

## Crisis de la Ingeniería en Colombia – Estado de la cuestión

### Crisis of Engineering in Colombia - State of the art

Edgar Serna M.\*§, Alexei Serna A.\*\*

\* *Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías, Corporación Universitaria Remington (CUR), Medellín, Colombia.*

\*\* *I+D+i, Instituto Antioqueño de Investigación (IAI), Medellín, Colombia.  
edgar.serna@remington.edu.co§, alexei.serna@fundacioniai.org*

(Recibido: Marzo 19 de 2014 - Aceptado: Marzo 14 de 2015)

#### Resumen

De acuerdo con los resultados de la investigación realizada para este trabajo la ingeniería en Colombia está en crisis. El proceso consistió de una revisión a la literatura acerca de esta cuestión y de un análisis a la información presentada. De acuerdo con los resultados del análisis a los 23 trabajos de la muestra final, una de las mayores causas para esta crisis es que existe una inadecuada interpretación del concepto de ingeniería por parte de la industria, el Estado, la academia y la sociedad. La industria no tiene claridad acerca de las funciones que puede desempeñar la mayoría de ingenieros; el Estado no ejerce un adecuado control, reglamentación ni prospectiva para las necesidades que tiene el país en cuestiones ingenieriles; los procesos formativos en la academia no atienden eficientemente las necesidades del sector y parecen estar en dirección contraria al desarrollo del mundo globalizado, y la sociedad desconoce la profesión y valora más ocupaciones como la música, la televisión, el modelaje y el deporte.

*Palabras clave: Capacitación profesoral, crisis de la ingeniería, Ingeniería, procesos formativos.*

#### Abstract

According to the results of research conducted for this paperwork, engineering in Colombia is in crisis. The process consisted of a literature review on this issue and an analysis of the information submitted. According to the results of the analysis to the 23 works of the final sample, one of the major causes of this crisis is that there is an inadequate interpretation of engineering concept by industry, the state, academia and society. The industry has no clarity about the roles that can play the most engineers; the State does not exercise an adequate control, regulation or prospects for the need of the country in engineering issues; training processes in the academy not attend efficiently the needs of the sector and seem to be in the opposite direction to the development of the globalized world, and society unknown the profession and value more occupations such as music, television, modeling and sport.

*Keyword: Engineering, engineering crisis, training processes, training professorial.*

## 1. Introducción

La ingeniería es la aplicación práctica de la ciencia y las matemáticas para resolver problemas, y es un área del conocimiento que tiene relación directa o indirecta con todas las actividades del ser humano, porque las tecnologías ingenieriles se utilizan para mejorar la forma en que las personas se comunican, trabajan, viajan, se mantienen saludables o se divierten. Es un amplio campo de formación que aprovecha los conceptos matemáticos y científicos para crear cosas prácticas y útiles, y en este proceso involucra a personas de una amplia gama de saberes (Waldrow, 2012). Algunos la llaman la ciencia invisible (Mahajan, 2014), porque a menudo el trabajo de los ingenieros es anónimo o poco conocido, a pesar de su importancia y trascendencia.

Ninguna profesión alienta tanto al espíritu humano para crear e innovar como la ingeniería. Desde la investigación hasta las aplicaciones del mundo real los ingenieros descubren constantemente la manera de mejorar la calidad de vida, creando soluciones nuevas y audaces que conectan la ciencia con la sociedad a través de formas inesperadas pero con visión de futuro. Pocas profesiones convierten tantas ideas en realidades y pocas tienen un efecto tan directo y positivo en la vida cotidiana de las personas como la ingeniería. Aplicando ingeniería se diseñan los inventos que ayudan a mejorar la utilización y aplicación de la ciencia y la tecnología en el mundo, y siglo tras siglo la materialización de la imaginación de sus profesionales ayuda a satisfacer las necesidades de la sociedad.

Entonces, con la importancia que tiene la ingeniería para el mundo y con la necesidad que la sociedad tiene de ingenieros cada vez mejor capacitados, por qué está en crisis (Serna, 2012). Esta es una cuestión que se ha debatido desde hace tiempo en las diferentes esferas relacionadas (Time Magazine, 1952; Weir, 1952), pero en las últimas décadas se ha incrementado la preocupación y los países desarrollados la han enfrentado desde hace algún tiempo con el objetivo de impedir que se frene el progreso. Esta cuestión está afectando el desarrollo tecnológico del mundo, y a largo plazo se podría diseminar a otras áreas del conocimiento. En el caso de Alemania, Estados Unidos e Inglaterra, donde

las investigaciones en este sentido culminaron en 2008, se implementaron programas buscando soluciones y se espera analizar los resultados en la próxima década. Una de las conclusiones a las que llegaron es que los procesos formativos en ingeniería se han mantenido estáticos en el tiempo, y no evolucionaron al mismo ritmo de los desarrollos tecnológicos y de la complejidad de los problemas sociales, por lo que recomendaron que se debía analizar y repensar la situación de los mismos (Serna & Serna, 2013).

En Colombia, esta situación no es diferente y en los foros en los que se discute la cuestión, como las reuniones de Acofi, Mintic, y otras, se llega a conclusiones similares: la ingeniería en el país está en crisis. Para diagnosticar esta situación se realizó una revisión a la literatura relacionada y las conclusiones se presentan en este trabajo. Estos datos y resultados se pueden constituir en la base para estructurar proyectos similares a los que implementaron los países desarrollados. Diversos investigadores, industriales y profesionales en el área han manifestado sus inquietudes acerca del tema, y en este artículo se presentan su revisión y análisis con el objetivo de aportar conocimiento para comprender el problema, y para pensar en soluciones a corto y mediano plazo.

## 2. Metodología

Una revisión a la literatura se puede descomponer en tres fases principales (Brereton et al., 2007): 1) planificación, 2) realización y 3) documentación, que a su vez combinan otros procedimientos que, de acuerdo con Kitchenham (2003) y Kitchenham et al. (2009), consiste en aplicar seis procesos:

- Definir las preguntas de investigación.
- Definir el proceso de búsqueda.
- Definir los criterios de inclusión y exclusión.
- Definir la valoración de la calidad.
- Definir la recopilación de datos.
- Definir el análisis de resultados.

### 2.1 Preguntas de investigación

Para esta investigación se plantearon las siguientes preguntas:

P1: ¿En la literatura se difunden opiniones o resultados de investigación acerca de la crisis de la ingeniería?

P2: ¿El objetivo de los trabajos es proponer soluciones o informar y describir?

P3: ¿Por qué está en crisis la ingeniería en Colombia?

## 2.2 Proceso de búsqueda

La búsqueda se orientó a identificar estudios y opiniones candidatos a incluir en el conjunto final de la revisión. El plan involucró consultas a las bases de datos de periódicos y revistas, en asociaciones industriales y académicas, y en las bibliotecas digitales. Los parámetros de búsqueda incluyeron palabras clave como *crisis de la ingeniería*, *falta de ingenieros*, *fuerza laboral ingenieril*, *formación de ingenieros* y *búsqueda de ingenieros*, que debían aparecer en el título o en el contenido del documento. También se incluyeron *soluciones ingenieriles*, *habilidad de los ingenieros* y *capacidad de los ingenieros*, los cuales debían aparecer por lo menos una vez en el texto. Para lograr un cubrimiento amplio no se determinó una línea de tiempo específica ni se excluyó ninguna fuente inicial, y las palabras clave se buscaron en español e inglés.

## 2.3 Criterios de inclusión y exclusión

Para incluir un documento entre los estudios primarios su contenido debía hacer un aporte relevante a la temática investigada. Para lograr este objetivo se aplicaron las fases propuestas por Dyba y Dingsoyr (2008), para filtrar una serie de trabajos y generar el conjunto de estudios primarios:

Identificar los estudios relevantes.

Excluir estudios con base en el título.

Excluir estudios con base en los resúmenes.

Analizar los estudios y seleccionar los más relevantes para la temática en cuestión con base en el texto completo.

Los criterios de inclusión y exclusión más importantes fueron: formalidad y pertinencia del sitio donde se aloja, autoridad del o los autores, calidad y aporte del contenido, fuentes de datos,

sustentación de la tesis, calidad de la investigación, y coherencia entre resultados y conclusiones.

## 2.4 Valoración de la calidad

Los estudios primarios seleccionados debían presentar solidez en la metodología y en los resultados, además, que fueran presentados por instituciones o personas relacionadas con la temática y con una trayectoria que le diera fortaleza y solidez al postulado. En la muestra final se incluyeron directamente los artículos de revistas científicas, porque previamente han pasado por rigurosos procesos de selección y evaluación; los documentos publicados en blogs debían estar soportados por la trayectoria del autor y los demás contenidos del sitio; los hallados en las páginas empresariales debían contar con el respaldo de la organización y haber sido publicados por autores cuyas funciones giraran alrededor de la temática objeto de investigación, y los aparecidos en periódicos y revistas debían haber sido escritos por personas con conocimiento en el área y con alguna experiencia en los campos relacionados.

## 2.5 Recopilación de datos

El conjunto primario de documentos quedó conformado por 64 trabajos, al que se aplicaron los siguientes atributos como características de valoración:

Tipo de publicación.

Publicado en.

Editorial o responsable.

Clasificación temática.

Enfoque de investigación.

Coherencia de resultados.

La muestra final quedó integrada por 23 documentos, a los que se aplicaron los demás procesos.

Los 23 trabajos finales se tabularon y analizaron estadísticamente para determinar:

El tipo de trabajo publicado. Pregunta P1. Se analizaron los aportes desde los referentes de *Opinión*, *Reflexión* o *Investigación*.

El objetivo de la publicación. Pregunta P2. Se determinaron las características de *Informar* y

*Proponer* para analizarlas en los documentos. También se tuvo en cuenta variables como discusión, análisis de casos y reportes técnicos.

Las causas de la crisis de la ingeniería en Colombia. Pregunta P3. Los valores para responder a esta pregunta se determinaron a partir de la lectura a los documentos y del cruce de datos en el análisis.

### 3. Análisis de resultados

En la Tabla 1 se detallan los 23 trabajos de la muestra final de la revisión. A continuación se presenta el análisis a cada uno de ellos.

Eduardo Aldana [D1] asegura que una observación desprevenida a la formación y a la práctica de la ingeniería en Colombia indica que la profesión atraviesa una verdadera crisis. Esta afirmación la sustenta aduciendo que la sociedad tiene una pobre opinión de la calidad de los programas que se imparten en la mayoría de facultades, y que en parte se debe a que se ha incrementado el número de facultades, de programas y de denominaciones, al punto que no es fácil comprender el verdadero campo de acción de los ingenieros. Otras cuestiones que colaboran a la crisis: 1) la investigación ingenieril es insuficiente y las innovaciones y el desarrollo tecnológico prácticamente son inexistentes y 2) el aporte social de la labor de los ingenieros fue sustituida por intereses netamente comerciales.

Darío Valencia [D2] sostiene que se requiere formar un nuevo tipo de ingeniero para salir de la crisis. Porque la concentración en lo técnico de los procesos formativos impide que los profesionales adquieran la visión sistémica necesaria y les hace desconocer las implicaciones sociales de su labor, a la vez que dificultan el diálogo con otras disciplinas y profesiones. Además: 1) existe una ausencia casi total de investigación y de estímulo a la creatividad y a la innovación, 2) el Estado presta poca atención a los problemas nacionales relacionados, 3) la corrupción permea el ejercicio de la ingeniería, 4) el individualismo y la falta de solidaridad no facilitan el trabajo en grupo ni las construcciones colectivas, 5) la proliferación de carreras y denominaciones propician una seria disminución de la calidad y una pérdida de identidad en la profesión, y 6) la

investigación parece no querer salir del laboratorio hacia el aula e impactar la industria.

En un artículo de El Tiempo [D3], el presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros de Alimentos opina que Colombia, un país rico en alimentos de origen animal y vegetal, no cuenta con los Ingenieros suficientes para explotar este renglón de la economía. La cuestión es que es no es fácil encontrar profesionales idóneos que contribuyan a fortalecer el sector, y para que realicen investigaciones buscando reducir los índices de desnutrición y a fomentar las exportaciones. Esta crisis se agrava porque la sociedad no tiene claro el papel de un Ingeniero de Alimentos, y lo confunden con un chef, un nutricionista, un analista de alimentos, un mercaderista o un comprador de alimentos.

En el libro Estado actual de la ingeniería [D4], publicado por la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos (SAI), se señalan algunos de los elementos y manifestaciones de la crisis de la ingeniería en Colombia, se discute los atributos que debe poseer el profesional de este siglo, se analiza la responsabilidad de los procesos formativos y los métodos de trabajo en las facultades de ingeniería, y se propone que el Estado debería estructurar una solución inmediata y a corto plazo. La conclusión es que gran parte de las causas que originan la crisis provienen de dos actores específicos: la universidad y los procesos formativos. Hace falta políticas claras y de respeto por los futuros estudiantes, en lo que tiene que ver con el número de programas y las denominaciones que se ofrece; por otro lado, la desconexión entre la formación y la industria ayuda a incrementar la crisis, mientras que el Estado parece ser un actor pacífico que no desea intervenir.

Mauricio Gallego [D6] presenta una comparación entre los ingenieros de ayer y los de hoy, y afirma que la ingeniería en Colombia está en una etapa de transición entre los viejos y los nuevos principios. Los ingenieros de hoy no son capaces de hacer un trabajo bien hecho, porque incurren en errores infantiles e increíbles y la solución requiere de un experto internacional para que les explique lo que ya saben. Otra cuestión es que a las universidades les dio por ponerles nombres raros

**Tabla 1. Documentos que conforman la muestra final**

<b>ID</b>	<b>Documento</b>
D1	Eduardo Aldana Valdés. ¿Crisis de la ingeniería colombiana al final del siglo XX? Revista de Ingeniería, Vol. 9, No. 9, pp. 7-17, 1999.
D2	Dario Valencia Restrepo. Crisis y futuro de la ingeniería. Revista Ingeniería y Competitividad, Vol. 2, No. 2, pp. 63-68, 2000.
D3	El Tiempo. Faltan ingenieros de alimentos. 2002. Online: <a href="http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1319581">www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1319581</a> [Mayo 2012].
D4	Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos. Estado actual de la ingeniería. Medellín, Colombia, 2004
D5	Mauricio Gallego Silva. Los Ingenieros de Hoy con respecto a los de Ayer: ¿Qué Pasó? Revista de Ingeniería, Vol. 19, No. 19, pp. 7-13, 2004.
D6	El Tiempo. <i>Universidades están preocupadas por escasez de profesores de matemáticas.</i> 2005. Online: <a href="http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/article-87082.html">http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/article-87082.html</a> [Marzo 2012].
D7	<b>Álvaro Villegas Moreno. La ingeniería en crisis. Carta al presidente Álvaro Uribe Vélez.</b> 2006. Online: <a href="http://www.construdata.com/BancoConocimiento/S/saicrisisingeneria/saicrisisingeneria.asp">http://www.construdata.com/BancoConocimiento/S/saicrisisingeneria/saicrisisingeneria.asp</a> [Abril 2012].
D8	Alexander Price Rodríguez. <i>¿Y dónde están nuestros ingenieros?</i> 2007. Online: <a href="http://historico.elpais.com.co/paisonline/calionline/notas/Noviembre282007/cali04.html">http://historico.elpais.com.co/paisonline/calionline/notas/Noviembre282007/cali04.html</a> [Mayo 2012].
D9	El Tiempo. Escasez de estudiantes para ingeniería preocupa a las universidades del Valle del Cauca. 2008. Online: <a href="http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4597281">http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4597281</a> [Mayo 2012].
D10	Construdata. Faltan ingenieros civiles en Colombia, afirman sectores académico y empresarial. 2008. Online: <a href="http://www.construdata.com/BancoConocimiento/F/faltan_ingenieros_civiles_en_colombia/faltan_ingenieros_civiles_en_colombia.asp">http://www.construdata.com/BancoConocimiento/F/faltan_ingenieros_civiles_en_colombia/faltan_ingenieros_civiles_en_colombia.asp</a> [Abril 2012].
D11	Portafolio. Hacén falta ingenieros para impulsar al sector productivo. 2008. Online: <a href="http://www.portafolio.co/detalle_archivo/MAM-2824363">http://www.portafolio.co/detalle_archivo/MAM-2824363</a> [Marzo 2012].
D12	Portafolio. Hay escasez de ingenieros en Colombia, reconocen sectores académico y productivo. 2008. Online: <a href="http://docente-uis.webnode.com.co/news/escasez-de-ingenieros-en-colombia1/">http://docente-uis.webnode.com.co/news/escasez-de-ingenieros-en-colombia1/</a> [Mayo 2012].
D13	Ana Yazmin Seade Castellanos. Las ingenierías en el mundo. Universidad Jesuita de Guadalajara. 2008. Online: <a href="https://www.google.com/url?q=http://portal.iteso.mx/portal/page/portal/Dependencias/Rectoria/Dependencias/Direccion_de_Relaciones_Externas/Dependencias/Oficina_de_admision/Orientacion_profesional/Orientadores/LAS%2520INGENIER%2520CDAS%2520EN%2520EL%2520MUNDO&amp;sa=U&amp;ei=CaplUaW0MoTe2gXAqYCoCQ&amp;ved=0CAcQFjAA&amp;client=internal-uds-cse&amp;usq=AFQjCNEE9YNWHQkqFiNS-5wO3TE3yjjmFw">https://www.google.com/url?q=http://portal.iteso.mx/portal/page/portal/Dependencias/Rectoria/Dependencias/Direccion_de_Relaciones_Externas/Dependencias/Oficina_de_admision/Orientacion_profesional/Orientadores/LAS%2520INGENIER%2520CDAS%2520EN%2520EL%2520MUNDO&amp;sa=U&amp;ei=CaplUaW0MoTe2gXAqYCoCQ&amp;ved=0CAcQFjAA&amp;client=internal-uds-cse&amp;usq=AFQjCNEE9YNWHQkqFiNS-5wO3TE3yjjmFw</a> [Abril 2012].
D14	Dinero. No hay Ingenieros de Sistemas. 2008. Online: <a href="http://www.dinero.com/actualidad/economia/articulo/no-ingenieros-sistemas/68220">http://www.dinero.com/actualidad/economia/articulo/no-ingenieros-sistemas/68220</a> [Mayo 2012].
D15	Jerónimo Giraldo Montoya y Fernando Páez Restrepo. Globalización y los proyectos de ingeniería. Revista Ingeniería y Sociedad, No. 2, pp. 42-46, 2010.
D16	La República. Ingenierías: mucha demanda y poca motivación para estudiarla. 2010. Online: <a href="http://www.mineducacion.gov.co/observatorio/1722/article-243384.html">http://www.mineducacion.gov.co/observatorio/1722/article-243384.html</a> [Mayo 2012].
D17	Dinero. La falta de gente es un obstáculo enorme al crecimiento. 2010. Online: <a href="http://www.dinero.com/administracion/negocios/recursos-humanos/articulo/la-falta-gente-obstaculo-enorme-crecimiento/97069">http://www.dinero.com/administracion/negocios/recursos-humanos/articulo/la-falta-gente-obstaculo-enorme-crecimiento/97069</a> [Abril 2012].
D18	Gonzalo Ulloa. <b>¿Qué pasa con la ingeniería en Colombia?</b> Revista Ingeniería y Sociedad, No. 2, pp. 38-41, 2010.
D19	UNESCO. <i>La escasez de ingenieros supone un peligro para el desarrollo.</i> 2010. Online: <a href="http://www.unesco.org/new/es/media-services/single-view/news/engineer_shortage_a_threat_to_development_underlines_unescos_first_global_report_on_engineering/">http://www.unesco.org/new/es/media-services/single-view/news/engineer_shortage_a_threat_to_development_underlines_unescos_first_global_report_on_engineering/</a> [Abril 2012].
D20	Portafolio. <i>Aumenta necesidad de ingenieros para el sector eléctrico.</i> 2011. Online: <a href="http://www.portafolio.co/detalle_archivo/DR-28590">http://www.portafolio.co/detalle_archivo/DR-28590</a> [Marzo 2012].
D21	Julio César Cañón Rodríguez y Jaime Salazar Contreras. <i>La calidad de la educación en ingeniería: Un factor clave para el desarrollo.</i> Revista Ingeniería e Investigación, Vol. 31, pp. 40-50, 2011.
D22	El Empleo. <i>Puestos de trabajo más difíciles de cubrir en Colombia.</i> 2011. Online: <a href="http://www.eempleo.com/colombia/investigacion_laboral/puestos-de-trabajo-mas-dificiles-de-cubrir-en-colombia--/9501364">http://www.eempleo.com/colombia/investigacion_laboral/puestos-de-trabajo-mas-dificiles-de-cubrir-en-colombia--/9501364</a> [Marzo 2012].
D23	Mauricio Duque y Jorge Celis. Educación en ingeniería para la ciudadanía, la innovación y la competitividad en Iberoamérica: Matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería y el rol de las Facultades de Ingeniería. Bogotá, ASIBET, ARFO Editores e Impresores Ltda., 2012.

a los cursos y contenidos, por ejemplo, a la teoría de *minimización y optimización*, desarrollada en la Rusia zarista, hoy la llaman *redes neuronales*. Además, siguen graduando ingenieros ricos en títulos y sabiduría académica, pero pobres en práctica y experiencia profesional.

El entonces presidente de la SAI, Álvaro Villegas, le manifestó en una carta [D7] al presidente Álvaro Uribe que consideraba que la Ingeniería Nacional, y particularmente la Antioqueña, atravesaba una aguda crisis. Según él, se debía a: 1) el ocaso de la inversión pública, 2) la posición de las empresas constructoras frente al sector financiero, 3) la ingeniería de estudios o de consulta, 4) las dificultades con el sector financiero, 5) las pólizas y seguros, 6) los contratistas menores, 7) la corrupción, y 8) la universidad. También le manifestó que la preocupante emigración de profesionales colombianos al exterior indica que muy probablemente las universidades están formando ingenieros para condiciones de desarrollo diferentes a las nacionales.

En una columna de El País [D8], Alexander Price afirma que aunque persiste la idea de que los jóvenes cada vez se interesan más por estudiar ingeniería, es una apreciación que está lejos de la realidad. De acuerdo con cifras de las universidades caleñas, el número de estudiantes matriculados en las facultades de ingeniería disminuyó en 28% entre 2000 y 2006. Una de las causas, de acuerdo con Jorge Estela decano de la Javeriana, es que en Colombia existe una cultura que propicia el bajo esfuerzo, y debido a que las ingenierías se perciben como carreras difíciles, los bachilleres no quieren estudiarlas. Además, porque en los colegios se forma a los estudiantes con la idea de que la ingeniería se limita a números, y no se enfatiza en la parte creatividad y de innovación. De acuerdo con los decanos de ingeniería de las universidades del Valle [D9], entre las causas de la crisis se destaca que los estudiantes de bachillerato están dejando de optar por las ingenierías como carrera universitaria, en parte por la baja remuneración, la utilización de practicantes universitarios y la crisis económica. Además, porque desde las grandes obras, los estudios, los proyectos innovadores y demás

áreas en las cuales tiene influencia la ingeniería, hace falta darle mayor visibilidad de sus aportes al desarrollo del país.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) advirtió que la falta de ingenieros en Colombia es más notoria en las áreas de civil, de petróleo, eléctricos, de alimentos, químicos y electrónicos [D10]. En los años 90 había un promedio de 250 mil estudiantes en ingeniería, para 2008 había descendido a 190 mil, y con tendencia a disminuir. Situación similar se presenta en el número de programas de pregrado, que se redujo de 1.042 de comienzos de siglo, a 916 cinco años después. De continuar esta tendencia es muy probable que el desarrollo del país no esté asegurado, porque un relevo generacional de ingenieros normalmente necesita entre 10 y 15 años, mientras que la complejidad de los problemas se incrementa de forma sustancial año tras año. Un asunto que agrava esta situación es que la mayoría de los pocos profesionales que se gradúan emigran a otros países, donde les ofrecen mejores oportunidades laborales.

Para Portafolio [D11], Colombia se está quedando sin ingenieros, lo que puede traer graves consecuencias para el sector productivo porque desde las actividades más simples hasta los desarrollos más complicados estos profesionales tienen un papel protagónico. La escasez se presenta cuando el país los requiere para mejorar su competitividad y proyectar su desarrollo. El número de matriculados y egresados disminuye, a la vez que la oferta de pregrados en este campo también baja; aunque en Colombia la tendencia es abrir instituciones de educación superior en cada esquina. Una de las causas para que se presente esta crisis es que la ingeniería en el país ha bajado de estatus social, porque ya no es una carrera tan visible y los estudiantes prefieren ser modelos, deportistas, cantantes o presentadores de televisión.

De acuerdo con el informe de Portafolio [D12], la crisis se genera porque los pocos profesionales emigran en busca de mejores oportunidades, debido a que en el país no encuentran los estímulos necesarios para quedarse. Otras causas son la baja formación

en matemáticas de los estudiantes en la educación media y la escasa preparación de los profesores para orientar procesos actualizados y competitivos. El país se queda sin ingenieros porque los estudiantes no quieren tomar estas carreras, y porque los pocos que se gradúan se van del país.

Yazmin Seade [D13] hace una recopilación de artículos y describe la crisis en países como Alemania, España, Francia, Colombia, México y Argentina. Las conclusiones a las que llega es que las ingenierías han perdido prestigio entre los adolescentes, y el ingeniero perdió protagonismo social porque ya no parece importante construir carreteras, puentes o edificios, inventar nuevos dispositivos o descubrir compuestos químicos. La ingeniería ya no es una profesión tan visible, y los jóvenes prefieren otras áreas del conocimiento; los bachilleres sienten temor por la poca preparación que tienen en Ciencias Básicas; los procesos formativos son anticuados y todavía valoran mayoritariamente la memorización sobre la práctica; y los maestros no motivan adecuadamente en la aplicación de la ciencia y el razonamiento lógico.

En Colombia escasean los ingenieros de sistemas, y los disponibles son pocos, no saben inglés, o no tienen la formación suficiente que les brinde las competencias que requiere la industria [D14], y por esto los tiene que importar de países como la India. En parte, esto se debe a que las nuevas generaciones prefieren estudiar mercadeo, criminalística, gastronomía, decoración de interiores, diseño de modas o hasta producción de cine y televisión, lo que demuestra que el interés por los sistemas y la pasión por las ciencias, las matemáticas y la tecnología han bajado drásticamente en la última década.

Una forma de comprender la crisis es entender la forma en que la Globalización ha influido en los proyectos de ingeniería, y cómo se presentan las nuevas alternativas y oportunidades en esta área [D15]. Los procesos de formación deben alcanzar un nivel de conocimiento de punta para que la ingeniería tenga ventaja competitiva global. Esto se logra principalmente a través de una adecuada transferencia tecnológica. Ese

conocimiento se debe apropiarse y establecerlo al interior de la estructura del sector, de tal manera que se propicie innovación y que genere ventajas competitivas. Otra cuestión es que generalmente los proyectos de ingeniería no corresponden con la estructura del mercado, y en las universidades no se desarrolla un nivel adecuado de conocimiento, por lo que el papel de la ingeniería en este siglo todavía es reactivo ante las realidades económicas.

El problema actual con los programas de ingeniería es que la demanda por profesionales ha ido en aumento, mientras que los bachilleres muestran una preocupante falta de apetencia por estudiarlos [D16]. Prueba de ello es que la población estudiantil para ingeniería en 2007 era de 320.000 estudiantes y para el 2010 se redujo en un 25%. Esto se atribuye a que los bachilleres son inmediatistas, quieren todo para ya, y no tienen la paciencia de apasionarse por la constancia en la ejecución que requiere un descubrimiento, dejando de lado la innovación y la creatividad. Esta apreciación apunta a que el interés de los jóvenes se ha desplazado más hacia las ciencias sociales, o a carreras que antes eran impensables, como la culinaria y la gastronomía.

Según Jorge Silva [D17], en el mundo y en Colombia claramente faltan ingenieros. La cuestión más preocupante de esta situación es que no se cuenta con el tiempo suficiente para formarlos, de manera que puedan acelerar a corto plazo el crecimiento local. Este contexto implica la necesidad de desarrollar estrategias para conseguir el talento que requiere el país para su desarrollo, porque de lo contrario el crecimiento será menor al que debería. Una de las propuestas es estructurar planes para atraer a los ingenieros que emigraron, pero esto tiene dificultades, porque el talento calificado se mueve hacia donde está la riqueza y porque allí trabajaban en mejores condiciones. Pero esta cuestión ya está por fuera del dinero, también importa dónde vivir, la forma en que se recibe la compensación y la ayuda que consiguen para realizar su trabajo y continuar con sus estudios.

El déficit de ingenieros es un problema de Colombia como del resto del mundo occidental,

y lo más preocupante es que al parecer el Estado, la industria, las universidades y la sociedad no se han dado cuenta de las consecuencias que esta situación genera para el desarrollo del país [D18]. La cuestión es que sin ingenieros Colombia no puede competir en un mundo cada vez más globalizado; los ingenieros se necesitan para impulsar el desarrollo de sectores que hoy son incipientes y en los cuales el país tiene potencial, y para re-inventar muchos sectores industriales que entraron en crisis en los últimos años o que lo harán próximamente a causa de los desarrollos tecnológicos y la globalización. La solución a este panorama no depende sólo de un actor, porque se necesitan políticas de Estado, adecuados procesos formativos, modelos pedagógicos actualizados y una preparación adecuada de los profesores.

Según el informe de la UNESCO [D19], la escasez de ingenieros en el mundo supone un peligro para el desarrollo. Los países necesitan hoy más que nunca las soluciones ingenieriles para enfrentar los complejos desafíos de este siglo, sin embargo, en muchos de ellos se registra desde hace algún tiempo una disminución en el interés de los estudiantes por tomar carreras afines. Esta recesión pone en peligro la el futuro de la sociedad en materia de ingeniería, especialmente en países en vía de desarrollo como Colombia, donde la fuga de cerebros constituye un problema suplementario.

El país tiene expectativas de crecimiento en los sectores de la denominada locomotora del desarrollo, especialmente en su infraestructura, y para ello se necesitan ingenieros con distintas especialidades [D20]. Pero los programas académicos no son pertinentes con las competencias en las que se deben formar.

En todo el mundo se percibe una preocupación generalizada por la baja calidad de la formación de ingenieros [D21], y esa labor le corresponde a los procesos formativos y a las universidades, para que estos profesionales tengan responsabilidad social, actualización científica y tecnológica y compromisos acordes con las expectativas sociales. También es un

compromiso fuerte de parte los docentes, porque la calidad de la formación tiene una relación directa con la calidad de la docencia, por lo que la cualificación, el reconocimiento y la experiencia profesional de quienes la practican es clave para que los ingenieros alcancen un adecuado nivel de formación. Es por esto que se requiere una profunda transformación en el quehacer docente para que Colombia cuente en el futuro con ingenieros formados adecuadamente.

La brecha entre las habilidades, destrezas y capacidades con las que se forman los profesionales y las que exigen el medio laboral de hoy exige un diálogo cercano entre la industria, la academia y el Estado [D22]. Esta es la conclusión de una encuesta que realizó la multinacional de recursos humanos Manpower en todo el mundo. Además, revela que un alto porcentaje de los empresarios del país tiene problemas para encontrar personal calificado, especialmente técnicos e ingenieros. El estudio también revela cómo se presenta esta situación en el resto del mundo, donde uno de cada tres empresarios presenta los mismos inconvenientes.

Un amplio estudio realizado por ASIBET en Iberoamérica [D23] concluye que a pesar del consenso generalizado de que la ingeniería y las ciencias sustentan el crecimiento económico y social de los países, los jóvenes parecen no estar interesados en tomar carreras relacionadas. Este des-encuentro se traduce en un hecho incuestionable: escasas de ingenieros y científicos; un fenómeno que se puede analizar desde la perspectiva de la calidad del estudiante que ingresa a las Facultades de Ciencias e Ingeniería. En el caso colombiano, el estudio señala que la falta de una adecuada orientación vocacional ha llevado a que los estudiantes se inclinen por determinadas profesiones, como Psicología, Derecho, Comunicación Social, en detrimento de las relacionadas con la Ingeniería y las Ciencias Básicas. Otra causa radica en que la educación media no valora adecuadamente las asignaturas en ciencias, como física, química, matemáticas o lógica, la cuales se imparten de forma teórica y sin ninguna aplicabilidad en la resolución de problemas.



### 3.1 Respuestas a las preguntas de investigación

Para responder a la pregunta P1 se aplicaron las variables definidas previamente, es decir, Opinión, Reflexión e Investigación. De los datos de la Tabla 2 se concluye que existe un alto interés en la comunidad por divulgar en los tres tipos analizados, y, aunque la *opinión* es un poco mayor, llama la atención que la *investigación* tiene un porcentaje alto en esta muestra, porque no sólo se trata de mostrar cifras o causas sino también de investigar acerca de ellas.

las variables *discusión*, *análisis de casos* y *reporte técnico* no se encontró representación en la muestra.

La pregunta P3 indaga por las causas que generan la crisis de la ingeniería en Colombia, y en la Tabla 3 se detallan los resultados del análisis y de la extrapolación de datos.

### 4. Análisis y discusión

En un trabajo previo acerca de una revisión a la crisis de la Ingeniería en el mundo (Serna & Serna,

Tabla 2. Tipo de trabajos publicados

Tipo	Porcentaje	Trabajos
Opinión	39.2%	D3, D6, D8, D11, D12, D14, D16, D18, D20
Reflexión	34.8%	D2, D4, D5, D7, D9, D10, D13, D17
Investigación	26.0%	D1, D15, D19, D21, D22, D23

Para responder a la pregunta P2, en lo que tiene que ver con los objetivos de las publicaciones, los resultados determinan que éstos se distribuyen equitativamente entre las variables: *Informar*, con el 52%, y *Proponer*, con el 48%. En la primera los trabajos se centran específicamente en transcribir opiniones de personajes representativos y son mayoritariamente artículos de prensa. Mientras que del lado de la segunda son investigaciones o reflexiones cuyas conclusiones o resultados terminan por proponer alguna solución a la problemática detectada, y están representados por artículos en revistas científicas o informes de organismos. De

2013) los autores llegan a resultados similares a los de la Tabla 3, en lo que tiene que ver con el orden valorativo a las causas de la crisis. En ese trabajo las causas de la crisis de la ingeniería en el mundo fueron: procesos formativos, universidad, matemáticas, sociedad,... Al parecer, los investigadores y analistas internacionales y nacionales llegan a las mismas conclusiones: los procesos formativos son la causa principal de la crisis de la ingeniería. Para ofrecer mayor comprensión acerca de lo que es y representa este concepto, en la Figura 1 se describe el significado aplicado en los documentos consultados en ambas investigaciones.

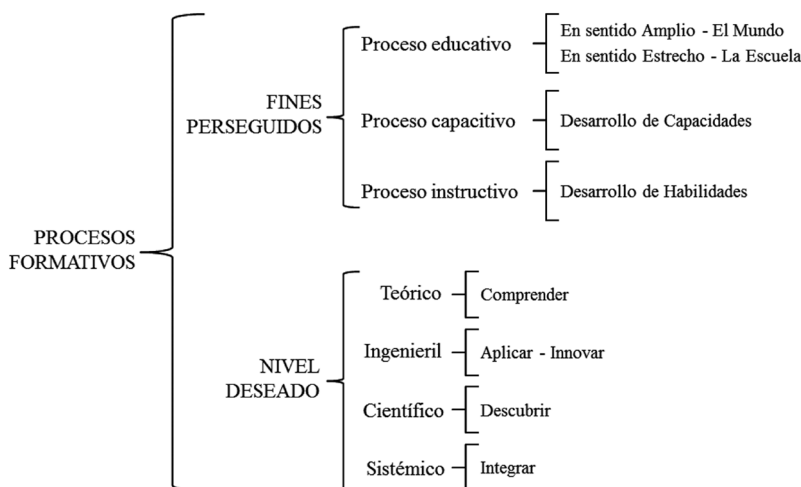


Figura 1. Estructura un sistema formativo

Tabla 3. Causas de la crisis de la ingeniería en Colombia

Causas	Trabajos	Porcentaje	Argumentos
Procesos formativos	18	78.3%	Poca investigación, innovación y desarrollo Concentración en lo técnico Falta interdisciplinariedad Ausencia de estímulo a la creatividad Prima la teoría sobre la práctica Desarticulación con la realidad del país Disminución de la calidad Facilistas Desconocimiento de la importancia de la lógica y la abstracción Desarticulación con la industria Baja calidad de contenidos Contenidos desfasados con la realidad Programas globalmente descontextualizados Desarticulación de contenidos Falta planificación No planifica Poca atención a las Ciencias Básicas Desintegrada de la Industria Prima la cantidad sobre la calidad Cultura del bajo esfuerzo Son pasarelas académicas Inadecuada contratación de profesores Baja remuneración a los profesores Desconocimiento del trabajo profesoral Sin prospectiva Apertura de programas sin reflexión adecuada Excesiva oferta de programas
Universidad	17	74.0%	Corrupción Educación media mediocre Permisividad Falta inversión Fuga de cerebros Crisis económica La ingeniería no tiene estatus Se desconoce el papel del ingeniero Se confunde las funciones del ingeniero Baja remuneración Es una profesión operativa Desinterés y desconocimiento de los problemas nacionales Pérdida de identidad No se valora lo nacional Consumismo de lo foráneo Desconocimiento de la profesión Mayor valoración a ocupaciones en música, TV, modelaje y deporte
Estado	15	65.2%	No investigan No innovan No desarrollan Falta capacitación Falta experiencia profesional No actualizan el conocimiento No difunden conocimiento No trabajan en equipo No integran contenidos Demasiada teoría y poca práctica Contenidos descontextualizados Ausencia de la resolución de problemas No motivan el desarrollo de la lógica Demasiado ego
Sociedad	11	48.0%	
Profesores	10	43.5%	

Estudiantes	8	34.8%	Facilistas Matemáticas Segunda lengua Inmediatez Cultura del bajo esfuerzo Distractores tecnológicos Trabajo
Industria	5	22%	Adopción del producto extranjero Baja remuneración Desconocimiento del perfil del ingeniero Prima lo técnico Proyectos sin estudio ni consultoría Técnicos y tecnólogos empleados como ingenieros Desintegrada de la academia No valora adecuadamente al profesional nacional

Otra cuestión en la que concuerdan es que los procesos formativos se estructuran con productos provenientes de diversos sistemas, como la universidad, la sociedad y el Estado, los cuales insertan, modifican o eliminan conceptos y principios desde o hacia ellos. En tales circunstancias, las causas representadas en la Tabla 3 se reflejan directa o indirectamente en ellos, por lo que se concluye que la crisis de la Ingeniería en Colombia se debe, de una u otra manera, a procesos formativos mal estructurados y mal orientados desde la academia, mal comprendidos y mal asimilados desde la sociedad, y mal emitidos, regulados y aplicados desde el Estado.

## 5. Conclusiones

Colombia es un país en vías de desarrollo pero los problemas sociales que lo afectan son los mismos que se presentan en cualquier país del mundo. La ingeniería es un área del conocimiento cuya función es hallar esos problemas, analizarlos y presentarles solución, pero si los estudiantes no deciden estudiar estas carreras, si los egresados no están suficientemente capacitados, y si no existe una política general para mejorar en este sentido, la sociedad se verá muy pronto agobiada por situaciones problemáticas cada vez más complejas pero sin el talento humano suficiente para resolverlas. Si desde ahora no se inician programas orientados a resolver esta crisis, el futuro será complicado, porque la preparación e introducción de profesionales bien capacitados necesita entre 10 y 20 años, como ya lo han experimentado las naciones desarrolladas que vienen trabajando en la solución a la crisis.

De acuerdo con los hallazgos de esta investigación la ingeniería en Colombia está en crisis, y las causas se originan principalmente en la universidad, el Estado y la Sociedad, pero se reflejan en los procesos formativos. En los trabajos analizados se argumenta reiterativamente que existe falta de dinamismo en estas instituciones, porque trabajan con intereses diferentes en lo que tiene que ver con la importancia de esta área del conocimiento. Otras cuestiones que originan la crisis son la falta de experiencia profesional de los profesores, la desactualización de conocimiento específico en ingeniería, los contenidos curriculares desarticulados, la falta de un componente práctico e integrador entre las diferentes materias, y el facilismo con que quieren pasar su vida los estudiantes. Es el momento de realizar estudios y análisis al problema, porque entre más se dilate mayor será la dificultad para resolverlo.

Actualmente no se observa relevo generacional a corto plazo, y la tendencia es que cada vez se graduarán menos ingenieros (Serna & Serna, 2013), mientras que el país los necesitan para seguir adelante con sus planes de desarrollo. Entre las soluciones presentadas en las propuestas se destacan: conformar administraciones universitarias dinámicas, actualizar constantemente los currículos y el conocimiento de los profesores, incrementar la práctica mediante la Formación Basada en Problemas, integrar materias y contenidos para darle relevancia a las matemáticas, elevar los requisitos de contratación profesoral en cuanto a experiencia profesional, y entablar un diálogo permanente entre la academia, la industria y el Estado.

## 6. Rerefencias

Brereton, P., Kitchenham, B., Budgen, D., Turner, M., & Khalil, M. (2007). Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of Systems and Software* 80 (4), 571-583.

Dyba, T., & Dingsoyr, T. (2008). Empirical studies of agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology* 50 (9-10), 833-859.

Kitchenham, B. (2003). Procedures for Undertaking Systematic Literature Reviews. *Joint Technical Report*. Computer Science Department, Keele University, UK.

Kitchenham, B., Brereton, P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering: A systematic literature review. *Information and Software Technology* 51 (1), 7-15.

Mahajan, S. (2014). *The art of insight in science and engineering - Mastering complexity*. Cambridge: MIT Press.

Serna, M.E. (2012). Editorial: La ingeniería en crisis. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software (RACCIS)* 2 (2), 5-6.

Serna, M.E., & Serna, A.A. (2013). El Observatorio de la Universidad Colombiana. *La formación en Ingeniería en Colombia: Una situación preocupante*. <http://www.universidad.edu.co/>

Serna, M.E., & Serna, A.A. (2013). Is it in crisis engineering in the world? A literature review. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* 1 (66), 199-208.

Time Magazine. (1952). Education: *Engineer Shortage*. <http://content.time.com/>

Waldrow, J. (2012). Professional Training in Software Engineering: A Critical Need in the United States. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software (RACCIS)* 2 (1), 6-10.

Weir, J. (1952). The Engineering crisis - And what you can do about it. *Engineering and Science* 15 (8), 23-28.



Revista Ingeniería y Competitividad por Universidad del Valle se encuentra bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento - Debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace.