

La enseñanza de la Ingeniería en su encrucijada

Nunca antes la Ingeniería necesitó más del apoyo de la sociedad y la sociedad necesitó más de los avances de la Ingeniería que ahora. Sin embargo, hay una sensación de desmotivación por parte de los estudiantes para cursar programas de Ingeniería, por lo que otras carreras son más apetecidas como Administración, Economía, Periodismo, Derecho y Humanidades. En primer lugar, esto ocurre en parte porque la tecnología está en general al alcance de todos, es decir, todos son asiduos usuarios de ella, confundiendo su uso cotidiano (soluciones de conectar y usar) con la complejidad de fondo que existe para crearlas e implementarlas. En segundo lugar, los estudiantes potenciales de Ingeniería esperan una educación en tecnología con actividades prácticas inmediatas y con el mínimo de teoría formal, porque, en definitiva: todo es tan fácil de usar que se cree que no es necesario complicarse con comprender a fondo cómo se conciben, fabrican, operan y se realiza la disposición final de un equipo o sistema técnico. Por último, podría mencionarse el desenlace frecuente de estudiar una Ingeniería, ya que los recién graduados muchas veces no cuentan con las habilidades y conocimientos que demanda el mercado laboral y son recibidos con salarios pocos atractivos; a lo que se suma el descubrimiento de que los egresados de otras carreras con poca preparación técnica y de Ingeniería se apoyan en el uso de las tecnologías y las convierten en negocios altamente rentables.

Es un hecho palpable la disparidad existente entre el conocimiento que se enseña en la universidad y el demandado en las empresas (Becker, 2010). En general, algunas habilidades que las empresas consideran muy importantes no se están enseñando de manera suficiente por las universidades, con excepción de los conocimientos teóricos, como se puede apreciar en la Figura 1. Se requiere por tanto de cierto trabajo de acercamiento y acoplamiento de los contenidos y objetivos de formación formulados en los currículos actuales de Ingeniería, con el ámbito de actuación presente y futuro de los ingenieros.

La tecnología generada por medio de la ciencia y la Ingeniería ha mejorado de manera continua y creciente las condiciones de vida de miles de millones de personas en todo el mundo. Actualmente, los indicadores globales de expectativa de vida, servicios básicos, bienestar, seguridad y salud, entre otros, son muy superiores a, por ejemplo, los registrados hace apenas 50 años. No obstante, se debe señalar que la mejoría en la calidad de vida con el uso de mejor y más tecnología no ha alcanzado a toda la población, sobre todo por la toma de malas decisiones políticas y económicas. Peor aún, los órganos decisores han descuidado el medio ambiente y no siempre han escogido las mejores tecnologías existentes en

The crossroads of Engineering education

Never before has Engineering needed more from the support of society and society needed more from the advances of Engineering than now. However, there is a feeling of demotivation among the students to pursue Engineering programs, thus other careers are more desirable such as Administration, Economics, Journalism, Law and Humanities. In the first place, this occurs partially because technology is generally available to everyone, that is, everyone is a regular user of it, thus confusing its daily use (connect and use solutions) with the background complexity for creating and implementing it. In the second place, potential engineering students expect education in technology with immediate practical activities and with the minimum of formal theory, because in summary everything is so easy to use that they think it is not necessary to make things difficult with a thoroughly understanding of how to conceive, manufacture, operate and perform the final disposition of a device or technical system. Finally, the frequent outcome of studying an Engineering career could be another reason, since recent graduates often do not have the skills and knowledge demanded by the labor market and are received with unattractive salaries, in addition to the discovery that graduates of other careers with little technical and engineering preparation use technologies and turn them into highly profitable businesses.

The disparity between the knowledge taught in the university and the one required by the companies is a palpable fact (Becker, 2010). In general, some skills that companies consider highly important are not sufficiently taught by universities, with the exception of theoretical knowledge, as shown in Figure 1. Therefore, some approaching and coupling work is required in the contents and educational objectives formulated in the current Engineering curricula, considering the future and current scope of the engineers.

Technology generated through science and engineering has continuously and increasingly improved the living conditions of billions of people worldwide. Currently, the global indicators of life expectancy, basic services, welfare, safety and health, among others, are much higher than, for example, those registered just 50 years ago. However, it should be noted that improvement in the quality of life with the use of more and better technology has not reached the entire population, especially due to poor political and economic decisions. Moreover, decision-makers have neglected the environment and have not always chosen the best existing technologies based on general welfare, but those that report immediate economic benefit without considering the medium- and long-term environmental cost. For this reason, it is imperative to educate competent engineers that care for the environment and with a high ethical commitment, who

función de un bienestar integral, sino aquellas que reportan un beneficio económico inmediato sin considerar el costo ambiental a mediano y largo plazo. Por esto es imperativo formar ingenieros competentes en el cuidado del medio ambiente y con un alto compromiso ético, que puedan mitigar o eliminar por completo los impactos ambientales del uso de las diferentes tecnologías durante todo su ciclo de vida. La evaluación de los impactos ambientales y la toma de decisiones respetuosas con el medio ambiente es una de las grandes asignaturas pendientes en muchos de los currículos de Ingeniería.

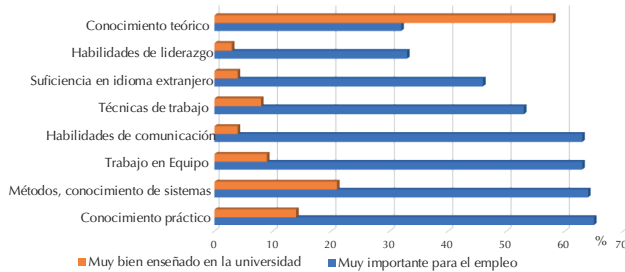


Figure 1. Disparidad entre el conocimiento enseñado en la universidad y el requerido por las empresas.
Source: Adaptado de Becker (2010)

Las herramientas de Ingeniería asistida por computador (CAE), las plataformas de enseñanza virtuales y las redes sociales han facilitado los procesos de enseñanza – aprendizaje de la Ingeniería, aunque en ocasiones se ha utilizado un enfoque deficiente que provoca que los estudiantes compitan por el facilismo y descuiden asuntos de fondo, que le competen y que solo pueden anticipar los ingenieros bien formados. El ingeniero debe contar con un arsenal de competencias blandas y específicas que faciliten sus funciones, así como una comunicación efectiva, pero su esencia debe consistir en la comprensión y dominio profundo de un área tecnológica, que sabe explotar a favor de la satisfacción de las necesidades reales de la sociedad.

La enseñanza de la Ingeniería se encuentra en una encrucijada: está entre aferrarse a la escuela tradicional y resistir, o lanzarse a experimentar con nuevas formas de enseñanza - aprendizaje. Muchas universidades ya han dado el gran paso de reinventar, innovar y transformar dinámicamente sus currículos en un intento por adaptarse a los tiempos de cambio. No están claros los efectos a mediano plazo de esto y surgen muchas cuestiones aún sin respuesta. ¿Los ingenieros formados bajo estos nuevos ambientes de enseñanza-aprendizaje son mejores a los formados hace tres o cuatro décadas? ¿Mejores respecto a qué? ¿Cómo anticiparnos a un futuro que no se conoce y formar al futuro ingeniero de manera efectiva? ¿Cómo sería un diseño curricular ideal para un programa de Ingeniería, si tal cosa existe? Algo evidente es que los retos y las exigencias en la práctica de la Ingeniería actual y futura no serán nunca más los mismos de hace 30 años atrás. También, se percibe que nuevas profesiones que emergen y otras tradicionales, pero que se han reinventado, resultan mucho más llamativas para los jóvenes que las Ingenierías. Estas últimas no se perciben como una profesión ideal en

can mitigate or completely eliminate the environmental impacts of the use of different technologies throughout their life cycle. The assessment of environmental impacts and environmentally-friendly decision-making is one of the major pending subjects in many of the Engineering curricula.

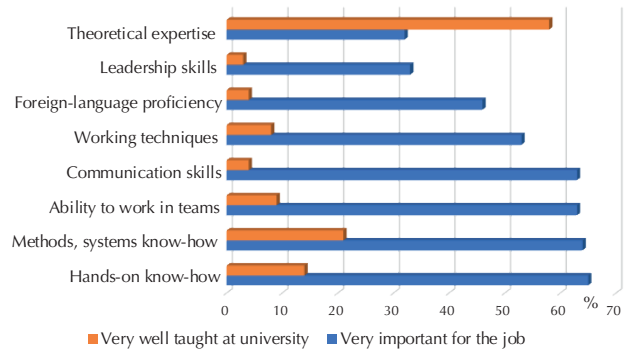


Figure 1. Disparity between knowledge taught at the universities and the one required by the companies.
Source: Adapted from Becker (2010)

The tools of Computer Aided Engineering (CAE), virtual teaching platforms and social networks have facilitated the teaching-learning processes of Engineering. However, sometimes the use of a poor approach has caused students to compete for the facileness and neglect substantive matters, which are their competence and that only well-trained engineers can anticipate. The engineer must have an arsenal of soft and specific skills that facilitate their functions, as well as effective communication, but their essence must be the understanding and deep expertise in a technological field, which can be exploited in favor of satisfying the needs of the real society.

Engineering education is at a crossroads: it is between holding on to traditional school and resisting or embarking on experimentation with new forms of teaching - learning. Many universities have already taken the great step of reinventing, innovating and dynamically transforming their curricula in an attempt to adapt to changing times. The medium-term effects of these changes are not clear, and many questions still remain unanswered. Are engineers trained under these new teaching-learning environments better than those trained three or four decades ago? If that is the case, are they better than what? How to anticipate a future that is unknown and educate the future engineer effectively? What would an ideal curriculum design be like for an Engineering program, if such a thing exists? Something obvious is that the challenges and demands in the current and future Engineering practice will never be the same as 30 years ago. It is also perceived that new emerging professions and other traditional ones, but that have been reinvented, are much more striking for young people than engineering, which is not perceived as an ideal profession in terms of a set of desired qualities, as shown in Figure 2.

There is also a paradox between the revolution regarding the availability of information and the emergence of an apparent knowledge society. The former has not necessarily led to

términos de un conjunto de cualidades deseadas, como se puede apreciar en la Figura 2.

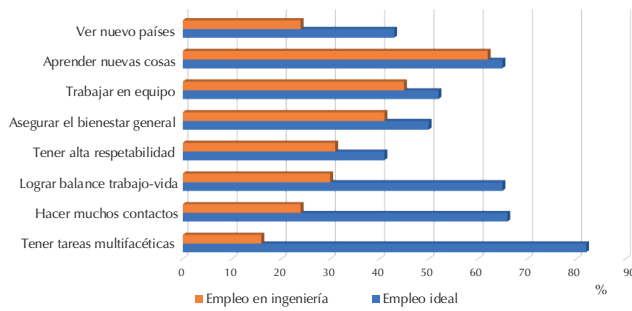


Figure 2. Comparación entre las cualidades deseadas para un empleo ideal en comparación con lo percibido para un empleo en tecnología.
Source: Adaptado de Acatech y VDI (2009)

También aparece una paradoja entre la revolución acontecida en cuanto a la disponibilidad de la información y el surgimiento de una aparente sociedad del conocimiento. Lo primero no ha conducido en todos los casos necesariamente a lo segundo. Una sociedad del conocimiento requiere ser capaz de hacer una apropiación crítica, por tanto, selectiva, del cúmulo de información que es generada. Contar con acceso libre y prácticamente ilimitado a la información ya no es un privilegio, hoy en día se posee abundante información en línea y de calidad en pocos milisegundos, con solo introducir un puñado de palabras clave en un buscador web. Sin embargo, la paradoja es evidente, el acceso es inconmensurablemente más fácil, pero la habilidad humana para escogerla parece deteriorarse. De modo que esta competencia general que debe poseer un ingeniero para encontrar información precisa y representativa deberá fortalecerse durante la formación profesional.

En la última reforma curricular realizada en el área curricular de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, se preguntó a los estudiantes sobre las actividades académicas con las cuales aprendían más y mejor (Universidad Nacional de Colombia, 2008). La respuesta indicó que las actividades mejor valoradas eran la resolución de situaciones problémicas en clase y los proyectos de diseño y construcción. En segundo puesto, con las mayores calificaciones, quedaron las visitas técnicas a la industria y las prácticas de laboratorio. Este resultado refuerza la idea que los estudiantes prefieren actividades donde se aprende haciendo y siendo (saber hacer y saber ser), y no con un único componente teórica y conceptual predominante. Esta idea también es considerada en el Plan Estratégico 2013-2020 de la ACOFI (García, 2012).

Con relación al diseño curricular de un programa de Ingeniería, este deberá contemplar espacios para el trabajo con problemas reales de Ingeniería en un ambiente de trabajo colaborativo, interdisciplinario y que genere una experiencia real para un ingeniero. Esta visión es afín con la fábrica de aprendizaje (FA), donde “equipos multidisciplinares de estudiantes desarrollan habilidades de liderazgo en Ingeniería, trabajando con la industria, para resolver problemas del

the latter in all cases. A knowledge society requires being able to make a critical, therefore, selective appropriation of the accumulation of information generated. The free and virtually unlimited access to information is no longer a privilege, as today there is abundant quality information online in a few milliseconds, just by entering a handful of keywords in a web browser. However, the paradox is evident: access is immeasurably easier, but the human ability to choose it seems to deteriorate. Therefore, this general competence that an engineer must have to find accurate and representative information should be strengthened during professional education.

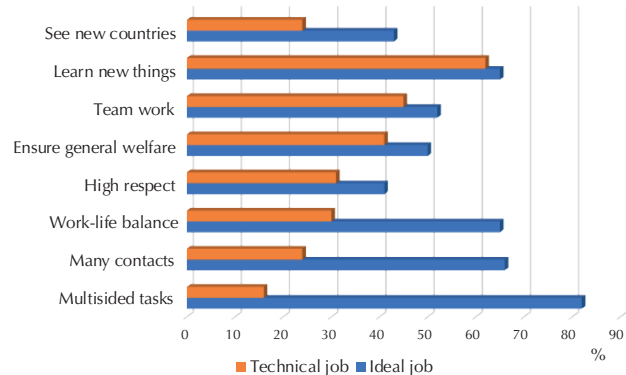


Figure 2. Comparison of the desired features for an ideal job with those perceived for a job in technology.
Source: Adapted from Acatech and VDI (2009)

In the last curricular reform of the area of Mechanical and Mechatronic Engineering, students were asked about the academic activities with which they learned more and better (National University of Colombia, 2008). Their answers indicated that the best rated activities were the resolution of problem situations in class and the design and construction of projects. In second place, with the highest qualifications, there were technical visits to the industry and laboratory practices. This result reinforces the idea that students prefer activities where they learn by doing and being (know how to do and how to be), and not with a single predominant theoretical and conceptual component. This idea is also considered in the ACOFI Strategic Plan 2013-2020 (García, 2012).

In relation to the curricular design of an Engineering program, it must contemplate spaces for working with real Engineering problems in a collaborative, interdisciplinary work environment that generates a real experience for an engineer. This vision is related to the learning factory (LF), where “multidisciplinary student teams develop Engineering leadership skills by working with industry to solve real-world problems” (Lamancusa et al., 2008). For this purpose, in our context certain aspects must be guaranteed:

- The curricular program must have a mainstay of interdisciplinary projects that serve as spaces for academic research work, integration and where the participation of two or more Engineering disciplines

mundo real" (Lamancusa et al., 2008). Para ello, en nuestro contexto se deberán garantizar ciertos aspectos:

- El programa curricular deberá contar con una "columna vertebral" de proyectos interdisciplinarios, que sirvan de espacios de trabajo académico investigativo, integradores y donde se requiera de la participación de dos o más disciplinas de Ingeniería. Se deberá además facilitar y promover la participación de otras áreas, por ejemplo, estudiantes de administración que orienten la formulación de planes de negocios para la creación de incubadoras y pequeñas empresas.
- Existen un grupo de empresas patrocinadoras de los proyectos, comprometidas financieramente antes de iniciar el semestre, y que proporcionan otros recursos y espacios para garantizar la viabilidad del proyecto. Resulta evidente que el éxito en estos proyectos interdisciplinarios depende del grado de compromiso y participación de la empresa interesada.
- La planta docente deberá tener una cantidad significativa de profesores de excelencia identificados con el quehacer empresarial, las buenas prácticas industriales y las técnicas de diseño y manufactura más modernas, eficientes y respetuosas con el medio ambiente. Estos profesores deben mantener contacto continuo con los ingenieros de diseño, producción, mantenimiento, las gerencias y demás áreas de interés de las empresas, disponiendo de común acuerdo de un banco de proyectos cada semestre.
- La propiedad intelectual de los desarrollos obtenidos en estos tipos de proyectos deberá pertenecer a los estudiantes y a la universidad; aunque podría ser transferida a la empresa mediante un pago que iría a un fondo de fomento y desarrollo de proyectos interdisciplinarios. La universidad orienta los procedimientos de protección de las nuevas ideas materializadas, por ejemplo, las patentes de invención y modelos de utilidad, entre otros.

Un programa curricular en ingeniería moderno deberá desarrollar competencias como la capacidad para formular y solucionar problemas de manera crítica, trabajo colaborativo en un equipo interdisciplinario, liderazgo, toma de decisiones y comunicación efectiva, es decir, habilidades que otorguen a los profesionales de ingeniería las herramientas necesarias para resolver los grandes desafíos tecnológicos, sociales, económicos y ambientales, presentes y que se avecinan. Es difícil poder establecer los aspectos esenciales que conduzcan al éxito de un programa curricular en ingeniería, y estos por sí solos tampoco lo garantizarán debido a la naturaleza compleja y abierta de los procesos de aprendizaje y a la gran cantidad de factores internos y externos involucrados. Sin embargo, de realizarse tal intento, incluiría con una alta probabilidad los siguientes aspectos:

- Los dos primeros semestres deben ser comunes para todas las Ingenierías. Así, los estudiantes de las

is required. It should also facilitate and promote the participation of other areas, for example, administration students that guide the formulation of business plans for the creation of incubators and small businesses.

- There is a group of companies sponsoring the projects and financially committed even before the start of the academic semester. They also provide other resources and spaces to guarantee the viability of the project. It is evident that the success in these interdisciplinary projects depends on the degree of commitment and participation of the company concerned.
- The teaching staff must have a significant number of professors of excellence identified with business activities, good industrial practices and the most modern, efficient and environmentally friendly design and manufacturing techniques. These professors must maintain continuous contact with the engineers of design, production, maintenance, management and other areas of interest of the companies, thus creating a common agreement for a project bank every semester.
- The intellectual property of the developments obtained in these types of projects must belong to the students and the university. However, it could be transferred to the company after a payment that would go to a fund for the promotion and development of interdisciplinary projects. The university guides the procedures for protecting new materialized ideas, for example, invention patents and utility models, among others.

A modern engineering curriculum must develop competencies such as the ability to formulate and solve problems critically, collaborative work in an interdisciplinary team, leadership, decision-making and effective communication, that is, skills that give engineering professionals the tools necessary to solve the great present and coming technological, social, economic and environmental challenges. It is difficult to establish the essential aspects that lead to the success of a curriculum program in Engineering, although these changes alone will not guarantee success due to the complex and open nature of the learning processes and the large number of internal and external factors involved. If such an attempt is made, the following facts would be included with high probability:

- The first two semesters must be common for all Engineering programs. Thus, the students of the different Engineering programs know and interact with each other, and work on problems of each Engineering taking advantage of appropriate collaborative environments. This would also allow the student to provide more complete information, by immersion, on the different Engineering branches, so that at the end of the second semester, students ratify their choice of the Engineering program or make the transition to another program of their choice

distintas Ingenierías se conocen, interactúan entre sí y trabajan en problemas de cada Ingeniería aprovechando ambientes colaborativos apropiados. Esto permitiría, además, dotar al estudiante de información más completa, por inmersión, sobre las distintas Ingenierías, de manera que al finalizar el segundo semestre, el estudiante ratifique su elección del programa de Ingeniería o realice el tránsito hacia otro programa de su preferencia.

- La formación en matemáticas debe iniciar con un curso de modelamiento y simulación de fenómenos y procesos del mundo real, soportado con comprobaciones experimentales, para luego continuar con cálculo vectorial, algebra lineal, y probabilidades y estadística.
 - El área de ciencias debe comprender cursos de Física, Química orgánica e inorgánica y Biología, donde no solamente se traten los aspectos teóricos de estas ciencias, sino también se establezcan relaciones hacia y con las distintas Ingenierías.
 - Desde los primeros semestres se establece la formación en Humanidades y Ciencias Sociales. Esta formación permitiría preparar al estudiante para aplicar los conocimientos de Ingeniería en correspondencia con el contexto social.
 - Los estudiantes deben cursar al menos una asignatura orientada hacia Negocios y Emprendimiento. La experiencia de emprendimiento puede utilizarse posteriormente en la ejecución de proyectos de Ingeniería en los que el estudiante aplica conocimientos y habilidades. La Facultad deberá proveer una unidad de incubación de negocios, donde los estudiantes sean guiados en la formulación y seguimiento de sus propios emprendimientos.
 - En las actividades académicas, se utilizan metodologías activas de aprendizaje combinadas y potenciadas mediante las TICs. Entre las metodologías de aprendizaje activo que parecen funcionar bien para las Ingenierías se encuentran: aprendizaje basado en problemas (ABP); aprendizaje significativo a través de la resolución de problemas (ASARP); simulación mediante videojuegos; aprendizaje cooperativo–colaborativo y aprendizaje orientado a proyectos (AOP) (Rodríguez, Maya y Jaén, 2012). No se utiliza una única metodología de trabajo, sino que hay varias opciones que permiten personalizar el modo que en que aprende cada estudiante.
 - A lo largo del plan de estudios, se implementa una estrategia transversal para el desarrollo de las habilidades de comunicación en los estudiantes, en forma escrita, hablada, visual y gráfica. El currículo debe contar además, con al menos una asignatura sobre representación gráfica y otra sobre la escritura y presentación oral de carácter técnico, considerando los
- Education in Mathematics should begin with a modeling and simulation course of real-world phenomena and processes, supported by experimental tests. Then, it should continue with vector calculus, linear algebra, and probabilities and statistics.
 - The science area must include courses in Physics, Organic and Inorganic Chemistry and Biology, where not only the theoretical aspects of these sciences are discussed, but also different relationships are established towards and with the different Engineering programs.
 - Since the first semesters, education in Humanities and Social Sciences is established. These courses allow preparing the student to apply the knowledge of Engineering in correspondence with the social context.
 - Students must take at least one course oriented towards Business and Entrepreneurship. The entrepreneurial experience can be used later in the execution of engineering projects in which the student applies knowledge and skills. The School of Engineering must provide a business incubation unit, where students are guided in the formulation and monitoring of their own projects.
 - In academic activities, active learning methodologies combined and enhanced through ICTs are used. Some of the active learning methodologies that seem to work well for Engineering are: problem-based learning (ABP); significant learning through problem solving (ASARP); video game simulation; cooperative-collaborative learning and project-oriented learning (AOP) (Rodríguez, Maya and Jaén, 2012). A single work methodology is not used, but there are several options that allow you to customize the way in which each student learns.
 - Throughout the curriculum, a transversal strategy is implemented for the development of communication skills in students, in written, spoken, visual and graphic form. The curriculum must also have at least one course on graphic representation and another on writing and oral presentations of a technical nature, considering the benefits that have been reported (Ramírez-Echeverry, Olarte and García-Carillo, 2016).
 - The curriculum must contemplate individual and group study activities that are formally evaluated. The student prepares in this way for continuous learning (lifelong learning and unlearning) and for interaction with other professionals during this path.
 - The design of systems, products and services is an integral part of the curriculum. Since the first semester, students face open design problems, in which, both technical and non-technical, knowledge and skills should be applied.

beneficios que se han reportado (Ramírez-Echeverry, Olarte y García-Carillo, 2016).

- El plan de estudios debe contemplar actividades de estudio individual y grupal que sean formalmente evaluadas. El estudiante se prepara de esta forma para un aprendizaje continuo (aprender a aprender y a desaprender a lo largo de su vida) y para la interacción con otros profesionales durante este aprendizaje.
- El diseño de sistemas, productos y servicios forma parte integral del plan de estudios. Desde el primer semestre los estudiantes se enfrentan a problemas de diseño de naturaleza abierta, en los que se deberán aplicar conocimientos y habilidades, tanto técnicas como no técnicas.
- La naturaleza y alcance de los proyectos aumenta progresivamente su complejidad, comenzando por proyectos en ambientes académicos controlados. Luego, hacia los últimos semestres del programa, los estudiantes deberán resolver un problema real de Ingeniería en equipos multidisciplinarios, que sea de interés para una empresa.
- El programa de Ingeniería debería brindar la oportunidad a los estudiantes de seguir sus mayores motivaciones y aspiraciones de formación, en forma personalizada e independiente, bien sean tecnológicas, artísticas, humanísticas o empresariales, ofreciendo los recursos necesarios y el reconocimiento formal. Una manera de garantizar esto en el currículo es por medio de un componente de libre elección y un sistema de acompañamiento estudiantil.
- Las líneas disciplinares del programa cuentan con materias de profundización o especialización. Los estudiantes construyen las rutas curriculares de su preferencia, bajo la orientación del sistema de acompañamiento estudiantil. Los aspectos medioambientales y de medición de los impactos ambientales con el uso de las tecnologías deben estar siempre presentes.
- El programa de Ingeniería posibilita la articulación con el posgrado. Los estudiantes más destacados cuentan con la posibilidad de realizar el tránsito automático hacia un programa de maestría en el último semestre de su pregrado. Se cuenta con una reglamentación clara al respecto y con un programa de becas que soportan la investigación. Las becas se soportan parcialmente con las ganancias que generan los productos y resultados intangibles de las investigaciones.
- El programa de Ingeniería cuenta con un personal docente comprometido con la excelencia académica, actualizado permanentemente en el uso de herramientas pedagógicas, orientado hacia la investigación y la innovación, y con fuertes vínculos con el sector empresarial. El docente debe tener una formación que le permita motivar al estudiante hacia el aprendizaje de
 - The nature and scope of projects progressively increases their complexity, starting with projects in controlled academic environments. Then, towards the last semesters of the program, students must solve a real problem of Engineering in multidisciplinary teams and it should be of interest to a company.
 - The Engineering program should provide the opportunity for students to follow their greatest motivations and educational aspirations, in a personalized and independent way, offering the necessary resources and formal recognition, whether those aspirations are technological, artistic, humanistic or business. One way to guarantee this objective in the curriculum is through the component of free choice courses and the student support system.
 - The core lines of the program have courses for in-depth study or specialization. Students build the curricular routes of their choice, under the guidance of the student support system. Environmental aspects and measurement of environmental impacts with the use of technologies must always be present.
 - The Engineering program enables articulation with postgraduate degrees. The most outstanding students have the possibility of automatic transit to a master's program in the last semester of their undergraduate program. There is a clear regulation in this regard and a scholarship program that supports research. The scholarships are partially supported by the profits generated by the products and intangible results of the research.
 - The Engineering program has a teaching staff committed to academic excellence, constantly updated in the use of pedagogical tools, oriented towards research and innovation, and with strong links with the business sector. The professor must have the education needed to motivate the student towards learning of different types of knowledge, research and innovation (Carvalho et al., 2018). Regarding the organization of the teaching staff, it should not be structured by departments, but rather organized so that professors can interact as an interdisciplinary group, with mixed offices and functional and socially convergent work areas. This environment would encourage interdisciplinary work.
 - The Engineering program has implemented and used a system to continuously monitor and thus measure academic quality. Indicators relevant to all levels and involving factors of importance to the program are collected in this way, which allows to have updated information and its tendency for making assertive decisions for improvement. Quality must be understood in the educational field from several perspectives: "quality based on the proximity of performance in relation to an idealized model, quality as an expression of the attachment of institutional

los distintos saberes, la investigación y la innovación (Carvalho et al., 2018). En cuanto a la organización del personal docente, este no debe estar estructurado por departamentos, sino más bien organizado de manera que pueda interactuar como un grupo interdisciplinario, con oficinas mezcladas y áreas de trabajo funcionales y socialmente convergentes. Este ambiente incentiva el trabajo interdisciplinario.

- El programa de Ingeniería tiene implementado y utiliza para monitorear de manera continua un sistema que le permite medir la calidad académica. Se recogen de esta manera indicadores relevantes a todos los niveles y que involucran los factores de importancia para el programa; lo cual permite tener información actualizada y su tendencia para la toma asertiva de decisiones de mejoramiento. La calidad debe entenderse en el ámbito educativo desde varias perspectivas: “calidad basada en la proximidad del desempeño con relación a un modelo idealizado, calidad como expresión del apego de las acciones institucionales a sus declaraciones misionales, y calidad como percepción del aprecio social del valor agregado a los actores del proceso educativo” (Cañón y Salazar, 2011).

La Ingeniería es un verdadero factor de cambio en la sociedad. De modo que es racional y legítimo poner en duda la certeza de los sistemas tradicionales de enseñanza de la Ingeniería a favor de su innovación y mejoramiento continuo. Si se pretende el rápido avance de la sociedad colombiana hacia una sociedad del bienestar y el conocimiento, se requiere replantear el papel que juegan los programas curriculares de Ingeniería y las universidades, en cuanto al qué, cómo y para qué, de los saberes contemplados, y la pertinencia y efectividad de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Lo anterior debe colocar en el centro al estudiante y cómo lograr la motivación en su propia formación. Se requiere una reconceptualización sobre el aprendizaje del estudiante, sobre cómo aprende mejor y sobre cómo lograr que sea autónomo en su desarrollo intelectual para formar un pensamiento crítico. También, se debe garantizar un currículo que facilite la adquisición por parte del estudiante de habilidades para la gestión, análisis y evaluación de información significativa para su educación. Esta es una tarea de todos, muchos éxitos en tan noble y difícil propósito.

Una vez más agradecemos a los autores, revisores y lectores por sus importantes aportes e interés. La Revista *Ingeniería e Investigación* continúa realizando los mejores esfuerzos con el respaldo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia para divulgar el conocimiento científico y tecnológico.

Referencias

Acatech y VDI (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. Careers in Science and Engineering: Trends,*

actions to their mission statements, and quality as a perception of the social appreciation of added value to the actors of the educational process” (Cañón and Salazar, 2011).

Engineering is a true factor of change in society. Therefore, it is rational and valid to question the certainty of traditional engineering education systems in favor of their innovation and continuous improvement. If the rapid advance of the Colombian society towards a society of well-being and knowledge is intended, it is necessary to rethink the role played by the curricular programs of Engineering and universities, in terms of what, how and what for of the knowledge contemplated, and the relevance and effectiveness of the teaching-learning processes. The above should place the student in the center and how they achieve motivation in their own training. A reconceptualization of student learning, how do they learn better and how do they become autonomous in its intellectual development, is required to form critical thinking. Besides, a curriculum that facilitates the acquisition of management skills by the student and the analysis and evaluation of meaningful information for their education should be guaranteed. It is everyone’s task, so we wish you a lot of success in such noble and difficult purpose.

Once again, we thank the authors, reviewers and readers for their important contributions and interest. The *Ingeniería e Investigación* Journal continues to make the best efforts with the support of the Faculty of Engineering of the Universidad Nacional de Colombia to disseminate scientific and technological knowledge.

References

Acatech and VDI (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. Careers in Science and Engineering: Trends, Expectations and Attitudes of Young People.* [online]. Retrieved from: <https://www.acatech.de/projekt/nachwuchsbarometer-technikwissenschaften/>

Becker, F. S. (2010). Why don’t young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions. *European Journal of Engineering Education*, 35(4), 349-366. DOI: 10.1080/03043797.2010.489941

Cañón, J. C. and Salazar, J. (2011). La calidad de la educación en Ingeniería: un factor clave para el desarrollo. *Ingeniería e Investigación*. (31) Edición Especial, 40-50. Retrieved from: <https://www.redalyc.org/pdf/643/64322341002.pdf>

Carvalho, G. D. G., Correa, R. O., Carvalho, H. G., Vieira, A. M. D. P., Stankowitz, R. F., and Kolotelo, J. L. G. (2018). Competencies and Performance of Engineering Professors: Evidence from a Brazilian Public University. *Ingeniería e Investigación*, 38(3), 33-41. DOI: 10.15446/ing.investig.v38n3.70998

García, F. (2012). *Una mirada al contexto internacional. Plan Estratégico 2013-2020.* Bogotá: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Retrieved from: http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/DO_PE_Mirada_contexto_internacional.pdf

- Expectations and Attitudes of Young People*. [online]. Recuperado de: <https://www.acatech.de/projekt/nachwuchsbarometer-technikwissenschaften/>
- Becker, F.S. (2010). Why don't young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions. *European Journal of Engineering Education*, 35: 4, 349-366. DOI: 10.1080/03043797.2010.489941
- Cañón, J.C. y Salazar, J. (2011). La calidad de la educación en Ingeniería: un factor clave para el desarrollo. *Ingeniería e Investigación*. (31) Edición Especial, 40-50. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/643/64322341002.pdf>
- Carvalho, G. D. G., Correa, R. O., Carvalho, H. G., Vieira, A. M. D. P., Stankowitz, R. F., y Kolotelo, J. L. G. (2018). Competencies and Performance of Engineering Professors: Evidence from a Brazilian Public University. *Ingeniería e Investigación*, 38(3), 33-41. DOI: 10.15446/ing.investig.v38n3.70998
- García, F. (2012). *Una mirada al contexto internacional. Plan Estratégico 2013-2020*. Bogotá: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Recuperado de: http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/DOC_PE_Mirada_contexto_internacional.pdf
- Lamancusa, J., Zayas, J., Soyster, A., Morell, L. y Jorgensen, J. (2008). 2006 Bernard M. Gordon Prize Lecture: The Learning Factory: Industry-Partnered Active Learning, *Journal of Engineering Education*, 97(1), 1-15. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2008.tb00949.x
- Ramírez-Echeverry, J. J., Olarte, F., y García-Carillo, A. (2016). Effects of an educational intervention on the technical writing competence of engineering students. *Ingeniería e Investigación*, 36(3), 39-49. DOI: 10.15446/ing.investig.v36n3.54959
- Rodríguez, K., Maya, M. y Jaén, J. (2012). Educación en Ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 30(1), 125-142. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v30n1/v30n1a08.pdf>.
- Universidad Nacional de Colombia (2008). Reforma Académica del Área Curricular de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Bogotá: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
- Lamancusa, J., Zayas, J., Soyster, A., Morell, L. and Jorgensen, J. (2008). 2006 Bernard M. Gordon Prize Lecture: The Learning Factory: Industry-Partnered Active Learning, *Journal of Engineering Education*, 97(1), 1-15. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2008.tb00949.x
- Ramírez-Echeverry, J. J., Olarte, F., and García-Carillo, A. (2016). Effects of an educational intervention on the technical writing competence of engineering students. *Ingeniería e Investigación*, 36(3), 39-49. DOI: 10.15446/ing.investig.v36n3.54959
- Rodríguez, K., Maya, M. and Jaén, J. (2012). Educación en Ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo. *Ingeniería y Desarrollo*, 30(1), 125-142. Retrieved from: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v30n1/v30n1a08.pdf>.
- Universidad Nacional de Colombia (2008). Reforma Académica del Área Curricular de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Bogotá: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.

NELSON ARZOLA DE LA PEÑA
Associate Editor of *Ingeniería e Investigación*
Full Professor
Department of Mechanical and Mechatronics
Universidad Nacional de Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-5004-113X>

ANDRÉS PAVAS
Head Editor of *Ingeniería e Investigación*
Associate Professor
Department of Electrical and Electronic Engineering
Universidad Nacional de Colombia
<http://orcid.org/0000-0002-0971-0725>

NELSON ARZOLA DE LA PEÑA
Editor Asociado Revista *Ingeniería e Investigación*
Profesor Titular
Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
Universidad Nacional de Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-5004-113X>

ANDRÉS PAVAS
Director Revista *Ingeniería e Investigación*
Profesor Asociado
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Nacional de Colombia
<http://orcid.org/0000-0002-0971-0725>