

Revisión y diagnóstico sobre las condiciones de calidad en los programas de Ingeniería de Sistemas en Colombia

Gabriel-Jaime Correa-Henao, Jorge-Mario Gaviria-Hincapié y Ramiro A. Giraldo-Escobar

RESUMEN

En esta contribución técnica se presenta un estado del arte de la profesión de Ingeniería de Sistemas e Informática, tanto en el ámbito nacional en Colombia, como internacional, dando cuenta de su situación académica y contextualización, así como sus aspectos sociales y económicos. Dichos programas deben responder a la necesidad de apoyar la formación de ingenieros que contribuyan al desarrollo tecnológico y a la innovación en las regiones colombianas. Lo anterior, bajo la premisa de que la competitividad del país en un mundo globalizado está ligada a la disponibilidad de ingenieros que aporten al impulso de *clusters* tecnológicos y a la prestación de servicios de alto valor agregado, desde las regiones colombianas. En el artículo también se alude a una propuesta funcional, académica e investigativa articulada con lineamientos frente a los avances en ingeniería e informática en regiones colombianas. Esto sin dejar de lado el conjunto de valores (éticos, morales, sociales), que también deberían constituir un factor diferenciador de los programas de Ingeniería de Sistemas.

Palabras clave: Colombia, innovaciones curriculares, brecha digital, ingeniería informática, educación y computación.

Gabriel-Jaime Correa-Henao

gjcorreah@gmail.com

Colombiano. Doctor en Ingeniería Eléctrica. Profesor de la Universidad Católica Luis Amigó (FUNLAM), Medellín, Colombia. Temas de Investigación: educación en ingeniería, tecnologías para educación, desarrollo curricular para ingeniería, medio ambiente, energías renovables, mercados de la energía.

Jorge-Mario Gaviria-Hincapié

jorge.gaviriahi@gmail.com

Colombiano. Magister en Epidemiología. Fundación Universitaria María Cano (FUMC), Medellín, Colombia. Temas de Investigación: educación en ingeniería, desarrollo de software, tecnologías para educación, desarrollo curricular para ingeniería, modelos epidemiológicos.

Ramiro A. Giraldo-Escobar

rgiraldo@funlam.edu.co

Colombiano. Magister en Educación. Profesor de la Universidad Católica Luis Amigó (FUNLAM), Medellín, Colombia. Temas de Investigación: educación en ingeniería, tecnologías para educación, desarrollo curricular para ingeniería.



Revisão e diagnóstico sobre as condições de qualidade nos programas de Engenharia de Sistemas na Colômbia

RESUMO

Nesta contribuição técnica é apresentado o estado da arte da profissão de Engenharia de Sistemas e de Computação, tanto no âmbito nacional na Colômbia, quanto internacional, mostrando a situação acadêmica e contextualização, bem como seus aspectos sociais e econômicos. Esses programas devem responder à necessidade de apoiar a formação de engenheiros que contribuam no desenvolvimento tecnológico e na inovação nas regiões colombianas. O anterior, sob a premissa de que a competitividade do país no mundo globalizado está ligada à disponibilidade de engenheiros que contribuam para o impulso de *clusters* tecnológicos e à prestação de serviços de alto valor agregado, desde as regiões colombianas. O artigo também faz alusão a uma proposta funcional, acadêmica e investigativa articulada com diretrizes ante os avanços na engenharia e na computação nas regiões colombianas. Isso, sem deixar do lado o conjunto de valores (éticos, morais, sociais), que também deveriam constituir um fator diferenciador dos programas de Engenharia de Sistemas.

Palavras chave: Colômbia, inovações curriculares, brecha digital, engenharia de computação, educação e computação.

Review and diagnostic on the quality conditions in the IT Engineering programs in Colombia

ABSTRACT

This technical contribution presents a state of the art in the Engineering of Computer Systems and Information Technology profession, both in Colombia and abroad, giving an account of its academic situation and contextualization, as well as its social and economic aspects. These programs must respond to the need to support the training of engineers who contribute to technological development and innovation in Colombian regions. Thus, under the premise that the competitiveness of the country in a globalized world is linked to the availability of engineers who contribute to the drive of technological *clusters* and the provision of high added value services, from Colombian regions. This article also refers to a functional, academic and research proposal articulated with guidelines, given in engineering advances and information technology in Colombian regions. The above, without leaving aside the set of values (ethical, moral, social), which should also be a differentiating factor of the Systems Engineering programs.

Key words: Colombia, curricular innovations, digital gap, computer engineering, education and computing.

Recepción: 26/05/15. **Aprobación:** 16/02/16.

Introducción

De acuerdo con las proyecciones presentadas por el Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones (MinTIC) de Colombia se percibe un alto déficit de ingenieros de las áreas de la tecnología y la computación en el ámbito internacional (EAFIT e Infosys, 2014: p. 7). Los países latinoamericanos no escapan a dicha realidad. Se necesitan ingenieros para impulsar el desarrollo de muchos sectores hoy incipientes y en los cuales existe potencial para crecer. En el caso colombiano, también se requieren para re-inventar muchos sectores industriales en las diferentes regiones que han entrado o entrarán en crisis por la evolución de los desarrollos tecnológicos y su correlación con la globalización económica (Ulloa-Villegas, 2008).

Los autores de la presente contribución técnica pretenden llamar la atención sobre la necesidad de impulsar la educación en ingeniería especialmente aquella relacionada con las tecnologías de la información. El estudio se enfoca específicamente en la revisión y diagnóstico del estado del arte en la realidad colombiana, donde la influencia de las carreras de ingeniería de sistemas, informática y computación es relativamente débil, dado el bajo impacto económico en el producto interno bruto del país (Cuesta-Meza, 2010: 86). Lo anterior, dado que la producción endógena por excelencia en Colombia, se enfoca en la extracción minera (carbón, petróleo, oro, *commodities* mineros) y en la producción agropecuaria (cultivo del café, flores, frutas y granos, ganadería), que constituyen el sector principal de generación de ingresos para la economía del país. En ese sentido, se percibe una oportunidad de desarrollo que vale la pena enfrentar en el corto y mediano plazo, teniendo en cuenta la necesidad de contribuir al desarrollo tecnológico y a la innovación. De esta manera, el artículo pretende servir de referencia para soportar las reflexiones derivadas de estudios curriculares y estudios de mercado al interior de las instituciones de educación superior donde se ofrecen programas académicos afines al área.

Esta contribución técnica consiste en tres importantes secciones. Se presenta el marco teórico en torno a las definiciones dentro de la ingeniería de sistemas, informática y ciencias de la computación, así como su situación en Colombia, incluyendo una lectura de los desafíos actuales a los que se enfrentan los estudiantes de estos programas. En la segunda parte del artículo se presenta un completo diagnóstico sobre la situación de la ingeniería de sistemas en Colombia y su comparativo con las actuales tendencias educativas en el ámbito mundial, incluyendo las regulaciones gubernamentales y programas de incentivos y posibles recomendaciones para incorporar en la estructura curricular de los programas de ingeniería de sistemas. Lo anterior conduce a la presentación de algunas conclusiones, la tercera y última parte del artículo.

Marco teórico

Conceptos internacionales alrededor de los programas de Ingeniería de Sistemas e Informática

Los programas relacionados con la ingeniería informática y las ciencias de la computación tradicionalmente han especificado sus currículos a partir de las proposiciones expuestas por diversas instituciones, entre las que se pueden citar aquellas relacionadas con organismos profesionales a partir de la década de 1970 y 1980 (Association for Computing Machinery (ACM), 1968; Institute of Electric Electronic Engineers (IEEE_Society), 1983; IEEE, 1985). Informes elaborados conjuntamente por ambas asociaciones permiten perfilar a los programas relacionados con las ciencias de la computación, la ingeniería de sistemas e informática (ACM, 2004). Actualmente, se acepta la visión publicada conjuntamente por ACM Education Board y por IEEE Computer Society cuya propuesta educativa en el área está dividida en cuatro volúmenes: *Computer Science, Computer Engineering, Software Engineering e Information Systems* (ACM_IEEE, 2013). En ellos se



destacan los cambios en la disciplina producidos como resultado del auge de las redes de comunicaciones e internet: sistemas empujados y distribuidos, interoperatividad, programación orientada a objetos, desarrollo de interfaces de programación de aplicaciones sofisticadas, seguridad, criptografía, etcétera (Walrad, 2016). Cabe también destacar la inclusión de conocimientos orientados a la actividad profesional mediante mecanismos de cursos de proyectos, cursos sobre ética profesional y legislación, cursos de prácticas en empresas, cursos de desarrollos de software en equipo, etcétera (Llopis-Pascual, Llorens-Largo, Martínez-Ruiz y Carrasco-Embueña, 2010).

Asimismo, dado que las ciencias de la computación corresponden a una disciplina integrada, es necesario que los programas de estudio resalten los aspectos prácticos junto con los contenidos teóricos (Sánchez-Carracedo *et al.*, 2008). En general, existe conciencia internacional de la necesidad de establecer un modelo académico que conduzca a la formación de profesionales con los perfiles demandados y con las competencias profesionales requeridas por la sociedad, y garantizar que el egresado se convierta en un profesional competente en el mercado laboral que le rodea (Llopis-Pascual *et al.*, 2010). Las recomendaciones de los diferentes currículos de los programas de ciencias de la computación, informática y afines, proponen un conjunto de áreas centrales o básicas que deben incluirse en todos los programas y que no están sujetas a cambios demasiados rápidos en sus contenidos; estas materias deben proporcionar una base amplia sobre los principios de la ingeniería informática y es necesario que cubran con profundidad los aspectos básicos del hardware y software (IEEE_Society, 1983). Estas áreas centrales se establecen alrededor de los siguientes perfiles profesionales: desarrollo de software, tecnologías de la información, y sistemas y redes (Apon, Mache, Buyya, y Jin, 2004). Adicionalmente, algunas recomendaciones fundamentadas de Tucker y Barnes

(1991), remarcaban la importancia de los contenidos de ciencia en los programas de informática, por varios motivos, entre ellos por las aplicaciones científicas que se encontrarán los futuros ingenieros informáticos y el hecho de estar preparados para los avances científicos (Llopis-Pascual *et al.*, 2010: 28).

Retos de la Ingeniería de Sistemas e Informática para la región

La Ingeniería de Sistemas busca a través de la combinación de varias disciplinas, crear y estudiar sistemas complejos de información tecnológica que se materializan en programas de computación no tangibles conocidos como software. El nacimiento de esta carrera responde al vertiginoso ascenso de la tecnología informática y a la necesidad de que el país se vincule con nuevos cambios que el mundo plantea (Plazas, Sastoque y Duarte-Gómez, 2014: 5; RedSis_Colombia, 2015). Las tendencias tecnológicas globales buscan generar desarrollos que permitan transformar y mejorar las condiciones de vida del ser humano (Corrales-Nuñez, 2013: 3). Las de mayor valor agregado están orientadas integralmente a las siguientes temáticas: nanotecnología, biotecnología, infotecnología y cognotecnología. De manera particular, desde el objeto de formación, se habla de la simulación, los sistemas expertos, la inteligencia artificial, *cloud computing*; y desde lo organizacional de: ITIL (Information Technology Infrastructure Library), COBIT (Control Objectives for Information and related Technology), BI (Business Intelligence), Integración de Sistemas, entre otros (Zastrocky *et al.*, 2007: 10). Alrededor de esas iniciativas se viene realizando el desarrollo y la formación de profesionales en este campo en el ámbito mundial, donde el ingeniero de sistemas tendrá la responsabilidad social y profesional de estudiarlas, comprenderlas, soportarlas y aplicarlas de manera ética y responsable.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MinTIC) de Colombia, ha puesto en marcha el Plan Vive Digital que busca que el país

dé un gran salto de prosperidad democrática mediante la masificación de las tecnologías e internet (MinTIC Colombia, 2015b). Este Plan se encuentra estructurado en torno al ecosistema digital, cuyo modelo referencial está conformado por cuatro componentes que interactúan unos con otros y los cuales, al ser estimulados simultáneamente, generan un crecimiento y fortalecimiento del sector tecnologías de la información y comunicaciones (TIC).

Particularmente en Colombia se proyectan oportunidades en áreas como: desarrollo de software a la medida, *testing* de aplicaciones informáticas, y adaptación del software a mercados y sectores locales. También, con el progresivo despliegue de las infraestructuras de telecomunicaciones y la masificación de la banda ancha, existirán oportunidades relacionadas con las tecnologías de gestión y producción en la nube. Teniendo en cuenta la evolución de la sociedad del conocimiento, su entorno digital y la mayor interconexión e interactividad, se puede inferir que la demanda de tecnologías de seguridad digital, primero en entornos corporativos y progresivamente en entornos industriales, o ciber-seguridad industrial, será cada vez mayor (MinTIC, 2015b: 72). En 2009 se estimaba que la cantidad de conexiones a internet en Colombia era de 22.5 Millones (Central Intelligence Agency [CIA], 2017), lo que constituye una de las mayores tasas de penetración de internet en el mundo (48.7%) en relación con su población. Lo anterior, dado el estímulo avalado por el gobierno colombiano, quien ha decidido apostar a la masificación de la conectividad a través del programa Vive Digital para aumentar la competitividad del país, y disminuir la brecha digital (MinTIC, 2015b: 30).

Esta situación permite identificar la necesidad creciente en el ámbito local, regional y nacional de mejorar los índices de productividad y competitividad de las empresas, que les permitan estar a la vanguardia de los avances tecnológicos, en particular en el área de las ciencias de la computación.

Reseña sobre el Programa de Ingeniería de Sistemas en Colombia

En Colombia, el Programa de Ingeniería de Sistemas surge en la década de 1960 como un proceso de adopción de tecnología de las grandes empresas colombianas y cuyo manejo sólo era reservado para las personas que regresaban al país luego de cursar sus estudios en el extranjero. Desde entonces se ha percibido una necesidad de formar ingenieros en el área de tecnología en Colombia, lo cual motiva el surgimiento de instituciones educativas que ofrecen capacitación en este campo (por ejemplo, la Escuela de Minas en la ciudad de Medellín, la Universidad Nacional y la Universidad de los Andes en Bogotá). En el caso particular de la Universidad de los Andes, se ofreció un programa cuyo currículo se basó en el de la Universidad de Pensilvania; es aquí donde se le otorga a la profesión el nombre de Ingeniería de Sistemas, título que adoptarían luego las demás instituciones en Colombia. Los primeros egresados en el país aparecen a inicio de la década de 1970 (Rodríguez y Forero, 2006: 13). En ese entonces, los primeros profesionales de Ingeniería de Sistemas se enfrentaron a las oportunidades de negocio como: la prestación de servicio de tiempo de cómputo, soporte de aplicaciones a través de casas de software comercial y software a la medida, llegada de internet a Colombia (a partir de 1988), necesidad de promocionar la industria competitiva a nivel mundial debido a las exigencias de la globalización, etcétera (Hernández-Pantoja y Martínez-Navarro, 2009: 101; Ulloa-Villegas, 2008).

No obstante, las oportunidades potenciales de los ingenieros de sistemas en el entorno de la globalización empiezan a ser latentes. Empresas colombianas dedicadas al desarrollo de software comienzan a tener relevancia en el ámbito mundial, debido precisamente al ingenio y la creatividad que son reconocidos por multinacionales del software (Dinero, 2015). Países con tradición en el desarrollo de



software ven en Colombia un mercado potencial, que debido a los bajos costos de mano de obra, y por la calidad y las buenas prácticas en el desarrollo de aplicaciones, se convierte en un nicho de mercado interesante.

Comparativo de los programas de ciencias de la computación en Colombia y el mundo

Análisis descriptivo en un panorama internacional

Los temas de la educación y del conocimiento, están ligados a los grandes problemas del crecimiento, del bienestar y de la democracia. En buena medida, los logros o complicaciones en torno a tales problemas, estarán condicionados por la capacidad de los sistemas educacionales de organizar, transmitir, reproducir y distribuir equitativamente conocimientos y capacidades (Guerra-Rodríguez, 1999: 39). Con la incorporación de los desarrollos electrónicos y computacionales en las empresas y en los hogares, desde la década de 1980 se ha gestado una nueva sociedad en la que la información constituye un elemento determinante de su quehacer cotidiano que nos sumerge en un proceso de modificación de nuestras formas de vida conocido como globalización de la cultura y de la economía, a partir de los avances técnicos y científicos (Guerra-Rodríguez, 2000: 12).

Por lo anterior, en el ámbito regional (Colombia y América Latina) se evidencia la necesidad de impulsar asociaciones entre las empresas y las universidades (ojalá, con intervención de los Estados) para desarrollar ventajas competitivas sostenidas que permitan responder a estos retos y, con ello, permitir el impacto en la generación de riqueza dentro de la economía. Existen diversos factores, tanto internos como externos, que afectan a la competitividad del sector. Según el Índice de Competitividad de la Industria de IT (IT Industry Competitiveness Index) creado por la Economist Intelligence Unit para la Business Software Alliance, el caso de estudio en

Colombia permite inferir que dicho país es hoy más competitivo en el sector de TIC, al subir del puesto 52 en 2009 al puesto 49 en sólo 2 años (*Economist*, 2011). Dicha información se puede observar en la tabla 1. El “Índice de competitividad” consta de 26 indicadores agrupados en seis categorías, las cuales se definen textualmente como: *overall business environment* (10%), *IT infrastructure* (20%), *human capital* (20%), *legal environment* (10%), *R&D environment* (25%), *support for IT industry development* (15%).

Actualmente, se puede afirmar que los programas de pregrado en Ingeniería de Sistemas en Colombia están enmarcados dentro de las áreas de las Ciencias de la Computación, Ingeniería de Software y Sistemas de Información (Hernández-Pantoja y Martínez-Navarro, 2009). Internacionalmente, las profesiones afines a la ingeniería de sistemas e informática se conocen con el nombre de “Ciencias de la Computación”.

Un poco más de 7 000 instituciones de educación superior (IES) ofrecen el programa de Ciencias de la Computación y de la Información en el ámbito internacional (WEF, 2012: 35). No obstante, la calidad académica de las universidades se evidencia en los escalafones de diferentes índices de medición, entre los que se destacan el índice Shanghai (Center for World-Class Universities, 2015) y el índice QS (Quacquarelli_Symonds, 2016a, 2016b). Este último es el de mayor aceptación entre los ministerios de Educación de América Latina, tanto por su trayectoria histórica, como por la objetividad de sus mediciones, pues tiene en cuenta seis aspectos para la medición de la calidad universitaria: reputación académica (consultas globales entre instituciones), reputación de los empleadores, cocientes de compromiso docentes/estudiantes, citas bibliográficas de los trabajos investigativos, visitas de estudiantes internacionales, internacionalización.

Para las facultades de Ingeniería, se destaca el posicionamiento de las siguientes universidades, como las instituciones que ofrecen los mejores programas de ciencias computacionales y de la información

Tabla 1. Posicionamiento de Colombia respecto a otros países en cuanto a su competitividad TI (*Economist*, 2011)

País	Posicionamiento 2011	Puntaje 2011	Posicionamiento 2009	Puntaje 2009
Estados Unidos	7	80.5	1	78.9
Canadá	7	67.6	4	71.3
Chile	32	43.2	27	46.1
India	34	41.6	44	34.1
China	38	39.8	39	36.7
Brasil	39	39.5	40	36.6
México	44	37.0	48	32.0
Argentina	45	36.2	41	36.5
Rusia	46	35.2	38	36.8
Colombia	49	33.7	52	28.4
Perú	55	25.5	55	26.0
Venezuela	58	24.5	57	24.4
Ecuador	59	23.1	60	22.7
OCDE	-	57.3	-	57.1

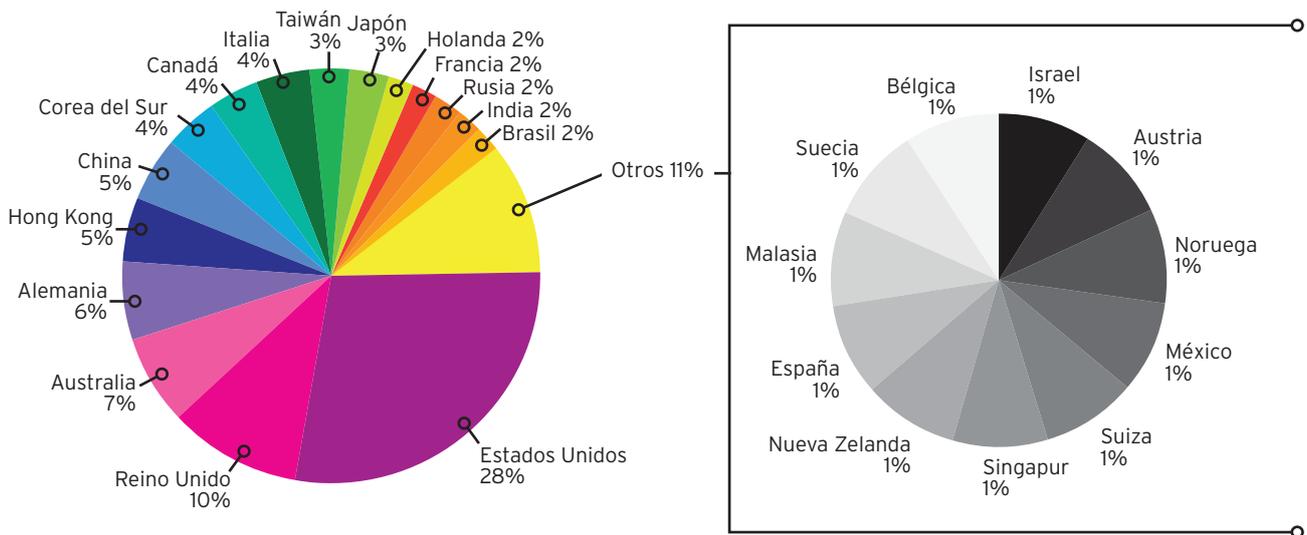
(Quacquarelli_Symonds, 2016b): Massachusetts Stanford University (EUA), Carnegie Mellon University (EUA), University of Cambridge (Reino Unido), Harvard University (EUA), University of California, Berkeley (EUA), University of Oxford (Reino Unido), ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology (Suiza), National University of Singapore (Singapur), Princeton University (EUA), The Hong Kong University of Science and Technology (Hong Kong), University of Edinburgh (Reino Unido), Imperial College London (Reino Unido), The University of Hong Kong (Hong Kong), The University of Melbourne (Australia), University of California Los Angeles (EUA), The Australian National University (Australia), The Chinese University of Hong Kong (Hong Kong), University of

Toronto (Canadá), The University of Tokyo (Japón), Nanyang Technological University (Singapur).

La figura 1 presenta el resumen de países con los mejores programas de educación en Ciencias de la Computación e Informática, tomando la información proporcionada por el *ranking* QS (Quacquarelli_Symonds, 2016b), con los 200 programas que obtuvieron la mejor calificación. Puede apreciarse la evidente ventaja que tienen los países que conforman la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), especialmente el núcleo de universidades con sede en Norteamérica, Europa y Australia. Llama la atención el hecho de que los países del bloque BRICS comienzan a ganar notoriedad en el listado de los mejores programas del mundo.



Figura 1. Distribución de países con los 200 mejores programas de Ciencias de la Computación e Informática, según ranking QS (Quacquarelli_Symonds, 2016b)



En el listado de los 200 mejores programas de Ciencias de la Computación e Informática, sólo clasifican 16 universidades de Iberoamérica, con posiciones que oscilan entre los puestos 86 a 185 del *ranking*. Dichas universidades son: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (México), Universidade de São Paulo (Brasil), Universidade Estadual de Campinas (Brasil), Universitat Politècnica de Catalunya (España), Instituto Politécnico Nacional (México), Politécnica de Madrid (España), Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile), Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil), Tecnológico de Monterrey (México), Universidad Carlos III de Madrid (España), Universidad de Buenos Aires (Argentina), Universidad de Chile (Chile), Universidade Federal de Minas Gerais (Brasil), Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil), Universitat de Barcelona (España). Ninguna universidad colombiana se menciona en el *ranking* de los mejores 200 programas (Quacquarelli_Symonds, 2016a).

De dicho listado, se tomaron 118 Universidades de varios países (Estados Unidos, Australia, Alemania,

Japón, Canadá, China, India, Brasil, México, Chile, Argentina, España, Reino Unido), y luego del análisis de la oferta de Ciencias de la Computación e Ingeniería de la Información, se evidenció que todas las instituciones citadas ofrecen el programa bajo la metodología presencial, como un título posterior a la secundaria y con grado universitario.

En general, la duración del programa es de cuatro años, exceptuando algunas universidades norteamericanas y europeas, donde se admiten programas con duración de tres años, con la salvedad de que todos los estudiantes y graduados deben continuar con su formación en el marco de los posgrados de maestría en Ciencias con énfasis en diferentes especialidades. Un programa de *máster* puede tener una duración de entre uno y dos años (como máximo), con énfasis en investigación, desarrollo e innovación y, en caso de que el estudiante así lo desee, puede efectuar su formación en el ámbito del doctorado. En las universidades latinoamericanas, el promedio de duración del programa de ingeniería oscila entre cuatro y cinco años. La tasa de ocupación laboral de

los ingenieros en promedio entre las 118 instituciones es mayor al 90%.

Es posible consultar el estudio presentado por Correa-Henao y Giraldo-Escobar (2015), donde se relacionan las 118 instituciones de carácter internacional de educación superior consultadas con el respectivo nombre del programa ofrecido, metodología, nivel académico, nivel de formación y tasa de ocupación general. La tasa general de ocupación, así como las estadísticas de penetración de internet (tanto las conexiones activas, como la tasa de penetración en la población) puede consultarse en bases estadísticas confiables (CIA, 2017). Como nota de observación, en Correa-Henao y Giraldo-Escobar (2015) se ha presentado la empleabilidad de la fuerza laboral de cada uno de los países analizados, que en todo caso es superior al 90%. Dicha tendencia también se aplica totalmente al mercado de profesionales en la materia. Puntualmente, en el dato de España se debe tener en cuenta que la empleabilidad para los ingenieros en informática es superior al 92%, y corresponde a una tendencia totalmente diferente de lo que ocurre al resto del mercado laboral en el país ibérico. Comparativamente con el caso colombiano, donde más del 90% de los graduados se encuentran vinculados laboralmente, se puede aplicar la misma conclusión que sucede en los países con las mejores universidades del mundo, en el sentido de que los pregrados de ingeniería informática, ciencias de la computación y afines, tienen gran demanda por parte del mercado laboral, así como alta valoración salarial en el sector económico de servicios de valor agregado.

Tendencias de innovación en la enseñanza de los programas de Informática

El estudio de mercado presentado en la anterior sección ha permitido detectar un componente de innovación en los programas de Ingeniería de Informática y/o Ciencias de la Computación,

especialmente en aquellos aspectos donde se identifican cambios y apropiación de nuevas metodologías de enseñanza, diferentes enfoques en los estudiantes e incorporación de herramientas TIC como medio de aprendizaje; por lo tanto la gestión de esta innovación es un elemento fundamental para medir su avance, y los beneficios que se generan tanto a nivel económico, tecnológico y administrativo (Ruta_N, 2015: 11) para las diferentes universidades analizadas.

A partir de la información suministrada en Quacquarelli_Symonds (2016a y 2016b) y UniRank (2017) se detectan cuatro grandes tendencias de innovación de las universidades que ofrecen los programas de informática y ciencias de la computación. Se destaca el incremento de instituciones tecnológicas educativas relacionadas directamente con el sector empresarial, así como la creación de experiencias personalizadas para el estudiante, la movilidad del estudiante y las novedades en los esquemas de financiación institucionales.

Incremento de nuevas instituciones tecnológicas educativas relacionadas con las empresas

Un elemento común para las universidades que ofrecen el programa y que se han catalogado entre las mejores facultades del área de ingeniería, es que dichos programas se enfocan en el mercado laboral, donde se hace uso de metodologías como el aprendizaje vivencial (Apon *et al.*, 2004). Esta tendencia se evidencia en la calificación de indicadores relacionados con el acercamiento universidad-empresa-comunidad, donde se brinda un aprendizaje flexible, con una metodología educativa aprendizaje-servicio. Adicionalmente, se observa un incremento en la solución de proyectos y retos empresariales como práctica en la universidad, pues se aplica la metodología de aprendizaje basado en problemas. Lo anterior facilita la empleabilidad laboral, el aprendizaje en el lugar de trabajo,



el emprendimiento, el aprendizaje para la vida y el aprendizaje inclusivo (Ruta_N, 2015: 12-13).

Creación de experiencia personalizada para el estudiante

Al acoger la diversidad de programas académicos relacionados con el área (ACM_IEEE, 2013), se facilita la inclusión y acceso a estudiantes sin importar su perfil (desarrolladores, administradores, redes, etcétera), con la notable aplicación de metodologías de aprendizaje de tipo *active learning* (Sánchez-Carracedo *et al.*, 2008), aumento de participación por la integración de las TIC (Zastrocky *et al.*, 2007), así como la transferencia de habilidades mediante metodologías y prácticas en la educación como modelo de clase inversa o aprendizaje invertido y el *e-learning* a través de la aplicación de tecnología (Montoya-Suárez y Correa-Henao, 2013), tanto para estudiantes como para profesores.

Movilidad del estudiante

En esta tendencia se tiene en cuenta el entorno social al trabajar con metodologías colaborativas como aprendizaje-servicio (empresas, convenios estatales e internacionales), así como la participación proyectos de educación e investigación que permiten la unión con otras instituciones (Ruta_N, 2015, p. 15).

Esquemas de financiación

En esta tendencia se evidencia el autosostenimiento económico de los programas de Ciencias de la Computación y de Ingeniería Informática mediante esquemas de alianzas estratégicas para el funcionamiento de la universidad, el patrocinio de las investigaciones y el patrocinio de la educación al estudiante mediante becas ofrecidas por entidades diferentes a la misma universidad (Ruta_N, 2015: 15).

Análisis descriptivo para el caso colombiano

Como se ha mencionado previamente en el ámbito internacional, las profesiones en Tecnologías de

la Información suelen conocerse con nombres como Ingeniería Informática, Ingeniería de Computación, Ingeniería de Sistemas, Ciencias de la Computación. En la gran mayoría de países, el ciclo profesional dura aproximadamente cuatro años, siendo la excepción a la regla la duración en algunos países (incluida Colombia), donde el programa se toma en cinco años. Hay que tener en cuenta que en algunos países, se exigen siete años de formación secundaria en contraste con los seis que se tienen en Colombia.

No obstante, teniendo en cuenta que los profesionales de la carrera de Ingeniería de Sistemas también pueden acceder al mercado laboral, también es importante mencionar el abanico de programas de Ingeniería de Sistemas y afines en Colombia. Es posible que se encuentren discrepancias, las cuales tienen fundamento en diversas razones (programas inactivos, alumnos no matriculados, etcétera), pero el espectro de este sondeo puede llegar a los 171 programas en Colombia. En este estudio, se enfatiza en la descripción de los programas acreditados de alta calidad, dentro de los cuales se pueden mencionar los programas ofrecidos por las siguientes instituciones de educación superior colombianas (MinEducación, 2016): Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Instituto Tecnológico Metropolitano, Politécnico Granacolombiano, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Autónoma de Manizales, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad Católica de Colombia, Universidad Cooperativa de Colombia, Universidad de Antioquia, Universidad de Boyacá, Universidad de Ibagué, Universidad de Los Andes, Universidad de Los Llanos, Universidad de Manizales, Universidad de Medellín, Universidad de Nariño, Universidad de San Buenaventura, Universidad del Cauca, Universidad del Norte, Universidad del Quindío, Universidad del Sinú, Universidad del Valle, Universidad Distrital, Universidad EAFIT, Universidad EAN, Universidad Francisco de Paula

Santander, Universidad ICESI, Universidad Industrial de Santander, Universidad Libre, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Sergio Arboleda, Universidad Simón Bolívar, Universidad Tecnológica de Bolívar, Universidad Tecnológica de Pereira, Corporación Universidad de la Costa, Corporación Universidad Piloto de Colombia, Corporación Universitaria de Investigación y Desarrollo, Institución Universitaria Salazar y Herrera, entre otras.

En el contexto colombiano se entiende como un programa Acreditado de alta calidad aquel cuya síntesis de características permiten su reconocimiento mediante un juicio sobre la distancia relativa entre el modo como ese programa académico presta el bien público de la educación y el óptimo que corresponde a su naturaleza (CNA, 2013: 5).

En el estudio presentado por Giraldo-Escobar y Correa-Henao (2015) se esbozan de manera general los programas con denominación de alta calidad en Colombia, y que están actualmente acreditados por el Ministerio de Educación Nacional (MinEducaación, 2016) de Colombia. Como observación general, se contabilizan 171 programas en el área de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Informática y de la Computación. En la misma tabla se puede apreciar la empleabilidad reportada para los profesionales del pregrado, y sus respectivos registros de enganche laboral (MinEducaación, 2015). La tabla presentada en Giraldo-Escobar y Correa-Henao (2015) proporciona información sobre la distribución de la oferta del programa de Ingeniería de Sistemas en el país. Obsérvese que las regiones del país donde se encuentra la mayor oferta de programas relacionados con Ingeniería de Sistemas se centra en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga, con más del 50% de la oferta del programa. Algunas regiones del país tienen oferta mínima de programas como el caso de: Región de la Amazonia, Orinoquia y Pacífico.

Los registros calificados en el Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES), relacionados con la aprobación de programas, parte del Ministerio de Educación (MinEducaación, 2016), demuestran que las mayores concentraciones de programas de Ingeniería de Sistemas, Informática y Computación se encuentran en Bogotá D.C. (20%), Antioquia (15%), Valle (10%), Atlántico (6%), Santander (6%), Bolívar (5%), Boyacá (3%), Cauca (3%), Caldas (3%), Cundinamarca (3%), Tolima (3%), Norte de Santander (3%) y Córdoba (3%). Cada uno de los demás departamentos (Guajira, Caquetá, Amazonas, Casanare, Risaralda, Quindío, Sucre, Cesar, Putumayo, Huila, Casanare, Arauca) oferta entre 1% y 2% de los programas académicos en dicha área de conocimiento.

La caracterización de los 171 programas analizados se efectuó a partir de las siguientes variables: duración y estructura. En resumen, el 88% de los registros calificados son válidos para programas de 10 semestres, 6% para programas de nueve semestres, 3% para programas de ocho semestres y 3% para programas de duración de 11 o 12 semestres. Lo anterior implica que 150 de los 171 programas analizados están diseñados para ser cursados durante 10 semestres académicos. Se cuentan 16 programas concebidos para ser cursados en ocho o nueve semestres y cinco programas para ser cursados en más de 10 semestres (generalmente, asociados a la duración de un periodo de prácticas empresariales).

Del análisis de registros calificados SNIES (MinEducaación, 2016), se encuentra que la tercera parte de los programas se encuentran en el intervalo comprendido entre 160 y 165 créditos, un 21% de ellos está entre 166 y 170, mientras que un 9% tiene más de 180 créditos en total. Asimismo, el 20% de los programas se ofrecen en Colombia con menos de 160 créditos. Vale la pena destacar que más de un 70% de las universidades con programas acreditados, ofrecen el pregrado de ingeniería de sistemas con más de 170 créditos.



El 27% de los programas tienen acreditación de alta calidad; el 42% de los programas se ofrecen en instituciones universitarias o en escuelas tecnológicas y el resto (58%) en universidades (aquellas instituciones reconocidas actualmente como tales y que acreditan su desempeño con criterio de universalidad en las siguientes actividades: investigación científica o tecnológica; formación académica en profesiones o disciplinas, y producción, desarrollo y transmisión del conocimiento y de la cultura universal y nacional). Como dato adicional, se destaca que un 58% de los programas se ofrecen en centros de educación superior de naturaleza privada (MinEducación, 2016).

A partir del estudio de mercado que se presenta en la tabla presentada en Giraldo-Escobar y Correa-Henao (2015), también es posible verificar la alta empleabilidad de la que gozan los profesionales en las carreras de Ingeniería de Sistemas y afines. Vale la pena anotar que un porcentaje significativo de graduados continúan la realización de programas de posgrado, por cuya razón deciden posponer la vinculación laboral. Lo anterior es usual en las carreras de ciclo corto (ocho o nueve semestres) y también se suele presentar en las universidades colombianas con acreditación de alta calidad.

Características de la formación universitaria en Ingeniería de Sistemas en Colombia

Recuérdese que el programa de Ingeniería de Sistemas se empezó a ofrecer en diferentes universidades colombianas desde principios de la década de 1970, como respuesta a la incorporación de las primeras tecnologías informáticas en la vida económica e industrial del país. Para 2015, el programa se ofrece en modalidad presencial en 171 IES en toda Colombia (MinEducación, 2016).

De las 171 IES antes mencionadas, cinco se encuentran en el *ranking* general de Latinoamérica según el QS *Latin American University Rankings*

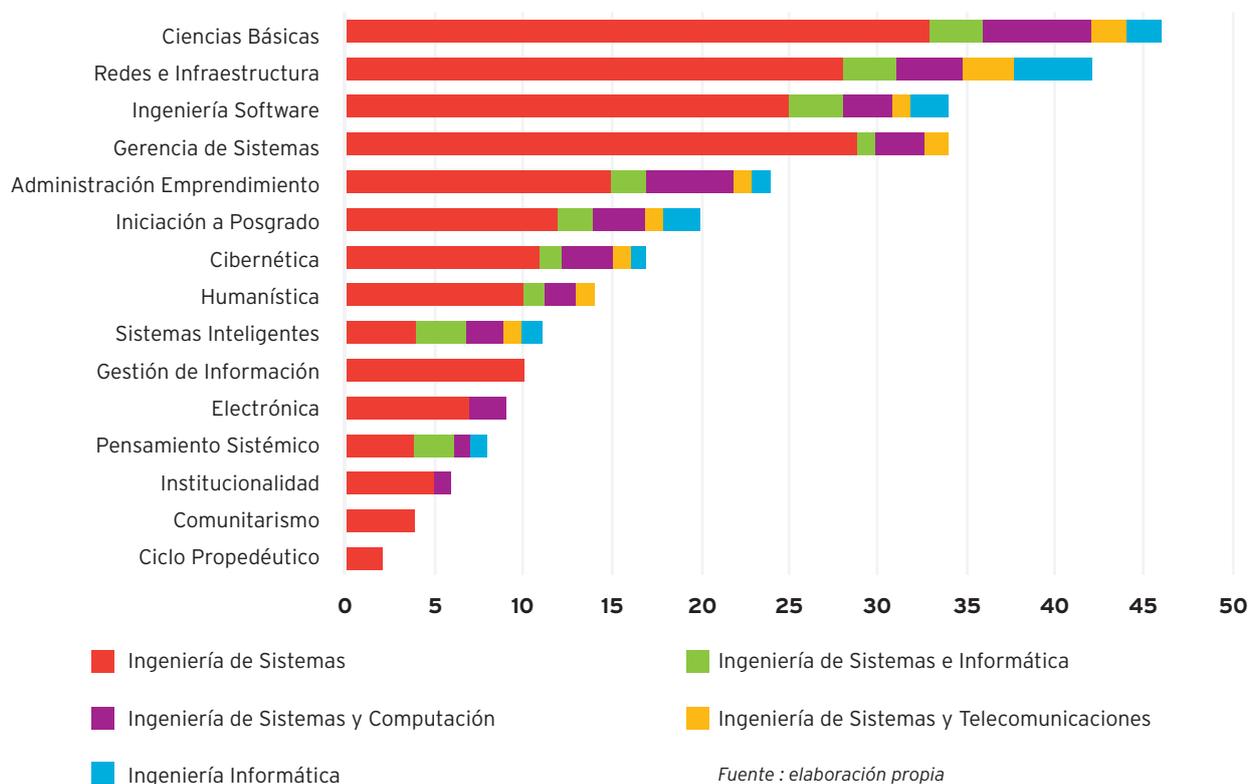
(Quacquarelli_Symonds, 2016a), y están a su vez entre los primeros 10 lugares del *ranking* nacional (UniRank, 2017): Universidad de los Andes, Universidad Nacional de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad de Antioquia y la Universidad del Rosario. Tanto estas instituciones como las relacionadas en la segunda parte del estudio elaborado por Giraldo-Escobar y Correa-Henao (2015), hacen parte del proceso de formación de los ingenieros de sistemas del país y son las más representativas de acuerdo con el *ranking* regional.

Las universidades relacionadas en Giraldo-Escobar y Correa-Henao (2015), ofrecen un programa de Ingeniería de Sistemas, reconocido con acreditación de alta calidad por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), con metodología presencial, de carácter universitario y bajo el nivel de formación de pregrado, los planes de estudio están configurados en créditos académicos en un rango entre 140 y 180 créditos para optar por el título profesional, en programas cuya duración oscila entre los ocho y los 10 semestres. Las universidades con pregrados de menos de 10 semestres ofrecen grandes estímulos a sus estudiantes para que se vinculen a los programas de posgrados que se ofrecen dentro de las mismas universidades, por ejemplo, mediante la convalidación de cursos avanzados. Adicionalmente, se suele promocionar la realización de dobles titulaciones en los programas de corta duración.

A partir de la información contenida en el estudio de mercado de Giraldo-Escobar y Correa-Henao (2015), se puede inferir el énfasis de formación de los programas de Ingeniería de Sistemas y afines, con mención de calidad por el MEN, cuyo resumen se puede apreciar en la figura 2.

La configuración de los planes de estudios corresponde a lo determinado por el MEN en referencia a los componentes de formación en las áreas de Ciencias Básicas, Ciencias Básicas Aplicadas, Ingeniería Aplicada, Formación Complementaria. Tal y como se informa en Giraldo-Escobar y Correa-Henao

Figura 2. Énfasis en la formación de los programas de Ingeniería de Sistemas y afines para los programas de alta calidad en Colombia



(2015), en Colombia se reconocen 47 programas con mención de alta calidad por parte del Ministerio de Educación Nacional de Colombia, con la denominación de Ingeniería de Sistemas y afines. En la figura 2 se puede inferir que el 100% de dichos programas tienen en las ciencias básicas (Matemáticas y Física) la sustentación para continuar impartiendo todos los cursos exigidos en las carreras de Ingeniería. Asimismo, se evidencia el énfasis en la formación en las siguientes áreas, por parte de los programas que hacen parte de este estudio de mercado:

- Redes informáticas, telemática e infraestructura (91%)
- Ingeniería de software, desarrollo de aplicaciones, programación multiplataforma, paradigma relacional y bases de datos (72%)
- Gerencia de sistemas de información y

proyectos informáticos (72%)

- Administración empresarial y emprendimiento (51%)
- Iniciación de estudiantes en cursos de posgrado (maestrías y especializaciones), así como iniciativas en proyectos de investigación (42%)
- Cibernética, sistemas de control y sistemas dinámicos (36%)
- Sistemas inteligentes y técnicas de inteligencia artificial (23%)
- Gestión de información y gestión del conocimiento (21%)
- Pensamiento sistémico, modelación de sistemas e investigación de operaciones (17%)
- Aspectos humanísticos, servicios comunitarios, institucionalidad y ciencias sociales (55%).

Retos para los programas de



Ingeniería de Sistemas en Colombia

Se puede concluir que la diferencia entre los programas colombianos y los extranjeros, en cuanto a la formación equivalente de las ciencias de la computación, electrónica, informática y sistemas, no es significativa, excepto por los periodos de dedicación en otros países (es mayor la dedicación del pregrado en Colombia). Estos ingenieros informáticos se consideran como profesionales capaces de actuar productivamente en equipos multidisciplinarios, donde demuestran habilidades para la autogestión y la co-gestión, además de una conducta de liderazgo empresarial (Kornecki, 2008). Es importante resaltar que a nivel general los programas de educación en ingeniería están inmersos en la adaptación de varias tendencias que viven las profesiones, tal como se muestra a continuación (CSTB, 2015; Walrad, 2016):

- *Factores de cambio.* Entre estos factores se consideran las mayores expectativas en productos y servicios por parte de las personas y de las políticas públicas respecto a mejores soluciones (desde nuevos dispositivos electrónicos domésticos, conectividad y democratización de la información); asimismo, nuevos contenidos generados por el avance de la ciencia y la tecnología; el requerimiento de soluciones más elaboradas e integrales en las sociedades más complejas de los países avanzados; las propias fuerzas internas de la práctica de la ingeniería, entre ellas: concurrencia de funciones, articulación con investigación y desarrollo, articulación con innovación e interdisciplinaria, nuevos métodos de diseño, trabajo en red, teletrabajo, uso intenso de tecnologías de la información en todas las fases de concepción, desarrollo y ejecución, aprovechamiento de servicios informáticos en la nube, internet de las cosas y nanotecnología (Ruta_N, 2015: 20).
- *Procesos de cambio.* Entre los procesos de cambio que impactan los programas de ingeniería, se

considera el mayor contenido de base científica y tecnológica; así como la creciente demanda social por más soluciones y sistemas que requieren ingeniería de calidad, eficiente y ambientalmente sustentable; igualmente, la aceleración del ciclo de desarrollo de productos; realización de servicios globales de ingeniería, entre otros.

- *Número de ingenieros.* En diversas sociedades se ha detectado la escasez de ingenieros medidos respecto de las necesidades actuales y proyectadas para los próximos 20 años. Países tan diversos como Alemania, China, India, Pakistán, Rusia, Brasil, así como países de África, han identificado esta carencia, en algunos casos en forma aguda, Colombia no es la excepción. Esta escasez se expresa en diversos ámbitos, desde la brecha informática hasta la computación avanzada, teniendo en cuenta que en varios países se ha detectado una pérdida relativa de interés por estudiar ingeniería frente a otras profesiones (Atehortúa-Ríos, 2014).

Incorporación del Plan Vive Digital en los programas universitarios

El sistema educativo juega un papel crítico en posibilitar las necesidades de una fuerza de trabajo que está compitiendo globalmente. Se reconoce que un sistema de educación fuerte, que ofrece programas de pregrado, es de suma importancia para el cumplimiento de los talentos necesarios por la industria de tecnologías de la información (MinTIC Colombia, 2015a). Vale la pena anotar que según estudios elaborados por el Ministerio de Tecnologías de la Información, se verifica un preocupante decremento en la formación de ingenieros, se ha pasado de 6 112 profesionales graduados en Ingeniería de Sistemas o afines en 2007 a 5 763 en 2012 (EAFIT e Infosys, 2014: 27; REDSIS, 2015). Adicionalmente, estos mismos estudios afirman que la participación de los graduados de Ingeniería de Sistemas de las

universidades ha caído de 48% en 2007 a 40% en 2012. Algunos de ellos pudieron moverse a la corriente de tecnólogos porque esta participación ha aumentado de 22% a 42%, o pudieron moverse a otras disciplinas (EAFIT e Infosys, 2014: 29; MinTIC, 2014).

Debido al impacto del despliegue masivo de las infraestructuras de comunicaciones, se incrementarán el número de servicios digitales prestados. Los servicios de almacenamiento en la nube y de contenidos digitales requerirán de prestaciones elevadas de infraestructuras de red, con el componente añadido de que el usuario no sólo es consumidor sino también generador de contenidos y servicios. Las tecnologías de producción, gestión y manipulación de contenidos complejos y servicios innovadores evolucionarán a medida que cada vez más servicios se presten sobre redes y plataformas digitales, fijas, móviles y convergentes (FITI, 2013: 18). Al incorporar las tecnologías del internet en la vida de las personas, a través de sensores o actuadores, y teniendo en cuenta la fragmentación del concepto de terminal alrededor de los usuarios (como relojes, pulseras, gafas, teléfonos, tabletas e interfaces), requerirá de no sólo una mayor calidad y capacidad de las redes, sino también de nuevas tecnologías móviles y sociales de gestión de red, así como estrategias de administración, seguridad y control de las redes, y de la gestión del entorno de un abonado que es activo y que funciona en movilidad para prácticamente todos los servicios (MinTIC Colombia, 2015a: 8).

Dentro del componente de aplicaciones, una de las principales iniciativas del Plan Vive Digital es la de Fortalecimiento de la Industria de Tecnologías de la Información (FITI) del país, precisando que en el contexto internacional, la industria TI hace referencia a la industria de software y servicios asociados. FITI define ocho dimensiones estratégicas para lograr sus objetivos: visión estratégica del sector (VES), investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), emprendimiento, calidad y vigilancia tecnológica en la

producción de software, asociatividad, normatividad, talento humano e infraestructura. Mediante la actuación coordinada en estas dimensiones estratégicas se busca consolidar la industria de software y servicios asociados en una industria de talla mundial (FITI, 2013: 2).

El mercado de la ingeniería de software en Colombia

A partir de la iniciativa FITI, se ha concebido el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia (ETIC), el cual pretende contribuir al aumento y efectividad de la inversión en actividades científicas, tecnológicas y de innovación para mejorar así la competitividad del sector productivo. En el plan ETIC también se ha puesto de manifiesto la existencia de un plan estratégico de mercadeo y ventas para el sector de software y servicios asociados, el cual sirve de guía para la visión estratégica del sector, pues permite focalizar y conducir la aplicación exitosa del negocio de software y servicios asociados en Colombia (FITI, 2013). A partir de información oficial del gobierno de Colombia, es posible conocer la situación actual del mercado de la industria considerado dentro del ETIC (Proexport, 2013); las cifras son impactantes por sí mismas: hardware, 58% = US\$3.782 millones; software, 12% = US\$ 801 millones; servicios de TI, 30% = US\$ 2.052 millones (total de la industria = US\$ 6.635 millones). Éste incluye el hardware, software y servicios de TI. Por otro lado, esta tendencia a mejorar se relaciona con que en los años 2011, 2012 y 2013 el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones, tuvo un crecimiento que supera en cerca de dos puntos al de la economía nacional, convirtiendo a este sector en uno de los que más progreso ha tenido en el último lustro (MinTIC Colombia, 2014). En el periodo 2010-2014 la meta inicial del MinTIC era duplicar las ventas de la industria de software en cuatro años, y no sólo se cumplió sino que casi se triplicó al pasar de 2.6 billones de pesos en ventas en 2010 a 7.5 billones



de pesos en 2014 (US\$ 3 000 millones). Una suma importante para potencializar el sector TI y aportarle a la economía del país (*Dinero*, 2015). Desde 2013 se han realizado estimativos económicos sobre valoración del mercado colombiano de TIC, el cual se estima en cerca de 21 billones de pesos (US\$ 7 000), conformado por componentes de hardware (57%), servicios TIC (31%) y software (12%).

Estos son algunos datos importantes, que tienen que ver con el desempeño técnico y financiero de las empresas de desarrollo de software, que en su mayoría se componen por pequeñas y medianas empresas enfocadas al mercado interno colombiano. No obstante, el mercado de TIC en Colombia suele preferir los soportes de empresas internacionales. Vale la pena destacar que en Colombia, las empresas de TIC no suelen nacer de iniciativas de *spin-off*, *start-up* o incubación de empresas. Algunos otros datos puntuales (EAFIT e Infosys, 2014: 33) también indican que el 50% de exportaciones de la industria de software las hacen multinacionales.

Teniendo en cuenta dichas necesidades del mercado TI, las universidades tratan de responder a los requerimientos del entorno laboral, enfatizando en la formación de profesionales que atiendan las tres áreas previamente expuestas. Estudios realizados por el Observatorio del Mercado de Trabajo y la Seguridad Social (Farné y Vergara, 2008), mencionan que dentro de las 10 carreras más rentables que tiene el país, se encuentra la Ingeniería de Sistemas, según la demanda que hacen las compañías por profesionales en esta área del conocimiento.

El mercado actual de tecnologías de la información en Colombia está madurando gradualmente, y hay mucho alcance para intervenciones de TI en diferentes sectores. A partir del estudio presentado en Correa-Henao y Giraldo-Escobar (2015), es posible reconocer el alto impacto que los graduados de los programas de Ingenierías de Sistemas, Informáticas, y afines tienen en el mercado laboral. Los profesionales que se vinculan a la vida laboral, reciben

remuneración relativamente alta, pues más del 45% de los ingenieros empleados perciben salarios superiores a los tres salarios mínimos legales vigentes (EAFIT e Infosys, 2014), lo cual equivale a un poco más de 800 dólares. El estudio de empleabilidad se realiza de conformidad con la disponibilidad de datos, correspondientes a 2012 y 2013 (MinEducación, 2015). En general, se percibe una alta disposición del sector de servicios para vincular a este tipo de profesionales, con salarios muy por encima del que devenga la fuerza laboral en Colombia, situándose en una media de \$1 700 000 (aproximadamente 700 dólares). Adicionalmente, se puede verificar la tendencia a que más del 95% de los graduados estén trabajando (MinEducación, 2015).

A partir de 2015, en Colombia se pueden evidenciar los primeros resultados del impacto de la estrategia de desarrollo de la industria de software. El país comienza a reconocerse como uno de los productores de mayor calidad en la industria de software. Un informe del Software Engineering Institute (SEI) señala que Colombia ocupa el primer lugar en la calificación de número de empresas valoradas en CMMI, en América Latina (la valoración más reconocida en el ámbito internacional tanto en desarrollo como en servicios, entre los niveles III y V). El país, según el informe, es el que más empresas tiene en el nivel cinco y supera a países como Brasil, Chile, Perú y Ecuador (*Dinero*, 2015).

Oportunidades para estructurar los programas de Ingeniería de Sistemas en Colombia

A partir de la información presentada en esta contribución técnica, se percibe el papel de los profesionales en ingeniería, como sujetos de múltiples disciplinas y conocimientos. Específicamente el desarrollo de la Ingeniería de Sistemas se concibe como una disciplina articuladora de soluciones creativas y sistemáticas a los problemas que ha presentado el hombre en su interacción con el desarrollo de las

TIC (Contreras-Pinochet, 2014). El intercambio de conocimientos y valores permite la integración de los saberes institucionales y favorece los procesos de innovación por medio de espacios colaborativos, en donde las fortalezas curriculares de otros programas con maduración y reconocimiento, son insumos para la consolidación de los programas afines a la Ingeniería de Sistemas (Heshusius, 2009).

Bajo la premisa de que la competitividad del país en un mundo globalizado está ligada a la disponibilidad de ingenieros que aporten al impulso de *clusters* tecnológicos y a la prestación de servicios de alto valor agregado desde las regiones (CamaraMED, 2013), es lógico pensar que la formación integral de estos profesionales debe abarcar competencias mínimas que les permitan desempeñar en la sociedad las condiciones técnicas, administrativas y sociales, incluyendo énfasis en la formación de las siguientes habilidades:

- Capacidad de aplicar conocimientos de las ciencias básicas a la identificación, formulación, resolución y evaluación de problemas propios de la ingeniería de sistemas en sus áreas de desarrollo de software, administración de sistemas, redes informáticas y pensamiento sistémico.
- Capacidad para conducir experimentos, analizar e interpretar datos referidos al diseño, construcción y operación de iniciativas en torno a las tecnologías de la información, en una visión sistémica de infraestructuras, usuarios, aplicaciones y soluciones propias de la ingeniería de sistemas y las ciencias de la computación.
- Reconocimiento de problemáticas contemporáneas externas a la ingeniería de sistemas pero que afectan la toma de decisiones respecto del diseño, la implementación, la operación y evaluación y control de sistemas, equipos, componentes o procesos propios de la ingeniería de sistemas y de las ciencias de la computación (Apon *et al.*, 2004).

- Habilidad para concebir, diseñar, implementar, operar, evaluar y controlar sistemas, equipos, componentes o procesos propios de las ciencias de la computación, cumpliendo con las especificaciones técnicas y legales demandadas por el contexto y considerando restricciones económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, y sustentabilidad.
- Solución a problemáticas reales y formación para la vida laboral. Teniendo en cuenta que las diferentes metodologías activas y colaborativas están centradas en la solución de problemas reales, se mejora el proceso de aprendizaje de los diferentes estudiantes al ofrecerles habilidades que les permitan resolver problemas complejos por sí solos o de forma grupal, de las mismas características que se encuentran en las empresas en entornos reales (Ruta_N, 2015: 16). Con esto los estudiantes se preparan para una vida laboral donde serán capaces de enfrentar de manera técnica y estructurada dichas dificultades.

Para ello, se hace necesario incorporar contenidos y metodologías en la formación de los ingenieros, como los que fueron expuestos en las secciones de este artículo. El paso de la tradición a la innovación no es un simple cambio de soporte sino que consiste, más bien, en verificar y analizar nuevas formas de enseñanza-aprendizaje que proporcionen resultados cognitivos óptimos (ACM_IEEE, 2013). Lograr este objetivo requiere una buena formación interdisciplinaria por parte de los docentes, no sólo desde el punto de vista de las ciencias básicas, las matemáticas y las técnicas en ingeniería, sino también en didáctica y pedagogía (Prince-Cruzat y Llach-Valdivieso, 2006: 2). Igualmente, es importante dejar evidencia por parte de estos programas para favorecer la retención estudiantil, teniendo en cuenta los puntos de vista y las opiniones de los estudiantes que experimentan algún tipo de vulnerabilidad económica, psicológica, social o académica (Heshusius, 2009).



Finalmente, vale la pena mencionar la ventaja de incorporar a los estudiantes en los mercados laborales, a través de la relación universidad-empresa: el amplio interés evidenciado por parte de las empresas de contar con personal calificado y con experiencia, permite a las universidades alinear las metas de estudio de los estudiantes con las necesidades empresariales, brindándose una relación estrecha, en donde las empresas abren sus puertas para que los estudiantes conozcan algunos de sus proyectos y las universidades a través de la aplicación de diferentes metodologías de aprendizaje a sus estudiantes, brindan la solución a estos problemas profesionales auténticos (Walrad, 2016).

Conclusiones

En esta contribución técnica se evidencia el cumplimiento del objetivo planteado al principio del artículo, en el sentido de justificar la adaptación de los programas de Ingeniería de Sistemas, Informática y Ciencias de la Computación, en línea con las exigencias internacionales, que permitan disminuir la brecha digital percibida en un país como Colombia y en general, en América Latina.

Se ha puesto de manifiesto la necesidad de articular los temas del saber, la tecnología y la educación dentro de un lugar prioritario en la agenda del desarrollo económico de los países, pues los temas de la educación y del conocimiento, están ligados a los grandes problemas del crecimiento, del bienestar y de la democracia.

La interdisciplinariedad del programa de Ingeniería de Sistemas se visualiza en la integración de áreas como matemáticas, física, estadística, administración, diseño, sostenibilidad, legislación, pensamiento

sistémico, responsabilidad social, ciencias sociales, tecnología, creatividad, innovación y ética, que confluyen en un solo currículo para abastecer la demanda de profesionales en esta especialidad y que permite el intercambio de conocimientos entre los estudiantes de las diferentes disciplinas de la institución, con quienes estarán compartiendo la formación en las áreas comunes.

En un mundo globalizado en donde la competencia de mercados y saberes ha pasado de la escala local al orden mundial, a partir del desarrollo de las comunicaciones y la sociedad del conocimiento, la formación científica, humanística y profesional de los estudiantes que egresan de los programas de ingeniería debe corresponder a las demandas que les hacen los nuevos ambientes generados en la sociedad, como los presentados en la contribución técnica.

Según estas propuestas, los estudiantes deben aprender a integrar teoría y práctica para reconocer la importancia de la abstracción y apreciar el valor de un buen diseño. Los estudiantes deben prepararse para que se adapten con rapidez a las constantes innovaciones tecnológicas.

Teniendo en cuenta los desafíos y oportunidades previamente mencionados, se proponen contenidos curriculares para futuros programas de Ingeniería de Sistemas, los cuales se alinean con las tendencias que brindan al estudiante una formación completa en las siguientes áreas: ciencias básicas, programación, gerencia tecnológica, infraestructura y conectividad. Esto, sin dejar de lado el conjunto de valores (éticos, morales, sociales), que también deben constituir un factor diferenciador de los programas de Ingeniería de Sistemas. ■

Referencias

- Apon, A., J. Mache, R. Buyya y H. Jin (2004), "Cluster computing in the classroom and integration with computing curricula 2001", en *IEEE Transactions on Education*, 47(2), pp. 188-195, <<https://doi.org/10.1109/TE.2004.824842>> .
- Association for Computing Machinery (ACM)- Institute of Electric Electronic Engineers (IEEE) (2013), *Computer science curricula 2013: curriculum guidelines for undergraduate degree programs in computer science*, Nueva York, ACM/IEEE URL: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2534860>> [Consulta: mayo de 2015].
- ACM (2004), "Curriculum guidelines for undergraduate degree programs in software engineering", en *The joint task force on computing curricula*, <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2594168>> [Consulta: marzo de 2016].
- ACM (1968), "Curriculum 68: recommendations for the undergraduate program in computer science", en *Communications of the ACM*, vol. 11, núm. 3, pp. 151-197, <<http://cacm.acm.org/magazines/1968/3/>> [Consulta: mayo de 2015].
- Atehortúa-Ríos, C. A. (2014), "Medellín y sus políticas en TIC", en *Opinión. Periódico El Mundo*, Medellín, Colombia, <http://www.elmundo.com/portal/opinion/columnistas/medellin_y_sus_politicas_en_tic.php#.VbZxtvl_Okp> [Consulta: marzo de 2015].
- Cámara de Comercio de Medellín (CamaraMED) (2013), "Comunidad cluster en Medellín", en *Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia*, <<http://www.camaramedellin.com.co/site/Cluster-y-Competitividad/Comunidad-Cluster.aspx>> [Consulta: marzo de 2015].
- Center for World-Class Universities (2015), "Academic ranking of world universities", en *Shanghai Ranking World Universities*, <<http://www.shanghairanking.com/es/index.html>> [Consulta: marzo de 2016].
- Central Intelligence Agency (CIA) (2017), "The World Factbook", en *Central Intelligence Agency's World Statistics*, <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>> [Consulta: marzo de 2017].
- Consejo Nacional de Acreditación (CNA) (2013), "Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado", en *Consejo Nacional de Acreditación del Ministerio de Educación de Colombia*, <http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf> [Consulta: marzo de 2015].
- Contreras-Pinochet, L. H. (2014), "Teoría sistémica [Capítulo 2]", en L. H. Contreras-Pinochet, *Tecnología da Informação e Comunicação*, Rio de Janeiro, Elsevier Editora, pp. 35-63.
- Corrales-Nuñez, S. (2013), "Elhechocientíficoyla computación: e-science como agente de transformación en lo científico y lo social", en *Revista Trama*, vol. 3, núm. 1, pp. 1-25, <<http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/trama/article/view/1083>> [Consulta: mayo de 2015].
- Computer Science & Telecommunications Board (CSTB) (2015), "Computer Science & Telecommunications Board", en *Division on U.S. Engineering and Physical Sciences*, <<http://sites.nationalacademies.org/CSTB/index.htm>> [Consulta: noviembre de 2015].
- Correa-Henao, G. J. y R. Giraldo-Escobar (2015), "Anexo 1. Oferta de programas de Ingeniería de Sistemas, Informática y afines en Colombia", en *Estudios previos de mercado de la Universidad Luis Amigó*, <<http://bit.ly/1SsQGwM>> [Consulta: marzo de 2016].
- Cuesta-Meza, A. (2010), "Caracterización de la industria del software en el Triángulo del Café-Colombia", en *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 4, núm. 7, pp. 76-87, <<http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/entrecei/article/view/2000>> [Consulta: mayo de 2015].
- Dinero (2015), "Colombia, el primer productor de software de calidad en la región", en *Publicaciones Electrónicas de la Revista Dinero*, <<http://www.dinero.com/pais/articulo/mayores-productores-software-latinoamerica/207076>> [Consulta: marzo de 2015].
- EAFIT e Infosys (2014) "Brecha de talento digital en Colombia", en *Informe Final del Convenio EAFIT-Infosys*, Medellín (Colombia), <<http://bit.ly/1DkW2Ek>> [Consulta: marzo de 2015].



- Economist (2011), “IT Industry Competitiveness Index”, en *Magazine The Economist*, <<http://globalindex11.bsa.org/>> [Consulta: marzo de 2015].
- Farné, S., y C. A. Vergara (2008), “Los profesionales colombianos en el siglo XXI. ¿Más estudian, más ganan?”, en *Boletín Universidad Externado de Colombia*, Bogotá (Colombia), <<http://www.uexternado.edu.co/pdf/investigacion%20cuaderno.pdf>> [Consulta: marzo de 2015].
- Fortalecimiento de la Industria de las Tecnologías de Información (FITI) (2013), “Visión estratégica del sector de software y servicios asociados. Plan de mercadeo y ventas regionalizado del sector en Colombia”, en *Iniciativa Fortalecimiento de la Industria de las Tecnologías de Información de Ministerio TIC Colombia*, <<http://www.fiti.gov.co/Images/Recursos/resumenejecutivos-v130827.pdf>> [Consulta: marzo de 2015].
- Giraldo-Escobar, R. y G. J. Correa-Henao (2015), “Anexo 2. Oferta de Programas de Ingeniería de Sistemas con Denominación de Alta Calidad en Colombia”, en *Estudios Previos de Mercado de la Universidad Luis Amigó*, <<http://bit.ly/1RCQyz3>> [Consulta: marzo de 2015].
- Guerra-Rodríguez, D. (2000), “Situación actual y perspectiva de la educación en la ingeniería en México. Parte II: Propuestas”, en *Ingenierías FIME-UANL*, vol. 3, núm. 6, pp. 8-14, <<http://bit.ly/1uBDQGA>> [Consulta: mayo de 2015].
- Guerra-Rodríguez, D. (1999), “Situación actual y perspectiva de la educación en la ingeniería en México. Parte I: Diagnóstico”, en *Ingenierías FIME-UANL*, vol. 1, núm. 5, pp. 39-44, <<http://bit.ly/1E55gVb>> [Consulta: mayo de 2015].
- Hernández-Pantoja, G. A. y A. A. Martínez-Navarro (2009), “Ingeniería de Sistemas: retrospectiva y desafíos”, en *Revista Unimar*, vol. 27, núm. 4, pp. 97-106, <<http://www.umariana.edu.co/ojs-editorial/index.php/unimar/article/view/155/134>> [Consulta: mayo de 2015].
- Heshusius, K. (2009), “Colombia: desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina [Capítulo 5]”, en P. Bastos-Tigre y F. Silveira-Marques, *Technology*, Bogotá, CEPAL/Mayol Ediciones, pp. 139-170, <<http://repositorio.cepal.org/handle/11362/1989>> [Consulta: mayo de 2015].
- Institute of Electric Electronic Engineers (IEEE) (1985), “New and Recent IEEE publications”, en *ANSI/IEEE Spectrum, Standard 100*, <<https://doi.org/10.1109/MSPEC.1985.6370764>> [Consulta: marzo de 2015].
- IEEE (1983), “The 1983 IEEE Computer Society model program in computer science and engineering”, en P. Silver Spring, *IEEE Computer Society order number 932*, Nueva York, <<https://searchworks.stanford.edu/view/1614852>> [Consulta: mayo de 2015].
- Kornecki, A. J. (2008), “Computing curricula for the 21st Century”, en *IEEE Distributed Systems Online*, vol. 9, núm. 2, pp. 2-12, <<https://doi.org/10.1109/MDSO.2008.5>> [Consulta: mayo de 2015].
- Llopis-Pascual, F., F. Llorens-Largo, M. A. Martínez-Ruiz y V. Carrasco-Embueña (2010), “Adecuación del Primer Curso de los Estudios de Informática al Espacio Europeo de Educación Superior”, en *Documentos Investigativos de la Universidad de Alicante*, <<http://hdl.handle.net/10045/20336>> [Consulta: marzo de 2015].
- Ministerio de Educación (MinEducación) (2016), “Programas aprobados de Educación Superior en Colombia”, en *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ministerio de Educación de Colombia*, <<http://snies.mineducacion.gov.co>> [Consulta: marzo de 2015].
- MinEducación (2015), “Observatorio Laboral para la Educación en Colombia”, en *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ministerio de Educación de Colombia*, <<http://bit.ly/1uwq1cu>> [Consulta: marzo de 2015].
- Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) (2015a), “Fortalecimiento de la Industria de Tecnologías de Información en Colombia”, en *Políticas Públicas del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia*, <<http://www.fiti.gov.co>> [Consulta: marzo de 2015].
- MinTIC (2015b), “Plan Vive Digital Colombia”, en *Políticas Públicas del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia*, <<http://www.fiti.gov.co>> [Consulta: marzo de 2015].

- mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/articulos-1510_recurso_1.pdf> [Consulta: marzo de 2015].
- MinTIC Colombia (2014), “Resumen sobre la formación del talento digital”, en *Políticas Públicas del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia*, <<http://www.acis.org.co/revistasistemas/index.php/revista-sistemas/edicion-133>> [Consulta: marzo de 2015].
- Montoya-Suárez, L. M. y G. J. Correa-Henao (2013), “Enseñanza en la Ingeniería de software: aproximación a un estado del arte”, en *Lámpakos*, núm. 10, pp. 76-91, <<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampakos/article/view/1338/1216>> [Consulta: mayo de 2015].
- Plazas, L., L. Sastoque y A. Duarte-Gómez (2014), “Estudio de la dimensión empresarial y gremial de la situación actual y prospectiva de la ingeniería de sistemas”, en *Revista Matices Tecnológicos*, núm. 4, pp. 1-9, <<http://www.unisangil.edu.co/publicaciones/index.php/revista-matices-tecnologicos/article/view/15/20>> [Consulta: mayo de 2015].
- Prince-Cruzat, S. y C. Llach-Valdivieso (2006), “El estatus epistemológico de la ingeniería y su importancia para el diseño curricular”, en *Jornadas Chilenas de Computación. Escuela de Ingeniería Civil Informática*, Talca, Universidad Católica del Maule, <<http://www.eici.ucm.cl/descargas/sochedi/prince-sergio.pdf>> [Consulta: marzo de 2015].
- Proexport Colombia (2013), “Aliado estratégico para inversiones internacionales”, en *Oficina para la Promoción del Comercio Exterior de Colombia*, <<http://bit.ly/1zg6PAs>> [Consulta: marzo de 2015].
- Quacquarelli_Symonds (QS) (2016a), “QS University Rankings: Latin America 2016”, en *QS World Top Universities*, <<http://bit.ly/1Gdhk9A>> [Consulta: marzo de 2017].
- QS (2016b), “World’s Top Universities”, en *QS World Top Universities*, <<http://www.topuniversities.com>> [Consulta: marzo de 2015].
- Redis_Colombia (2015), “Estado actual de la Ingeniería de Sistemas en el país”, en *Red de Decanos y Directores de Carreras de Ingeniería de Sistemas, Informática y Afines en Colombia*, <<http://rediscol.org/>> [Consulta: marzo de 2016].
- Rodríguez, M. y C. Forero (2006), *Caracterización de la Ingeniería de Sistemas y programas afines en Colombia*, Bogotá, Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas, <<http://www.acis.org.co/fileadmin/LibroCaracterizacionIngSis/Investigacion.pdf>> [Consulta: marzo de 2015].
- Ruta_N (2016), “Observatorio CT+i: Informe No. 1 Área de oportunidad: Innovación en educación superior”, en Corporación Ruta N Medellín, *Cluster TIC*, <<http://www.brainbookn.com>> [Consulta: marzo de 2016].
- Ruta_N (2015), “Ruta N: Innovación en Medellín”, en Corporación Ruta N Medellín, *Cluster TIC*, <<http://rutanmedellin.org/es>> [Consulta: junio de 2015].
- Sánchez-Carracedo, F., J. García-Almiñana, M. A. Díaz-Fondón, M. Riesco-Albizu, J. R. Pérez-Pérez y A. Juan-Fuente (2008), “Estrategia de diseño y aspectos a considerar en los planes de Estudios de Grado en Ingeniería Informática”, en *Revista de Investigación en Docencia Universitaria de la Informática*, vol. 1, núm. 1, pp. 6-26, <<http://bit.ly/1PL9LI5>> [Consulta: mayo de 2015].
- Tucker, A. B. y B. H. Barnes (1991), “Flexible design: a summary of computing curricula 1991”, en *Computer*, vol. 24, núm. 11, pp. 56-66, <<https://doi.org/10.1109/2.116851>> [Consulta: mayo de 2015].
- Ulloa-Villegas, G. (2008), “¿Qué pasa con la ingeniería en Colombia?”, en *Apuntes de Ingeniería en Colombia*, <<http://www.eduteka.org/IngenieriaColombia.php>> [Consulta: marzo de 2015].
- UniRank (2017), “International Colleges & Universities”, en *International Ranking of Universities*, <<http://www.4icu.org/co/>> [Consulta: marzo de 2017].
- Walrad, C. C. (2016), “The IEEE Computer Society and ACM’s Collaboration on Computing Education”, en *Computer*, vol. 49, núm. 3, pp. 88-91, <<https://doi.org/10.1109/MC.2016.67>> [Consulta: marzo de 2017].
- World Economic Forum (WEF) (2012), “The Global Information Technology Report”, en S. Dutta y B. Bilbao-Osorio, *World Economic Forum Outlook Reviews*, Génova, <<http://bit.ly/188dYIT>> [Consulta: marzo de 2015].



Zastrocky, M., M. Harris, J. M. Lowendahl, W. A. de Azevedo Filho, C. Claunch y G. J. Weiss (2007), “Hype Cycle for Higher Education”, en *Stanford University Notes*,

Stanford, <http://libapps2.nus.edu.sg/gartner/hype_cycle_for_higher_educat_148910.pdf> [Consulta: marzo de 2015].

Cómo citar este artículo:

Correa-Henao, Gabriel-Jaime, Jorge-Mario Gaviria-Hincapié y Ramiro A. Giraldo-Escobar (2017), “Revisión y diagnóstico sobre las condiciones de calidad en los programas de Ingeniería de Sistemas en Colombia”, en *Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES)*, México, UNAM-IISUE/Universia, vol. VIII, núm. 22, pp. 3-24, <https://ries.universia.net/article/view/1332/revison-diagnostico-condiciones-calidad-programas-ingenieria-sistemas-colombia> [consulta: fecha de última consulta].