inventors gone? Fostering creativity in engineering education with remote lab learning enviroment.» Proceedings of the 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013.
- [21] S. M. Vaezi-Nejad, M. Cullinan y P. Bishop, «Telematics education I: Teaching, learning and assessment at postgraduate level.» International Journal of Electrical Engineering Education, vol. 42, n° 2, pp. 132-146, 2005.
- [22] F. Lara Rosano, Actores y procesos de la innovación tecnológica, vol. 7, 1999, pp. 5-21.
- [23] V. Bush, «Science: The endless frontier..» 1945.
- [24] National Academy of Engineering, «The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century..» 2004. [En línea]. Available: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10999#orgs. [Último acceso: 27 Agosto 2014].



Diana Teresa Parra Sánchez, Magister en Telemática, Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB, Colombia. Ing. en telecomunicaciones, Universidad de Pamplona, Colombia. Joven Investigadora, Grupo de Investigación en Tecnologías de Información – GTI, Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB, Colombia.



José Daniel Cabrera Cruz, PhD(c), M.Sc., Sistemología interpretativa, Universidad de los Andes-ULA, Venezuela; Ing. de sistemas, Universidad Industrial de Santander-UIS, Colombia. Docente asociado y director del Centro de Investigación en Ingeniería y Organizaciones - CIIO, Grupo de Investigación en Pensamiento Sistémico – GPS, Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB, Colombia.



Cesar D. Guerrero, PhD. Computer Science and Engineering, y M.Sc., Computer Engineering, University of South Florida, USA; M-Sc., Ciencias Computacionales, ITESM, México y UNAB, Colombia; Ing. de sistemas, Universidad Industrial de Santander-UIS, Colombia. Docente titular y director del Proyecto de Articulación Red Universitaria Mutis. Grupo de Investigación en Tecnologías de Información – GTI, Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB, Colombia.