

CÓMO LOGRAR ALTA CALIDAD EN LA EDUCACIÓN DE LOS INGENIEROS: UNA VISIÓN SISTÉMICA

HOW DOES OBTAIN HIGH QUALITY IN ENGINEERING EDUCATION: A SYSTEMIC VISION

Mauricio Duque

Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia)

Jorge Celis

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia)

Amparo Camacho

Universidad del Norte, Barranquilla (Colombia)

Resumen

La ingeniería es una de las profesiones pilares en el siglo XXI. Los retos que deben afrontar los ingenieros de la sociedad contemporánea, exigen de las escuelas de ingeniería una formación que articule aspectos académicos, científicos, de formación personal y profesional en un marco de alta responsabilidad social. Este artículo presenta una visión sistémica de aquellos factores que intervienen en la formación de alta calidad de los ingenieros que han logrado identificar los autores a partir de una revisión bibliográfica sobre la materia y de los estudios adelantados, con énfasis en aquellos aspectos relacionados con estrategias y prácticas de aula.

Se presenta una visión que incluye seis componentes: estrategias para un aula efectiva, formación profesional en docencia, currículo, gestión académica, ingreso a la universidad y comunidad académica.

Palabras clave: educación de calidad, educación superior, educación en ingeniería, escuelas de ingeniería

Abstract

Engineering is one of the fundamental professions of the XXI century. The challenges faced by engineers in contemporary society require the engineering schools to articulate academic, scientific, personal and professional aspects in the educational process, in a framework of social responsibility. This paper presents a systemic vision that includes factors that affect the quality in engineering education, based on a literature review and results from studies in this area by the authors, with emphasis in classroom strategies and practices.

This work proposes a vision that includes six components: classroom effective strategies, scholarship of teaching, curricula, academic administration, admission to university and academic community.

Key words: education quality, higher education, engineering education, engineering schools

Introducción

Desde hace un poco más de una década las escuelas de ingeniería han empezado a preocuparse, cada vez con más intensidad, por la enseñanza de la ingeniería. Esta preocupación tiene múltiples razones que van desde el reconocimiento del aumento de exigencias en la formación de los ingenieros, pasando por un interés por mejorar los desempeños de los estudiantes, la reducción del interés que tienen los jóvenes en seguir carreras de ingeniería, hasta los efectos que tiene la calidad en la formación de los ingenieros en el desarrollo de los países.

En este marco, acreditación de programas y reformas curriculares se encuentran al orden del día. Estas reformas curriculares presionan a los profesores de ingeniería para que cambien sus metodologías de enseñanza bajo la indicación que la clase magistral es inapropiada o que el nuevo programa ha sido diseñado bajo un enfoque por competencias. En algunos casos, la respuesta ha sido la adopción de métodos utilizados desde décadas atrás por otras disciplinas o la aparición de cursos más o menos obligatorios de pedagogía para los profesores de ingeniería; cursos a menudo descontextualizados de la naturaleza de la disciplina (Duque, Celis, & Celis, 2011). Suponer que se puede mejorar la docencia diseñando un currículo por competencias o introduciendo algún método importado de otras disciplinas, parece ser una mirada muy ingenua sobre un asunto tan complejo como el aprendizaje o la educación de calidad en ingeniería.

Este artículo busca presentar de forma organizada los principales componentes que tienen influencia sobre la calidad de la educación, concentrándose particularmente en la práctica de aula con el fin de sobrepasar los procesos de reforma que terminan en documentos sin mayor transformación de dichas prácticas. Esta exposición debe facilitarle al profesor en particular y a las directivas de escuelas de ingeniería en general, tener un panorama más claro para

tomar decisiones que permitan realmente diseñar e implementar las reformas curriculares que se requieren según las exigencias que el mundo contemporáneo traza a la ingeniería.

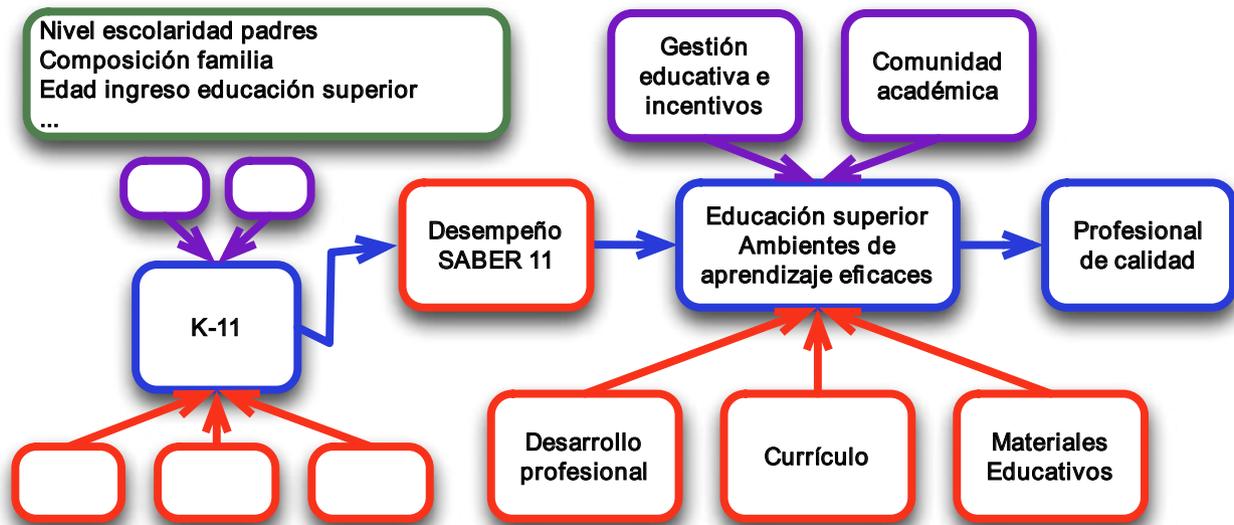
Un modelo integral para la calidad en la educación en ingeniería

La educación de calidad en ingeniería implica formar los profesionales que requiere la sociedad. Lograr proveer a la sociedad ingenieros competentes, capaces de resolver problemas de la sociedad presente y futura, basados en el mejor conocimiento y buenas prácticas disponibles, con absoluto respeto de estándares y normas de la profesión, teniendo en cuenta los impactos técnicos, financieros, económicos, culturales y ambientales, en un marco de restricciones de todo tipo y de niveles crecientes de incertidumbre.

Sin embargo, lograr esta meta no depende sólo, ni fundamentalmente, de un curso particular, sino de un conjunto de factores, algunos de ellos parcialmente fuera del alcance de un programa en ingeniería. La figura 1 ilustra una visión sistémica sobre los factores que inciden en los ambientes de aprendizaje eficaces (Celis, Guzman, Torres y Valvuela, 2011; Swail, 2004).

Lograr ambientes de aprendizaje eficaces, en efecto, implica utilizar estrategias de enseñanza apropiadas para los objetivos buscados, en el marco de un currículo coherente apoyado en materiales educativos adecuados, en una organización con capacidad de exaltar y premiar una docencia de calidad, con estudiantes que tienen los conocimientos y las habilidades para aprender exitosamente. Igualmente, el ambiente de la comunidad académica, sus valores, sus ritos y sus mitos, tienen efecto tanto en la docencia de calidad como en la formación de los estudiantes en los términos antes expuestos. A continuación se hace una exposición de cada factor.

Figura 1. Factores que intervienen en la calidad de la educación



Ambientes de aprendizaje eficaces: una visión estructurada sobre las estrategias

Todos los preparativos, diseños, definición de objetivos, instrumentos de evaluación, se ponen en juego en el aula de clase, entendiendo el aula como todos los espacios de enseñanza intencional o implícitamente creados para promover aprendizajes en los cuales la comunidad conformada por profesores y estudiantes aprende. Es claro que la propia cultura de las escuelas y las actitudes y valores de la comunidad académica también influyen en la educación de los futuros ingenieros. Sin embargo, es en el aula de clases donde se forman los estudiantes y se modelan las prácticas de enseñanza.

Tradicionalmente la ingeniería se ha soportado en dos aproximaciones en la construcción de ambientes de aprendizaje: las clases magistrales, mal llamadas de teoría, y los laboratorios, dedicados a menudo a darle la oportunidad al estudiante de verificar que “la teoría” es correcta.

En los últimos años el contexto ha venido ejerciendo presión sobre las escuelas de ingeniería y como resultado existe una creciente introducción de novedades en la enseñanza de la ingeniería, nominadas de manera inadecuada como “innovaciones pedagógicas”, pues ni son realmente nuevas ni se ha demostrado su eficacia de forma sistemática.

En este marco se han introducido gran cantidad de vocablos propios del discurso educativo, tales como competencias, currículo por competencias, aprendizaje significativo, aprendizaje activo, pedagogías activas, metodologías constructivistas y otras muchas apelaciones. Dado el bajo nivel de investigación sobre el impacto de las reformas, sustentado en una adecuada caracterización de lo que realmente se está implementando (fidelidad de la implementación), resulta peligroso el proceso, pues podría suceder lo que se ha presentado en el campo de la educación primaria y secundaria: profesores con un discurso pedagógico sofisticado, pero con prácticas de aula poco efectivas, incluso inferiores a las prácticas denominadas «tradicionales» (Stigler & Hiebert, 1999).

En cualquier caso, la avalancha de métodos, estrategias y metodologías, así como sus mezclas han generado un nivel de desorden importante en las reformas curriculares que podrían estar cayendo en una adopción de múltiples estrategias y actividades que no conducen a la obtención de un objetivo en particular. A continuación se presenta una propuesta para organizar este desorden. Para hacerlo, el modelo propuesto aborda cuatro niveles de estrategias:

- Para definir conocimiento
- Para el aula basadas en contextos
- Para acelerar aprendizajes
- Para construcción curricular

Estrategias para definir conocimiento y metas de aprendizaje

En esta sección se presentarán tres conceptos los cuales se resumen en la siguiente tabla.

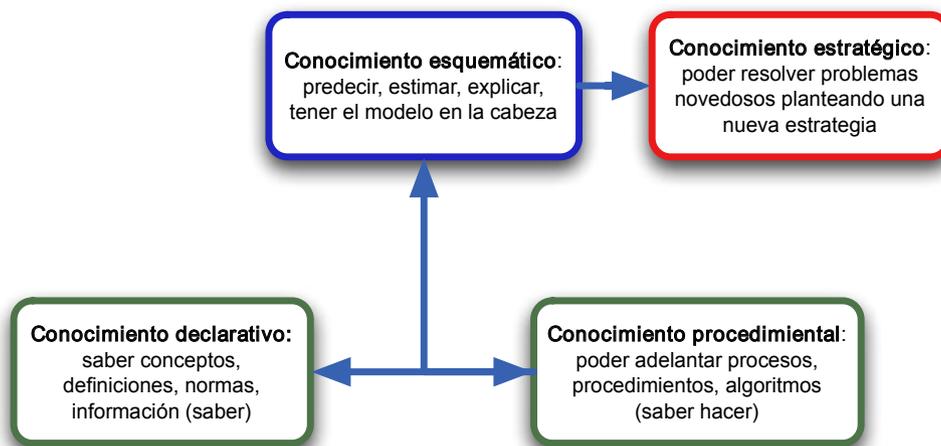
Tabla 1. Estrategias para definir conocimiento y metas de aprendizaje

Tipo	Detalle	Componentes
Competencias	Concepto inicialmente proviene de trabajos en torno al lenguaje.	Conocimientos, habilidades, actitudes
Comprensión	Definida por la escuela de enseñanza para la comprensión como la existencia de desempeños flexibles.(Stone, et al., 1998)	El desempeño permite valorar el nivel de comprensión
Tipos de conocimiento	Taxonomía utilizada en ciencias y matemáticas	Conocimiento declarativo, procedimental, esquemático, estratégico
Kolb (1984)	Inspirada en el nivel de la tarea	Recordar, aplicar, comprender, analizar, sintetizar, evaluar

El concepto de competencia está siendo empleado cada vez con más frecuencia. Sin embargo, es un concepto que resulta poco funcional en el momento de utilizarlo en desarrollos curriculares y en diseño de instrumentos de evaluación, pues requiere ser descompuesto en elementos más sencillos que son evaluables, con la dificultad que la suma de estos elementos no necesariamente da cuenta de una competencia que implica más que tener las partes.

La taxonomía de tipos de conocimientos puede resultar más funcional, pues plantea una división según la actividad que se busca y, en consecuencia, es más útil en el momento de diseñar instrumentos de evaluación. La figura 2 presenta estos conocimientos (Shavelson, *et al.*, 2003; Solaz-Portolés & López, 2008). En esta taxonomía se sustentan pruebas colombianas como Saber Pro de ingeniería e internacionales como CLA (*College Learning Assessment*).

Figura 2. Tipos de conocimiento



De la propuesta de enseñanza para la comprensión, *Teaching for Understanding (TFU)*, el concepto de comprensión y de desempeño puede ser de utilidad, pues finalmente toda evaluación del aprendizaje se hace por inferencia a partir de observar el desempeño del evaluado en tareas que se le asignan (Stone, Boix, *et al.*, 1998).

Estrategias para el aula basadas en contextos

La siguiente tabla presenta un resumen de las principales aproximaciones con sus fortalezas.

Tabla 2. Estrategias basadas en el contexto

Estrategia	Contexto	Útil para	Menos útil para
“ <i>Problem based learning</i> ” (PBL)	Problemas abiertos, complejos y mal estructurados que requieren análisis y un concepto	Estructuración, manejo de información, auto estudio	Cambio conceptual y habilidades procedimentales
“ <i>Project Based learning</i> ” (PrBL)	Solución de una situación a partir de pasos en el marco de proyectos	Organización, estructuración de trabajo, estimación de tiempos	Cambio conceptual
“ <i>Inquiry based learning</i> ” (IBL)	Trabajo científico y en el laboratorio en torno a preguntas o hipótesis	Pensamiento científico, cambio conceptual, habilidades de investigación, modelos	Manejo de proyectos, habilidades procedimentales matemáticas
Talleres de ejercitación	Espacios para desarrollar habilidades por repetición	Consolidar destrezas y habilidades	Cambio conceptual, conocimiento esquemático
Presentación magistral	Presentación de contenidos estructurados en el marco de una conferencia	Motivar, estructurar cerrando, cambio conceptual	Conocimiento procedimental y esquemático

Como se infiere de la tabla, cada contexto tiene fortalezas y debilidades. Por ello, pretender enseñar todo en ingeniería utilizando una sola estrategia es, sin duda, inapropiado.

Es importante insistir que la clase magistral no es mala *per se*. Lo que resulta inadecuado es pretender utilizarla intensivamente y casi exclusivamente como estrategia de enseñanza. En la clase magistral, los estudiantes encuentran respuestas a sus preguntas y saben cómo articular la información, por ello es una excelente alternativa. Las clases magistrales que responden a preguntas no planteadas y temas lejanos a lo que el estudiante sabe, son poco efectivas. El

aprendizaje activo puede ser interpretado como una apelación de toda estrategia que promueve que el estudiante se involucre física, emocional e intelectualmente en la actividad de aprendizaje y una buena clase magistral puede lograrlo en algunos casos.

Estrategias para acelerar aprendizajes

Algunas estrategias que se presentan como métodos, no se pueden dar aisladas, requieren un contexto como los antes mencionados. La tabla 3 presenta tres de estas estrategias que pueden ser utilizadas en combinación con las que brindan un contexto.

Tabla 3. Estrategias para acelerar el aprendizaje

Estrategia	Contexto
“ <i>Peer learning</i> ”	Entre estudiantes se aprende más rápido. Son sensibles a sus propias dificultades y a las estrategias más apropiadas. Por ejemplo, en grandes clases magistrales el trabajo en grupo de 2 o 3 estudiantes que se explican temas es un ejemplo.
“ <i>Cooperative learning</i> ”	Trabajo en grupos con roles bien definidos, rendición de cuentas individual e interdependencia positiva. La utilización de buenas prácticas para promover el trabajo de los estudiantes en grupo es fundamental.
“ <i>Apprenticeship</i> ”	Si bien ésta es una práctica antigua para entrenar en los oficios, en los últimos años ha adquirido importancia en el desarrollo profesional bajo sus diferentes formas de “ <i>coaching</i> ”, “ <i>tutoring</i> ”, “ <i>mentoring</i> ”. Es empleada cada vez con más frecuencia para desarrollar competencias específicas mientras se mejoran los desempeños en contextos determinados. En las aproximaciones por proyectos y por problemas es común su utilización donde el profesor asume el rol de tutor o facilitador.

Estrategias para la construcción curricular

Definir currículo representa una tarea difícil teniendo en cuenta la abundancia de definiciones que proponen las diferentes escuelas en educación. Tampoco es intención de este breve trabajo entrar en detalles sobre el tema. Desde una perspectiva funcional se dirá que un currículo coherente es aquel que presenta con claridad los objetivos de aprendizaje, la trayectoria de construcción de estos aprendizajes, la selección de estrategias de enseñanza acordes con los objetivos y la definición de indicadores para la evaluación igualmente coherentes con los objetivos de aprendizaje.

En este marco, una visión curricular sencilla e incompleta presenta una lista de cursos con contenidos encadenados con requisitos, mientras una visión curricular más

compleja incluye el conjunto de elementos indicados al comienzo del párrafo llegando a ordenar reflexiones sobre la comunidad académica y la infraestructura física para promover los aprendizajes esperados.

El diseño curricular termina con el diseño de ambientes de aprendizaje particulares para lo cual las siguientes estrategias pueden facilitar desarrollos interesantes, como se ilustra en la tabla 4. Estas estrategias no son mutuamente excluyentes, pues pueden ser utilizadas de forma combinada. La segunda estrategia, de utilización creciente, promueve un cambio en los factores clásicos de diseño que iniciaban en los objetivos, pasaban por las actividades para terminar en la evaluación. Al colocar la evaluación como segundo paso, asegura la orientación y pertinencia en el diseño de las actividades de aprendizaje y la alineación entre actividad y evaluación.

Tabla 4. Estrategias para el diseño de cursos

Metodología	Características
“Teaching for understanding” (TFU)	Basado en el concepto de comprensión y desempeño, propone una estructuración de los programas por lo que se denomina “tópicos generadores” (Stone, Perrone, David, & Wilson, 1998).
“Curriculum by design” o planificación inversa	Plantea los objetivos, luego la forma de recoger y analizar evidencias del aprendizaje y finalmente selecciona las actividades apropiadas (Furman, 2009; Wiggins & McGighe, 2006).
Trayectoria de aprendizaje basada en investigación	A partir de investigación encontrar la trayectoria de aprendizaje (<i>story line</i>) y luego plantear las actividades que permitan seguir esta trayectoria.

La evaluación debe incluir tanto aquella que mide el aprendizaje (sumativa o del aprendizaje) como aquella que debe potenciar el aprendizaje (formativa o para el aprendizaje). En general, no resulta apropiado asignarle a un mismo evento evaluativo varios propósitos, pues la experiencia muestra que estos quedan comprometidos. También es importante seguir buenas prácticas en el diseño de evaluaciones. Toda evaluación debe contemplar los siguientes aspectos:

- Tener claridad sobre lo que se pretende evaluar y los desempeños que se espera observar, así

como las tareas que permiten observar esos desempeños.

- Definir el tipo de instrumento como el mecanismo de inferencia que serán utilizados.
- Garantizar la validez (exactitud: se está midiendo lo que se quiere) y la confiabilidad (precisión) son aspectos centrales a considerar, particularmente en pruebas sumativas.

A continuación se resumen en la tabla 5, dos marcos para el desarrollo de evaluaciones.

Tabla 5. Dos aproximaciones a la evaluación

Aproximación	Detalle
Evaluación por evidencias	En este marco se define en unas afirmaciones que es lo que se busca verificar a título de hipótesis en la evaluación. Cada afirmación debe estar sustentada en un conjunto de evidencias que deben identificarse para lo cual cada evidencia debe ser soportada en desempeños del estudiante en un conjunto de tareas que se proponen (Mislevy & Haertel, 2006).
Pruebas de desempeño	En la prueba de desempeño clave se encuentra en definir con claridad el desempeño que se espera observar e identificar una tarea “genuina” que permita observar el respectivo desempeño (Gardner, 2006; Shavelson, <i>et al.</i> 1992)

Comunidad académica

Una comunidad académica por definición es un conjunto de profesores que orientan su acción docente según unas pautas de conducta que están fundamentadas en valores, creencias, representaciones e imaginarios sobre lo que se considera educación de calidad (Comber, *et al.* 2010; Coria, *et al.*, 2010). Las pautas de conducta, la mayoría de las veces elevadas a la categoría de mito, influyen de manera inexorable en la manera en que los profesores definen su actividad de enseñanza y por ende, tienen un efecto en la formación de los estudiantes (Becher, 2001; Burton, 1983).

Es fácil identificar a un tipo de estudiante cuando se hace un estudio de las pautas de conducta de una escuela determinada: pautas que privilegian ciertas formas de abordar los problemas o ciertos enfoques teóricos. Resulta importante entonces, para los propósitos de este artículo, analizar las pautas de conducta, que tienden a primar y muchas veces a conducir al traste cualquier iniciativa de cambio que se proponga sobre todo en el ámbito curricular, para comprender la interacción que se gesta en el seno de las escuelas y luego identificar mecanismos que contribuyan a modificar la actividad de los profesores.

La literatura señala en este caso, la necesidad de adoptar un sistema de evaluación y estímulos basado en comunidades y no en individuos (Celis & Duque, 2011). Por lo general, se tiende a pensar que si se exalta al profesor, la mayoría de sistemas de carrera docente están concebidos sobre el éxito del profesor, la comunidad mejorará cuando lo que se encuentra es que el profesor orienta toda su acción en la consecución de los estímulos definidos sin importar los efectos que tenga en la comunidad como tal y especialmente en los estudiantes.

Aquellos sistemas que otorgan un valor desproporcionado a la investigación, entendida como la publicación de artículos casi de manera exclusiva, y la asumen como el principal factor de distinción, hacen que los profesores tengan poco interés en la docencia y mucho menos generan un trabajo colectivo que beneficie a la comunidad (Gómez & Celis, 2007). La desintegración que genera esta visión sobre la actividad académica no sólo desvaloriza la docencia sino que afecta la consecución de metas colectivas.

Teniendo en cuenta la definición adoptada previamente sobre currículo, es evidente que si una escuela está interesada en articular todas las actividades académicas con miras a formar un ingeniero determinado, se requiere de un cuerpo de profesores que tengan esta meta como su prioridad. En efecto, la evaluación y los estímulos deben priorizar el éxito de la comunidad lo cual se traduce en que si el profesor es exitoso se debe a que la comunidad ha sido exitosa. Como se mostrará a continuación, la docencia de excelencia requiere de comunidades educativas que estén en capacidad de reconocerla y estimularla y encontrar en ella un signo de distinción académica. La literatura señala la centralidad que tienen los comités conformados por profesores que valoran la docencia de calidad para lograr que los profesores asuman como prioridad de su labor académica, la docencia.

Reconocer la docencia de calidad

A partir de investigaciones recientes, se identifican elementos que caracterizan y están presentes en una docencia de calidad. En cuanto a los profesores se encuentra que éstos deben tener las siguientes características (Albert, *et al.*, 2000; Grossman, *et al.* 2009; Healey, 2000; Kreber, 2000; Nicholls, 2002; Shulman, 1987, 2005; Viiri, 2003):

- Comprensión disciplinar, esto es, del objeto de estudio lo que se espera enseñar.
- Conocimiento adicional del objeto de estudio, necesario para poder enseñarlo, relacionado con visiones de la disciplina, su historia, su conexión con otras.
- Conocimiento pedagógico sobre lo que se enseña (PCK) (Shulman, 1986) o el sello pedagógico de la disciplina (Kreber & Castleden, 2009):
 - Creencias y concepciones que tienen los estudiantes sobre el tema objeto de estudio, así como sus dificultades sobre lo que se enseña.
 - Estrategias efectivas que facilitan a los estudiantes comprender los conceptos y desarrollar habilidades de pensamiento superiores y meta cognición.
 - Empleo de apoyos tecnológicos para potenciar los procesos de aprendizaje.
 - Estrategias para monitorear y evaluar el progreso del estudiante en la temática y fortalecer los procesos de evaluación del y para el aprendizaje.
 - Modelos sobre cómo aprenden los estudiantes la disciplina.

- Conocimiento curricular: conocer dónde se encuentra inserta la respectiva asignatura y cuál es su propósito curricular.

También resulta fundamental que el profesor tenga una comprensión de teorías generales sobre el aprendizaje humano, por ejemplo, esta comprensión también es importante (Viiri, 2003), pues permite al profesor un mayor entendimiento y capacidad de análisis de las diferentes estrategias específicas propuestas en el marco del PCK.

De igual manera, en el reconocimiento de atributos adicionales a los cognitivos, se hace referencia a valores profesionales tales como (Nicholls, 2002):

- Compromiso con altos logros en enseñanza.
- Respeto por los estudiantes y por su desarrollo y “empoderamiento”.
- Compromiso con el desarrollo de comunidades de aprendizaje de estudiantes y profesores.
- Compromiso con una reflexión continua y evaluación alrededor de la práctica de enseñanza y su correspondiente mejoramiento.

En el *Pew National Fellowship Program for Carnegie Scholars* en los Estados Unidos (citado en Kreber, 2002) definió que una buena práctica docente se caracteriza por tener objetivos educacionales claros, contar con una preparación adecuada, hacer uso apropiado de métodos, producir resultados significativos y demostrar efectividad.

Por otra parte, las tradicionales encuestas a los estudiantes sólo representan un componente de una docencia de calidad y, en consecuencia, no pueden dar una indicación de calidad por sí solas. Como explica Páramo, son variados los factores que intervienen en la evaluación que el estudiante hace de un curso y su profesor, muchos de ellos con poca relación con la calidad de la enseñanza (Páramo, 2008). Los resultados de los estudiantes en los exámenes propuestos y calificados por el propio profesor tampoco son apropiados, pues es el profesor que sería evaluado a partir de los juicios que él mismo emite sobre el aprendizaje de sus estudiantes; claramente, se presenta un conflicto de interés. La mayoría de las propuestas para reconocer la calidad en la docencia parecen centrarse en dos instrumentos (Felder, 2000): el portafolio del profesor y el desempeño de los

estudiantes en pruebas realizadas por terceros o de carácter estandarizado.

Si bien, el segundo camino parece el más indicado, pues lo que se busca es aumentar los niveles de competencia de los estudiantes, es importante reconocer que evaluar aprendizajes tiene limitaciones importantes. En primer lugar, la evaluación requiere de un gran esfuerzo institucional que muy pocas veces se realiza en la magnitud requerida y sobre una población suficientemente grande. De otra parte, debido a la naturaleza del aprendizaje humano, son múltiples los factores que intervienen en el nivel de desempeño de un estudiante: desde sus antecedentes de aprendizaje, conectados fuertemente a su entorno familiar y social, hasta situaciones coyunturales presentes. Los desempeños de los estudiantes varían con el tiempo e igualmente, no se obtienen los mismos resultados si la evaluación se hace al final de un curso que unos meses después. En este contexto, resulta complejo y, de hecho, es peligroso buscar asignar una relación de causalidad inmediata entre la acción particular de un profesor universitario y el resultado del aprendizaje de los estudiantes en el marco de un curso particular.

Por estas razones la alternativa del portafolio ha ido ganando algún terreno. Esta alternativa se basa en la premisa de que es el profesor quien debe recoger evidencias suficientemente rigurosas y sistemáticas que le permitan afirmar que su acción docente ha sido eficaz. En esta perspectiva, las evaluaciones se pueden articular con información complementaria que le permita a pares evaluar y proponer recomendaciones (Borrego, *et al.*, 2008).

Desarrollo académico de profesores: ¿qué parece funcionar?

Enseñar es una actividad al alcance de todo el que sepa algo. En esta medida, en todos los niveles de la sociedad existen procesos de enseñanza-aprendizaje y prácticamente cada ser humano ejerce esta actividad en su vida cotidiana. Sin embargo, ser un profesional de la enseñanza es diferente. Enseñar profesionalmente implica, como en cualquier otra profesión, lograr resolver sistemática y exitosamente un problema relevante para la sociedad (en ingeniería formar profesionales que se puedan insertar en la sociedad con éxito), utilizando normas, códigos, procedimientos,

estándares, ritos y buenas prácticas de la profesión. La diferencia entre enseñar como aficionado y como profesional es muy grande como en cualquier otro contexto.

Un número creciente de escuelas de ingeniería que han comenzado a comprender que es necesario capacitar a los profesores, que no basta con saber para enseñar profesionalmente, han recurrido a expertos en educación para que se encarguen de estas capacitaciones. Desafortunadamente esta aproximación ha resultado poco eficaz; las razones para ello se explican en los hallazgos de la investigación en torno a lo que hace que un profesor sea eficaz, que fueron mencionados previamente (Duque, *et al.*, 2011).

Para lograr estos aprendizajes, la literatura indica que:

- La formación debe ser situada, esto es, en torno a los problemas específicos de la enseñanza de temas particulares. El estudio de clases utilizado en Japón es un ejemplo adecuado.
- La formación debe realizarse en el marco de comunidades de aprendizaje y de práctica.
- La utilización de mentorías, tutorías y “coaching” por parte de otros profesores de la disciplina parecen dar mejores resultados en promover el PCK.
- Los cambios en educación toman tiempo, por lo que el proceso no se puede dar en pocas semanas o algunos meses, requiere de una acción de largo aliento.

Gestión académica

La gestión académica es un conjunto de actividades organizadas para alcanzar unos objetivos educativos propuestos en un programa determinado. Esta gestión supone organizar las actividades según unos procesos que abarquen desde los aspectos estratégicos (factores diferenciadores, misión y visión compartidas con la comunidad académica sobre el futuro académico), docentes (selección, contratación, permanencia, ascenso, evaluación) hasta los asuntos relacionados con la infraestructura física y tecnológica. Es fundamental para la gestión contar con un sistema de evaluación, fundamentado en indicadores medibles, que permita valorar los avances que alcance la escuela con respecto a las metas propuestas y que arroje información para

tomar los correctivos del caso. Pero no es suficiente la evaluación que pueda concebir y diseñar la escuela para evaluar la gestión, es esencial que la gestión también sea evaluada por agentes externos que no sólo contribuyen a la mejora de los procesos sino que se convierte en un insumo sobre la coherencia entre los principios misionales propuestos y las actividades establecidas para llegar a ella.

La gestión supone contar con perfiles especializados, allende la docencia, investigación y consultoría, que hagan posible una gestión eficaz. En la literatura se registra el fenómeno denominado como “revolución silenciosa” que consiste en que muchas universidades, sobre todo en Europa a diferencia de las americanas, hay una serie de profesionales que se encargan de adelantar los procesos relacionados con la planeación, ejecución presupuestal, consecución de fuentes alternativas de financiación y apoyo técnico en cuestiones como la transferencia tecnológica, licenciamientos y patentes. En este caso, la gestión académica no puede descansar sobre los profesores exclusivamente sino que requiere de profesionales con trayectorias diferentes y este tipo de recurso humano también debe tener un sistema de promoción, evaluación y reconocimiento como el que tienen los profesores (Ulrich, 2003).

El insumo es tan importante como el proceso: la admisión a la universidad

Desde hace un poco más de una década el tema de la admisión de estudiantes a los programas de ingeniería en Estados Unidos, ha despertado un interés creciente, no sólo por asegurar que se reciben estudiantes con altas probabilidades de éxito, sino también desde la perspectiva de cambiar la tendencia a la baja de interesados en estudiar ingeniería. Este aspecto ha originado una creciente actividad con miras a mejorar la calidad en la educación básica y media que ha concluido con las actividades STEM (Science, Technology, Engineering and Math) que van desde la investigación en el tema, hasta la formación de maestros de primaria y secundaria con el fin de brindarle a las futuras generaciones ambientes de aprendizaje más efectivos y atractivos que formen no sólo futuros candidatos a estudiar ciencia e ingeniería, sino ciudadanos con elementos básicos de alfabetización para el siglo XXI (ASME, 2002; Katehi, *et al.*, 2009).

El caso colombiano y, en general, el de los países latinoamericanos tiene una complicación adicional: los resultados muy por debajo de la media de los países de la OECD. Esta situación ha sido tradicionalmente matizada por la sociedad bajo el argumento que se tienen colegios y universidades de élite que podrían cumplir con los requerimientos de capital humano de alta calidad que requiere el desarrollo de competitividad basado en innovación. Sin embargo, este argumento parece no tener mucho sustento porque estudios muestran que el nivel de la élite y el de desarrollo de un país están limitados por el nivel de estudios de la sociedad completa (Baudelot & Establet, 2009). En consecuencia, las escuelas de ingeniería deberían trabajar en apoyar el mejoramiento de la formación básica y media, no sólo como una acción de responsabilidad social.

Impacto de la acreditación en la calidad de la formación de los ingenieros

Una de las tendencias que ha venido tomando fuerza en los programas de ingeniería es la relacionada con la internacionalización de los mismos y la rendición de cuentas a la sociedad sobre la formación de sus egresados; las anteriores tendencias han implicado, entre otros aspectos, acreditar que los currículos de los programas se encuentran en niveles similares, a aquellos programas que tanto en el ámbito nacional como en el internacional, han cumplido con altos estándares en cuanto a la calidad de la formación impartida.

La acreditación se puede definir como un proceso que, basado en un juicio profesional, evalúa si una institución o programa cumple con unos estándares especificados para una educación de calidad (Prados, *et al.*, 2005). La acreditación tiene como propósito principal asegurar a los principales interesados (estudiantes, comunidad profesional e industria, entre otros) que los graduados de la institución o programa acreditado han logrado el nivel de competencias establecido para sus disciplinas de estudio, y como tal, garantizar la calidad de la formación recibida del programa acreditado.

En Colombia, la Comisión Nacional de Acreditación - CNA, ha definido un modelo para acreditar tanto las

instituciones como los programas académicos. Este modelo se define en términos de un conjunto de características generales de calidad, con respecto a las cuales se emiten los juicios sobre la calidad de instituciones y programas académicos (CNA, 2006); las características son medidas por medio de indicadores los cuales son cuantitativos y cualitativos. Las características de calidad han sido agrupadas en ocho factores, dentro de los cuales los tres más directamente relacionados con el proceso formación son estudiantes, profesores y procesos académicos.

En el nivel internacional, el organismo no gubernamental de mayor reconocimiento para acreditación de programas de ciencias aplicadas, computación, ingeniería y tecnología es el ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*), el cual por medio de la *Engineering Accreditation Commission* - EAC, acredita programas de ingeniería dentro y fuera de Estados Unidos. El esquema establecido por el ABET para la acreditación está basado en el denominado “EC2000, *Engineering Criteria 2000*”, adoptado en el año 1997 y fue considerado como un enfoque revolucionario de los criterios de acreditación (ABET, 2009).

El aspecto central del EC2000 es su énfasis en el mejoramiento continuo de los programas académicos basado en la medición y evaluación del aprendizaje de los estudiantes para lo cual los programas deben comprometerse a desarrollar ciclos de mejoramiento, dentro de un sistema de aseguramiento de la calidad de la educación. El énfasis dado al uso de la medición y evaluación, para orientar el mejoramiento del proceso educativo, es consistente con las tendencias actuales de sistemas de calidad y rendición de cuentas a la sociedad (Sarin, 2000). La orientación del ABET contrasta con la actual orientación del proceso con el CNA, que tiene más parecido con la versión de los criterios ABET de antes del año 1997.

Resultados de estudios a programas acreditados por el ABET sugieren que se producen mejoras asociadas a este proceso de acreditación, representadas en mejoras en el aprendizaje de los estudiantes. El estudio enfatiza que las experiencias de los estudiantes en su proceso formativo fue uno de los factores de mayor influencia (Lattuca, *et al.*, 2006).

Conclusiones: ¿y la investigación dónde queda?

Disponer de un marco apropiado que indique sobre cuáles factores se debe actuar, así como con cuáles posibles estrategias, puede ayudar a mejorar los programas de ingeniería. Mientras las escuelas de ingeniería del continente americano, a menudo se quejan de la baja inversión que las empresas hacen en su negocio, en el desarrollo de productos y servicios que representen innovaciones y, en consecuencia, aumentos en la competitividad de los países, estas mismas escuelas tienen una gran dificultad para aplicar este principio sobre ellas mismas, investigando y haciendo desarrollos de ambientes de aprendizaje eficaces. De hecho, en muchas de estas escuelas la investigación en educación en ingeniería no resulta valorada.

La investigación disciplinar no asegura una docencia de calidad, de hecho, con los incentivos inadecuados, puede actuar en sentido contrario como ya lo han puesto en evidencia varios reportes en Estados Unidos (Albert, *et al.*, 2000; Prince, *et al.*, 2007).

Mejorar la calidad de la educación en ingeniería representa un reto y una necesidad que obliga a pensar la institución educativa, a hacer una profunda reingeniería y no simplemente introducir en el discurso el lenguaje complejo de algunos expertos en educación. El mercado de la educación se está globalizando y tecnificando, los contextos están cambiando, en buena parte por la misma ingeniería. Este proceso podría sacar del juego a más de una institución que no ha comprendido que es necesario mejorar los procesos de formación de ingenieros utilizando ciencia y tecnología. El denominado TTL (tiza, tablero y labia), ya no es suficiente.

Referencias

- ABET (2009). Criteria for accrediting engineering programs. Effective for evaluation during the 2010-2011 accreditation cycle. ABET, Washington.
- Albert, B., Kenny, S., Booth, W., Glaser, M., Glassick, C., & Ikenberry, S. (2000). Reinventing undergraduate education: a blueprint for American's research Universities: Boyer Commission.
- ASME (2002). Position statement 2002: K-12 Science, technology, engineering and mathematics (STEM) model bill.
- Baudelot, C., & Establet, R. (2009). L'élitisme républicain. Seuil, París.
- Becher, T. (2001). Tribus y territorios académicos: la indagación intelectual y las culturas de las disciplinas. GEDISA, Barcelona.
- Borrego, M., Streveler, R., Miller, R., & Smith, K. (2008). A new paradigm for a new field: communicating representations of engineering education research. *Journal of Engineering Education*, Vol. 97, N°. 2, pp. 147 - 162
- Burton, C. (1983). El sistema de educación superior: una visión comparativa de la organización académica. Universidad Autónoma de México, México.
- Celis, J., & Duque, M. (2011). Consideraciones para el diseño de un sistema de desarrollo académico y evaluación del desempeño de profesores de la Universidad Católica de Colombia. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Celis, J. E., Guzmán, S., Torres, L., & Valvuela, S. (Eds.) (2011). Fortalecimiento del programa institucional de tutoría: de un programa de acompañamiento a uno de retención. Serie orientaciones académicas y curriculares. N° 6, Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- CNA. (2006). Autoevaluación con fines de acreditación de programas de pregrado.
- Comber, Darren, & Walsh, Lorraine (2010). Institutional structures to support the quality enhancement framework in Scotland: process efficiency or just muddling through? *Quality in Higher Education*, Vol.16, N°. 3, pp. 223-233.
- Coria, M. M., Deluca, M., & Martínez, M. E. (2010). Curricular changes in accredited undergraduate programmes in Argentina. *Quality in Higher Education*, Vol.16, N°. 3, pp. 247-255.
- Duque, M., Celis, J., & Celis, S. (2011). Desarrollo profesional docente de profesores de ingeniería: revisión y evaluación de propuestas en algunas facultades de ingeniería en Colombia. En; Montoya, Juny; Truscott, Marie & Mejía, Andrés (Eds.). *Educación para el siglo XXI: aportes del Centro de Investigación y Formación en Educación, CIFE*. Vol. 2, Universidad de los Andes, Bogotá.

- Felder, R. (2000). The scholarship of teaching. *Chemical Engineering Education*, Vol. 34, N° 2, pp. 144.
- Furman, M. (2009). Planificación inversa: expedición ciencia argentina.
- Gardner, H. (2006). The best assessments are performances of understanding. La evaluación de la educación: evaluar para construir, Cartagena, Colombia.
- Gómez, Víctor & Celis, Jorge E. (2007). Docencia, estatus, distinción y remuneración. *Revista Nómadas*, N° 27, pp. 98-109.
- Grossman, P., Hammerness, K., & McDonald, M. (2009). Redefining teaching, re-imagining teacher education. *RTeachers and teaching: theory and practice*, Vol. 15, N° 2, pp. 273-289.
- Healey, Mick (2000). Developing the scholarship of teaching in higher education: a discipline-based approach. *Higher Education Research and Development*, Vol. 19, N° 2, pp. 169-189.
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects. NAE NRC, Washington.
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Prentice Hall, New Jersey.
- Kreber, C. (2000). How university teaching award winners conceptualise academic work: Some further thoughts on the meaning of scholarship. *Teaching in Higher Education*, Vol. 5, N°.1, pp. 61-78.
- Kreber, Caroline (2002). Controversy and consensus on the scholarship of teaching. *Studies in Higher Education*, Vol. 27, N° 2, pp. 151-167.
- Kreber, Caroline & Castleden, Heather (2009). Reflection on teaching and epistemological structure: reflective and critically reflective processes in 'pure/soft' and 'pure/hard' fields. *Higher Education: The International Journal of Higher Education and Educational Planning*, Vol.57, N° 4, pp. 509-531.
- Lattuca, L. R., Terenzini, P. T., & Volkwein, J. F. (2006). Panel session - engineering change findings from study of the impact of EC2000. 36th ASEE/IEEE Frontiers in education conference, San Diego.
- Mislevy, Robert & Haertel, Geneva (2006). Implications of evidence centered design for educational testing. *Educational Measurement: Issues and Practice*, Vol. 25, N° 4, pp. 6-20.
- Nicholls, G. (2002). *Developing teaching and learning in higher education* (First ed.). RoutledgeFalmer, New York.
- Páramo, P. (2008). Factores psicosociales asociados a la evaluación del docente. *Revista Educación y Educadores*, Vol. 11, N°.1, pp. 11-30.
- Prados, John W., Peterson, George & Lattuca, Lisa R. (2005). Quality assurance of engineering education through accreditation: the impact of engineering criteria 2000 and its global influence. *Journal of Engineering Education*, Vol. 89, N° 4, pp.165-184.
- Prince, M., Felder, R., & Brent, R. (2007). Does faculty research improve undergraduate teaching? An analysis of existing and potential synergies. *Journal of Engineering Education*, Vol. 96, N° 4, pp. 283-294.
- Sarin, Sanjiv (2000). Quality assurance in engineering education: a comparison of EC-2000 and ISO-9000. *Journal of Engineering Education*, Vol. 89, N°.1, pp. 495-501.
- Shavelson, R., Baxter, G., & Pine, J. (1992). Performance assessments: Political rethoric and measurement reality. *Educational Reseracher*, Vol. 21, N° 4, pp. 22-27.
- Shavelson, R.; Ruiz-Primo, M. A.; Li, M., & Cuahtemoc, C. (2003). Evaluating new approaches to assessing learning. National Center for Reserach on Evaluation, Standard and student testing, California University, Los Angeles.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, Vol. 15, N° 4.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, Vol. 57, N° 1.
- Shulman, L. (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma: Knowledge and teachin: foundations of the new reform. *Revista de Currículo y Formación del Profesorado*, Vol. 9, N° 2.
- Solaz-Portolés, J., & López, V. (2008). Type of knowledge and their relations to problem solving in science: directions for practice. *Educational Science Journal*. Vol. 6, pp. 105-112.
- Stigler, J., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: best ideas from the world's teachers for improving education in classroom*. Free Press, New York.
- Stone, M., Boix, V., Buchovecky, E., Dempsey, R., Gardner, H., Hammerness, K., . . . Gray, D. (1998). *Teaching for understanding: linking research with practice*: Jossey-bass publishers.
- Stone, M., Perrone, V., David, P., & Wilson, D. (1998). *Teaching for understanding*. Jossey-Bass, San Francisco.
- Swail, W. S. (2004). *The art of student retention. A handbook for practitioners and administrators* The 20th Annual Recruitment and Retention Conference, Austin.
- Ulrich, Teichler (2003). The future of higher education and the future of higher education research. *Tertiary Education and Managment*, Vol. 9, N° 3, pp. 171-185.

Viiri, J. (2003). Engineering teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 28, N°. 3, pp. 353-359.

Wiggins, G., & McTighe, J. (2006). *Understanding by design*. Pearson, New jersey.

Sobre los autores

Jorge Celis

Sociólogo con maestría en Sociología de la Universidad Nacional de Colombia. Investigador del grupo de Investigación de Estudios de Educación Media y Superior de la Universidad Nacional de Colombia. Ha realizado investigaciones sobre educación media y superior. Consultor del Banco Mundial y COLCIENCIAS sobre formación e inserción de doctores al sector productivo colombiano. celis.jorge@gmail.com

Amparo Camacho

Ingeniera de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander. Magister en Ciencias de la Computación de la Universidad de Cantabria, España. Fue becaria de AEI en Informática Educativa. Ha participado como par evaluador de procesos nacionales de acreditación de alta calidad para programas de ingeniería de sistemas; ha participado en procesos de reforma curricular de programas de ingeniería;

participa con ponencias en conferencias y simposios internacionales de Educación en Ingeniería; ha participado en el diseño de pruebas de estado para programas de ingeniería. En la actualidad es la directora académica de la División de Ingeniería y coordinó el proceso de autoevaluación para la acreditación internacional de los programas de dicha División.

amparocamachodiaz@gmail.com

Mauricio Duque

Ingeniero eléctrico, magister en ingeniería eléctrica, magister en control automático y tratamiento de señales, doctor en ingeniería. Asesor del Ministerio de Educación Nacional y del ICFES. Asesor en proyectos de educación STEM en varios países. Profesor asociado de la Universidad de los Andes, investigador asociado en el extranjero de la Universidad Paris 7.

maduque@uniandes.edu.co

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