
Resultados de aprendizaje, atributos y la formación en Ingeniería

*Daniel Hernández-Jiménez**

Resumen:

La evolución de la educación en ingeniería ha llevado a focalizar la atención en la educación centrada en el aprendizaje, dejando de lado, aunque no prescindiendo de ella, de la educación centrada en la enseñanza. En la primera el protagonista principal es el estudiante; en la segunda el maestro.

Este viraje paradigmático comporta un reto importante para los profesores de ingeniería, por lo general acostumbrados a centrar su atención en su rol docente y principalmente en los contenidos que deben ser transmitidos a los alumnos, y no tanto en los resultados de aprendizaje que se buscan y cómo estos se deben lograr.

* Doctor en Ingeniería. Jefe de la agencia de acreditación de programas de Ingeniería y de Arquitectura del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. Correo Electrónico: dhernandez@cfia.cr

La distinción se clarifica cuando se resalta cuál es el objeto de la intermediación educativa: los contenidos o lo que se espera de obtener de la misma: los resultados del aprendizaje. ¿Cuál es el medio?, y ¿Cuál es el fin?, es de lo que se trata.

Las siguientes líneas, buscan contribuir a dar respuesta a estas interrogantes enfatizando en la segunda, particularmente se hace un análisis de los atributos de los graduados, como resultado de aprendizaje esperados del proceso formativo en ingeniería, y que los procesos de acreditación presentan como requisitos necesarios.

Palabras clave: METODOS DE ENSEÑANZA - METODOS DE APRENDIZAJE - ACREDITACIÓN - EDUCACION SUPERIOR - FORMACION EN INGENIERÍA - ENSEÑANZA Y FORMACION

Abstract:

The evolution of education in engineering has led to focus attention on education centered on learning, leaving aside, but not without, of education centered on teaching. In the first one, the main protagonist is the student, in the second one the teacher.

This shift paradigmatic behaves a challenge important for them teachers of engineering, usually accustomed to focus its attention in its role teaching and mainly in them content that must be transmitted to them students, and not both in them results of learning that is seek and how these is must achieve.

This paradigmatic shift poses an important challenge for engineering teachers, who are usually accustomed to focus their attention on their teaching role and mainly on the contents that must be transmitted to the students, and not so much on the learning achievements that are sought and how these must be achieved.

The distinction is clarified when it is highlighted, which is the object of educational intermediation: the contents or what is expected to obtain from it: the learning achievements. What is the mean?, and what is the end ?, is what it is about.

The following lines seek to contribute to answer these questions emphasizing in the second one, in particular by making an analysis of the attributes of the graduates, as expected learning achievements of the training process in engineering and that the accreditation processes present as necessary requirements .

Key words: LEARNING METHODS- TEACHING METHODS - SUPERIOR EDUCATION - ACCREDITATION - INGINEERING EDUCATION - TEACHING AND TRAINING

Recibido: 17 de enero de 2017

Aceptado: 3 marzo de 2017

¿Qué son los resultados de aprendizaje?

Al volcar la atención en los estudiantes, el fin es su aprendizaje y el medio, uno entre tantos, son los contenidos. El rol docente sigue siendo importante, pero desde una perspectiva diferente, la de facilitador del proceso de aprendizaje.

Las tendencias internacionales en educación muestran un cambio del enfoque “centrado en el profesor” a un enfoque “centrado en el estudiante”. Este modelo alternativo se centra en lo que los estudiantes deben ser capaces de hacer al término del módulo o programa. De ahí que este enfoque se refiere comúnmente a un enfoque basado en resultados/logros. Se utilizan afirmaciones denominadas resultados de aprendizaje esperados/previstos, en su forma abreviada resultados de aprendizaje, para expresar lo que se espera que los estudiantes puedan hacer al término de un período de aprendizaje. (Kennedy, 2007,p.16)

El diseño de las experiencias de aprendizaje, su materialización en el espacio educativo –clase, laboratorio, taller- y su evaluación se realiza a partir de los resultados que se esperan del estudiante y por lo tanto adquiere una capital importancia lo que hace. En una visión reducida del concepto, podría caerse en el error de afirmar que el cómo, no es relevante, con tal de que se logre el cometido. Pero esto no es así, lo que se señala es que “hay una diversidad de caminos para llegar a Roma, pero lo importante es llegar”, ya no hay un solo camino: se abre la oportunidad a la innovación y expresión creativa.

Una definición de resultados de aprendizaje resalta los principales aspectos por considerar:

Los resultados de aprendizaje se definen como enunciados acerca de lo que se espera de un aprendiente que sepa, comprenda y / o sea capaz de demostrar una vez terminado el proceso de aprendizaje. (ECTS, 2005, citado por Kennedy, 2007.p.9).

Esta definición destaca primero que son enunciados, esto es declaraciones explícitas, por lo general expresadas por escrito y que deliberadamente se han seleccionado para consignar lo que se espera del estudiante. Y lo que se espera del estudiante es que “sepa”, “comprenda” y/o sea “capaz de demostrar”. Los primeros aspectos con una clara connotación cognitiva, el último con implicaciones psicomotoras, pero en todo caso acciones de los estudiantes.

Saber, comprender y demostrar, son los quicios sobre los que gravitan los resultados del aprendizaje. Cada uno de estos términos con una gran carga conceptual, que está más allá de las limitaciones del presente escrito, pero que evidencian que enunciar los resultados que se esperan al concluir un proceso formativo no es un asunto baladí, sino todo lo contrario comporta un esfuerzo riguroso, informado y sobretodo intencionado, bien intencionado. Esto deja de lado cualquier consideración que pretenda prescindir de la función docente. Lo que advierte es que la misma debe avocarse ahora a generar las situaciones de

aprendizaje idóneas, para unos enunciados que con antelación señalan los derroteros a seguir. La labor docente si se quiere es aún más decisiva y exige de estos un cambio de mentalidad:

The move from primarily input based assessment to output based assessment requires the use of different methodologies to evaluate the efficacy of learning and more importantly a different mindset on the part of educators and assessors alike. (Owens,2016, p.1)

¿Quién propone estos enunciados?, vamos a volver a esto más adelante, pero desde ya advertimos que al menos se pueden señalar dos niveles a la hora de establecer los resultados de aprendizaje. Un primer nivel, de mayor generalidad, lo establecen los aspectos particulares de la formación de que se trate, esto es los rasgos distintivos que deben caracterizar a una persona formada en una profesión determinada. No son los mismos los resultados de aprendizaje que se espera para alguien formado en medicina, educación, filosofía, ingeniería o arquitectura, por ejemplo. Cada profesión, tiene una identidad propia que se refleja en los insumos, medios, procesos y resultados del proceso formativo.

El segundo nivel, de mayor concreción, se da al momento en que el facilitador del proceso, el docente, adecua a las particularidades de su entorno formativo, estos aspectos generales, previendo las situaciones de aprendizaje efectivas, proponiéndolas a los aprendices, dando seguimiento al proceso de construcción del conocimiento, y valorando si se han logrado los resultados esperados.

La estrategia de centrar en el estudiante el aprendizaje, comporta no solo una mentalidad sino también un “cambio cultural” en la educación. Cambio que tiene un sustento teórico en las ciencias de la educación, específicamente en las referidas al constructivismo, así lo señala el proyecto el proyecto titulado “Tiempo para un nuevo paradigma en educación: aprendizaje centrado en el estudiante” (T4SCL), ejecutado en conjunto entre la unión europea de estudiantes y la internacional para la educación:

Student - Centred Learning represents both a mindset and a culture within a given higher education institution and is a learning approach which is broadly related to, and supported by, constructivist theories of learning (IE-ESU,2010,p.5).

Asumir la posición constructivista es aceptar una opción epistemológica que da por sentado que el conocimiento es una construcción del sujeto, de la cual éste no puede separarse, como tampoco del contexto histórico y la “situación”, en que el acto de construcción se realiza:

El objeto de conocimiento es construido por el sujeto en un proceso dialéctico en el que se construyen recíprocamente el objeto y el sujeto, a partir de la actividad del sujeto (...) lo que llamamos realidad, es una construcción que se realiza mediante nuestra convivencia en sociedad, la elaboración de nuestro conocimiento y de nuestra historia (Dobles et al, 1996, p.166)

En el proceso formativo, la construcción del conocimiento es un esfuerzo conjunto, docente y discente colaboran juntos. El profesor facilitando las condiciones de aprendizaje adecuadas y el estudiante apropiándose activamente de la situación de aprendizaje, con miras a desarrollar y manifestar las capacidades que se espera logre. Esto exige del docente adoptar métodos novedosos de enseñanza, en comunicación con otros docentes y los mismos estudiantes, métodos que trascienden la transmisión del conocimiento, mediante el dictado de lecciones y que propician el desarrollo de las capacidades para resolver problemas y el pensamiento crítico y reflexivo.

It is characterised by innovative methods of teaching which aim to promote learning in communication with teachers and other learners and which take students seriously as active participants in their own learning, fostering transferable skills such as problem-solving, critical thinking and reflective thinking. (ESU-EL, 2010,p.5)

Importancia de la educación centrada en el estudiante

No es inusual en nuestro medio, que el estudiante que se promueve, en un examen o incluso en un curso, es aquel que logra descifrar la estrategia del docente, en cuanto a la reproducción de los contenidos de estudio. La disyuntiva no es si esto está bien o está mal, sino si es suficiente para asegurar o no, una correcta aprehensión de lo que se pretende enseñar y de la capacidad de realizar lo que se espera. Pero, ¿hemos de prescindir de los contenidos o incluso del docente?, al fin de cuentas, hasta ahora el desempeño de los graduados de ingeniería en particular, se puede calificar de más que aceptable. ¿De qué se trata entonces? Ensayar una respuesta pertinente a esta interrogante, nos permitirá dilucidar la importancia de centrar los esfuerzos educativos en el estudiante.

Hoy más que nunca la razón de cambio del conocimiento presenta como característica, una abrupta pendiente: en pocas unidades de tiempo, se tiene una gran cantidad de cambios. Esto es así, al punto parece no hay una suficiente capacidad de respuesta en los procesos clásicos de formación, en todo nivel, particularmente en el superior. Lo que hasta ahora ha funcionado, ya no lo es más. Y no lo es, porque no se tiene un tiempo ilimitado para la formación, ni se pueden prever todas las opciones que exigirá un mercado laboral, complejo, cambiante y sobretodo exigente, como para introducir las todas en el proceso formativo.

La efectividad en la formación no está en atiborrar al estudiante de contenidos, ni siquiera de exponerlos a todas las situaciones habidas y por haber del contexto laboral, cosa que de hecho es materialmente imposible. La efectividad está en concentrar los esfuerzos para que el estudiante aprenda a aprender por sí mismo, a partir de situaciones muy bien seleccionadas, no solo por su capacidad de generalización, sino también por su capacidad de representación, o modelaje. Una situación idónea de aprendizaje es la que brinda la oportunidad para adquirir una capacidad que puede ponerse en juego en múltiples contextos, la que ofrece la oportunidad de transferir conocimientos, habilidades y actitudes a situaciones diversas, incluso inéditas, en un mundo cambiante abierto y contingente:

(...) se plantea que los estudiantes sean capaces de trabajar y aportar a un mundo en cambio permanente y muy abierto, desde perspectivas multidisciplinares y multiculturales, para un futuro que hoy nos resulta incierto. (ANECA, 2014, p.5)

¿De cuáles aprendizajes estamos hablando?: Relación con competencias y atributos

Aunque parece verdad de perogrullo, no está demás insistir que el aprendizaje o aprendizajes deben ser centrados en el estudiante, y los mismos deben caracterizarse por su enfoque pragmático, así como de la posibilidad de su ejecución. No menos importante es que reporte algún provecho para el estudiante, más allá del insoslayable incremento del acervo de conocimientos, así lo expresa el proyecto antes citado, T4SCL: “El aprendizaje centrado en el estudiante debe ser práctico, realizable y beneficioso para los que aprenden” (ESU-EI, 2010, p.1).

Este mismo proyecto, siguiendo lo que Lea et al (2003) exponen, señala además otros elementos característicos del aprendizaje centrado en el estudiante:

- La confianza en el aprendizaje activo más que en el pasivo. Aprender haciendo, no solo escuchando u observando, incluso enseñando a otros.
- Énfasis en el aprendizaje profundo y comprensivo. Dejando de lado la repetición memorística superficial.
- Mayor responsabilidad y rendición de cuentas por parte de los estudiantes. El principal artífice de la formación es, debe ser el propio estudiante.
- Un mayor sentido de autonomía en el estudiante. Brindando oportunidades de trabajo independiente e interdependiente entre los mismos alumnos.

- Interdependencia entre profesor y alumno. Propiciando el diálogo enriquecedor, de quien propone situaciones deliberadas de aprendizaje de final abierto y quien a fin de cuentas las lleva a cabo.
- Respeto mutuo dentro de la relación alumno-profesor. Sin sesgos de poder o bien de un poder compartido, y
- Un acercamiento reflexivo a la enseñanza y aprendizaje por parte del profesor y el alumno. Una aproximación crítica, razonada no solo de los contenidos objeto de estudio, sino también de los métodos y estrategias que estimulan el aprendizaje.

En resumidas cuentas, lo que se busca es que el alumno sea capaz por sí mismo de enfrentar situaciones novedosas, contando para ello de las herramientas conceptuales y operacionales que la formación le ha brindado. Estas capacidades son conocidas en algunos contextos con el nombre de competencias. Dejando de lado la discusión si el término es adecuado o no, lo cierto es que lo relevante es que el alumno sea capaz y demuestre esa capacidad.

Ahora bien, debemos distinguir entre las capacidades de una persona formada ejerciendo una determinada profesión y las capacidades propias de una persona en formación, incluso al finalizar la misma. Esta distinción es la que establece la diferenciación de competencias y atributos. Las primeras para mayor claridad suelen calificarse de profesionales, los segundo sin ningún calificativo adicional, etiquetan los aprendizajes que debe poseer la persona al término de su formación y que se apresta a incursionar en el ejercicio de una disciplina profesional. Sin temor a equivocarnos, podríamos considerar los atributos, también como competencias, solo que son competencias de finalización de la etapa formativa, o bien de inicio de las capacidades que se consolidarán durante y mediante el ejercicio profesional.

Sobre la distinción entre atributos y competencias puede señalarse que la guía de mejores prácticas para la acreditación

de programas, establecida en conjunto entre la ENAEE y la IEA, indica que los resultados del programa o atributos de los graduados, son:

(...) resultados de aprendizaje evaluables, que describen o ejemplifican el conocimiento, las destrezas y actitudes esperadas de un graduado de un programa acreditado, que proveen los fundamentos educativos para un propósito particular, incluyendo la práctica en un campo específico de la profesión de ingeniería. (ENAEE-IEA, 2015, p. 3).

A este respecto por conocimiento se entiende:

Los hechos y conceptos que se conocen y comprenden, por destrezas: Las habilidades para gestionar y aplicar el conocimiento, y por actitudes: Los fines que deben conducir los conocimiento y las destrezas. (Rugarcía, 2000, citado por ENAEE-IEA, 2015, p. 3).

Como se puede constatar, la distinción entre competencias y atributos no es tajante, pudiéndose considerar, como ya se dijo, que los atributos son competencias con las que se culmina un proceso formativo, o bien competencias de inicio para la práctica profesional.

Son los atributos de los graduados, los enunciados de mayor grado de generalidad, que deben guiar el proceso formativo y corresponde a los profesores adecuarlos a las situaciones particulares de aprendizaje y los estudiantes la responsabilidad de participar activamente en su consecución. Unos y otros, deben ser conscientes que estos son los resultados esperados al culminar el proceso formativo.

Sobre una definición formal de atributos, y cuáles son los que se deben incentivar en la formación en ingeniería, volveremos más adelante, después de analizar un poco la evolución de los sistemas de aseguramiento de la calidad de los programas formativos de ingeniería.

Resultados de aprendizaje y acreditación de programas

Desde el año 2000, en que el ABET, la agencia estadounidense de acreditación de programas de Ingeniería, Ciencia Aplicada y Tecnología, puso en marcha su modelo de evaluación focalizado en los “outcomes”, esto es en los resultados, el mundo del aseguramiento de la calidad en el ámbito de la formación en Ingeniería, fijó un nuevo derrotero y con él asumió nuevos retos, tanto para los programas que son evaluados, como para las agencias de acreditación. Ahora ya no se trata de “prescribir” los elementos que deben cumplir los programas, no se intenta establecer el qué. Lo que se busca es fijar un “horizonte de realización” de lo que se considera deseable y dejar la responsabilidad al programa y sus actores de establecer el cómo y hasta dónde quieren llegar, de determinar los resultados que quieren obtener producto de poner en juego los recursos con que se cuenta y si no se tienen empezar por obtenerlos.

En una visión sistémica, los modelos evaluativos, entonces, ponen su acento ya no tanto en los insumos, sino en los productos. A lo interno los procesos pueden ser múltiples y variados, en atención a las particularidades de cada institución y cada programa, esto no se cuestiona y hasta cierto punto la diversidad de formas y métodos se incentiva. Lo relevante es que los resultados de estos procesos estén delimitados con claridad desde un inicio y que exista coherencia en los esfuerzos por lograrlos.

En una metáfora esclarecedora, al igual que en los resultados de aprendizaje el actor principal es el estudiante y el profesor un facilitador calificado, que tiene en cuenta las distintas posibilidades del aprendizaje, en la acreditación hoy más que ayer, el actor principal es la comunidad formadora y las agencias brindan sus servicios como facilitadores calificados, de los distintos modos en que estas abordan y logran las metas de los retos que se han auto impuesto.

Es oportuno ilustrar lo dicho con un ejemplo concreto. Era usual que en los modelos evaluativos de programas de Ingeniería de nuestro medio, se indicara a modo de un índice de cumplimiento

obligatorio, el contar con un determinado número de docentes vinculados de tiempo completo con el programa, esto es lo que usualmente se denomina profesores de planta, cuya principal ocupación versa con los esfuerzos de formación, investigación, extensión social del programa y atención de los estudiantes.

Las “formulas” ideadas, a lo interno de las agencias acreditadoras, para establecer el cabalístico número considerado adecuado, muchas veces rayan en lo anecdótico, cuando no fue un valor arbitrario de difícil explicación. Lo cierto es que se presentó como una prescripción de cumplimiento obligatorio, un insumo de entrada a los procesos.

Las críticas a este modo de proceder no han sido pocas, siendo la principal que establece un parámetro único, que no toma en cuenta las particularidades de las instituciones y programas. Por otro lado la defensa al mismo se hizo que era un “estándar de calidad” y como con la calidad hay que estar de acuerdo, se acabó la discusión.

Las actuales propuestas focalizadas en los resultados, plantean ciertamente la necesidad de contar con profesores de planta que enriquezcan con sus aportes la academia, pero lo hacen de una manera respetuosa y coherente con que la responsabilidad última de la calidad del programa es un asunto de la misma comunidad académica que lo sustenta. ¿Cómo se hace?. Pues bien, se establece un horizonte de realización deseado, por ejemplo, que la cantidad de profesores de planta del programa sean suficientes para desarrollar las funciones irrenunciables de la docencia, la investigación, la extensión social, atender las consultas de los estudiantes, brindándoles asesoría y guía académica para el logro de los resultados de aprendizaje que se pretenden. Aquí intervienen los actores del programa, que responsablemente establecen el mínimo del personal académico necesario en atención a lo que se quiere y de las condiciones contextuales que se tienen.

La tarea ahora de la agencia acreditadora es, mediante sus pares evaluadores, discernir si efectivamente el programa es coherente en sus planteamientos y si las justificaciones que

se esgrimen para argumentar un determinado número, son válidas puesto que logran los resultados esperados. Como se dijo anteriormente el reto no es insignificante para unos y para otros.

¿Y qué de los atributos? El giro de los modelos de acreditación hacia un enfoque basado en los resultados, derivó en la necesidad de plantear los resultados más generales que se espera los procesos formativos posibilitem, y que los esfuerzos evaluativos deben constatar. Estos resultados de mayor generalidad, se denominan “atributos” y se definen como:

(...) conjunto de resultados individuales evaluables, que son los componentes indicativos del potencial del graduado para adquirir la competencia para la práctica profesional. (WA, 2015, p.2).

La definición establece en primer término que son un conjunto, luego no se está hablando de un solo resultado, sino varios de ellos. Estos resultados los debe manifestar el individuo que ha participado en un proceso formativo y lo ha culminado exitosamente. Deben de poder ser evaluados y por lo tanto deben de poder evidenciarse de alguna forma. Ahora bien, no son un resultado último, si bien para el proceso formativo de alguna manera sí, puesto que son componentes indicativos de la posibilidad de logro de un resultado posterior: la competencia profesional. Aunque aquí también cabe una inflexión, estos componentes son tan solo ejemplos del potencial del individuo para acceder la competencia profesional. Si se quiere, los atributos son los requisitos o condiciones de entrada, para iniciar una práctica profesional, que derivará en la adquisición de las competencias profesionales.

El consenso de la comunidad de ingeniería, reunida en la Alianza Internacional de Ingeniería (IEA, por sus siglas en inglés), es que los atributos que se busca desarrollar en el proceso formativo y que un programa objeto de evaluación debe demostrar, son los siguientes:

- **Conocimientos de Ingeniería:** Capacidad para aplicar los conocimientos a nivel universitario de matemáticas, ciencias naturales, fundamentos de la Ingeniería y conocimientos especializados de ingeniería para la solución de problemas complejos de Ingeniería.

Se destacan los necesarios fundamentos de matemáticas y ciencias naturales, sin los cuales no se podría hablar de formación en ingeniería. No se establecen los contenidos u objetos de estudio, no obstante se espera que en la formación se incluyan elementos de cálculo diferencial e integral, álgebra lineal, ecuaciones diferenciales, análisis numérico, probabilidad y estadística. En ciencias naturales, en atención a las particularidades de la profesión que se trate, deben incluirse elementos de análisis vectorial, cinemática, dinámica, estática, trabajo y energía, termodinámica, electromagnetismo, mecánica de fluidos, ondas y movimiento ondulatorio, química inorgánica, química orgánica, biología, geología.

Sobre los fundamentos de ingeniería, se subraya la capacidad creativa (pensamiento divergente y convergente), orientación al logro, capacidad de análisis, capacidad de síntesis, capacidad de evaluación, proactividad, serendipia (referida a la habilidad para reconocer que ha hecho un descubrimiento importante aunque no tenga relación con el objeto inmediato de búsqueda), lógica formal, procesamiento de la información (búsqueda, captura, categorización y utilización), capacidad heurística (referida a la habilidad para inventar, hallar o generar soluciones) y representación gráfica. (cf. Grech, 2001, p. 90 ss).

Los conocimientos especializados para la solución de problemas complejos de ingeniería, los mismos son particulares para cada manifestación profesional de la disciplina y obedecen a formulaciones que se denotan como ciencias de la ingeniería o ingeniería aplicada.

No menos importante es la observación de que estos conocimientos, habilidades y actitudes deben ser de nivel universitario, significando que son del más alto nivel formativo; dentro de la pirámide educativa.

- **Análisis de problemas:** Capacidad para utilizar los conocimientos y habilidades apropiados para identificar, formular, investigar en la literatura, analizar y resolver problemas complejos de Ingeniería, logrando conclusiones sustanciales, utilizando principios de matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la Ingeniería.

Si bien es cierto la capacidad de analizar y solucionar problemas están en la base de la formación de la ingeniería, el hecho que se destaque como un atributo diferenciado, llama la atención sobre su importancia. Se conjugan aquí las habilidades de procesar información, dirigidas al logro de resultados significativos, mismos que son posibles porque se ha sabido integrar los fundamentos de las ciencias naturales, empleando la matemática como herramienta privilegiada.

La significatividad de los resultados, se da en términos de que los mismos proponen respuestas y soluciones válidas a los problemas enfrentados. No es el simple ejercicio de ofrecer alternativas de solución, es que las mismas son pertinentes, relevantes, oportunas y efectivas, son sustanciales y no solamente formales.

- **Diseño/desarrollo de soluciones:** Capacidad para diseñar soluciones para problemas de Ingeniería complejos, así como para diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan necesidades específicas teniendo en cuenta las consideraciones apropiadas para la salud pública, la seguridad, los estándares pertinentes, así como los aspectos culturales, sociales, económicos y ambientales.

Se vuelve a resaltar la significatividad de las soluciones, referidas a problemas complejos, lo que lleva a plantearse la cuestión de gradualidad de la formación. El proceso de formar en ingeniería, no se abstrae de los principios generales de la formación en cualquier disciplina, principios como los son: avanzar de lo conocido a lo desconocido, de lo concreto a lo abstracto, de lo simple a lo complejo, o bien desarrollar habilidades y destrezas de deducción o inducción. No obstante la meta es llegar hasta la capacidad de diseñar soluciones para problemas complejos, lo que establece el nivel de desempeño que se busca.

El diseño en ingeniería, asume variantes particulares a la concepción del término que se puedan tener en otras profesiones y disciplinas. Diseño en ingeniería está indisolublemente asociado al concepto de proyecto, (cf. Gómez y Martínez, 2001, p.33 ss.) que implica un proceso creativo que va desde la concepción de una idea, hasta su materialización en un sistema, componente o proceso, tomando en cuenta consideraciones de alcance, costo, calidad, riesgos, recursos y tiempo. En este desarrollo deben tenerse presente, que las soluciones sustantivas a la necesidad o problema enfrentado, involucra consideraciones de salud pública, seguridad de las personas y demás seres vivos, los estándares establecidos por las sociedades profesionales competentes, todo en un marco de desarrollo sostenible y sustentable, que toma en cuenta el bienestar de las actuales y futuras generaciones.

- Investigación: Capacidad para conducir investigaciones de problemas complejos por medio de conocimientos y métodos apropiados, incluyendo el diseño de experimentos, análisis e interpretación de datos y síntesis de información para proveer conclusiones válidas.

Poder conducir investigaciones de problemas complejos, implica proponer, desarrollar y evaluar situaciones de aprendizaje, en las que deliberadamente se busque incentivar los conocimientos, habilidades y actitudes para la investigación. Una oportunidad en este sentido se da cuando el docente se apropia de investigaciones publicadas, para llevarlas como insumo a las distintas situaciones de aprendizaje. Otra cuando adicionalmente a prácticas de laboratorio comprobatorias, se proponen problemas a resolver, en los cuales se debe discernir los aspectos esenciales de los superfluos, reunir la información pertinente: documental, observacional o experimental, que posibilite la formulación de posibles respuestas a las situación problemática, mismas que son puestas en práctica en aras de discriminar las opciones óptimas de las que no.

En el sentido antes anotado, debe reconocerse que es usual en la formación en Ingeniería, se dé un orden considerado lógico entre la teoría y la práctica. En este orden, la primera, antecede a la

segunda, en estricto sentido. Los laboratorios son comprobación de la teoría que ya se conoce. Lo que aquí se propone, es invertir el sentido: “adelantar” la experiencia a la teoría. Que de una situación inédita, para los estudiantes, se experimente con las variables involucradas y de la experiencia se busque discernir la relación entre variables. Luego se puede “ir a la teoría”, para constatar los resultados obtenidos. Con esta simple inversión del orden, se está posibilitando el desarrollar la capacidad de enfrentarse a problemas de los cuales se tiene poco o ningún conocimiento previo, así como analizar e interpretar la información obtenida para contrastarla luego con el acervo teórico del tema objeto de estudio.

- Utilización de herramientas modernas de ingeniería: Capacidad para crear, seleccionar, aplicar, adaptar y ampliar apropiadamente técnicas, recursos y herramientas modernas de Ingeniería y de tecnología de la información, incluyendo la prospección y modelado de problemas complejos de ingeniería, con la comprensión de las limitaciones asociadas.

Lo que se establece es, no solo contar con las herramientas de ingeniería pertinentes, sino que deben ser “modernas”, lo que exige que las mismas estén a nivel del “estado del arte” de la profesión que se trate. También que deben utilizarlas creativamente, en conjunto con técnicas, recursos y tecnología de información, para la prospección y modelado de problemas complejos. Se advierte adicionalmente, que se debe estar en capacidad de reconocer las limitaciones propias de estas herramientas, técnicas y tecnologías. Parte de las soluciones es establecer el alcance de las mismas, producto de las constricciones que imponen recursos y contexto.

La utilización no se agota con la selección, aplicación o uso de las herramientas, se destaca que se debe incentivar la capacidad de crear y adaptar, lo que implica “ver” más allá de las posibilidades actuales de las herramientas, en un esfuerzo por descubrir nuevos usos y nuevas aplicaciones de las mismas. De lo que se trata es de no dar por sentado como única la función común de las herramientas, técnicas y recursos, sino por el contrario en un afán innovador revelar nuevas funciones, nuevos

usos. Un ejemplo extraído de otro contexto, nos permite ilustrar este novedoso punto: hasta no hace mucho tiempo, la aspirina, el comprimido de ácido acetilsalicílico, era un fármaco utilizado exclusivamente como analgésico, para aliviar el dolor. Hoy día sus usos abarcan más de una decena de posibilidades, en las que el uso tradicional representa tan solo un pequeño porcentaje de las mismas. Usos que se han desarrollado al focalizarse la atención en la búsqueda de nuevas aplicaciones para el fármaco, en una muestra exitosa de investigación traslacional (cf. Parra, 2012). De igual manera, la formación en ingeniería debe incentivar la búsqueda de nuevas opciones para herramientas, técnicas y recursos. Ilustremos el mismo principio, con un ejemplo extraído de la Ingeniería en Electrónica, específicamente de los dispositivos integrados lineales, conocidos como amplificadores operacionales. (cf. Franco, 2012). Estos dispositivos inicialmente estaban concebidos para implementar operaciones matemáticas, vinculadas a la solución de ecuaciones diferenciales. Su uso estaba orientado a la realización de “computadoras analógicas”. Lo que sucedió después, ejemplifica el punto que intentamos ilustrar. Los ingenieros empezaron a identificar y utilizar estos componentes en nuevas y originales formas, de tal forma que hoy día los encontramos en filtros activos, reguladores de tensión, osciladores, comparadores, limitadores, rectificadores, generadores de ondas, controles de frecuencia, temporizadores, y la lista sigue creciendo.

- La ingeniería y la sociedad: Capacidad para aplicar razonamientos informados por el conocimiento del contexto que incluye las valoraciones de aspectos sociales, de salud, de seguridad, legales, culturales y las consecuentes responsabilidades, relevantes para la práctica profesional de la ingeniería y la solución de problemas complejos de ingeniería.

Como profesión con orientación al servicio de la sociedad, la formación en ingeniería debe incluir la valoración de los impactos de la profesión en el contexto social: cómo van a ser beneficiadas o perjudicadas las personas, si se expone la integridad física de las mismas y en qué medida, si el ordenamiento jurídico establece

reglas que imposibilitan la factibilidad de la solución técnica, o por el contrario la favorecen, si las normas, pautas de comportamiento o tradiciones son afectadas de algún modo y en qué medida pueden mitigarse los efectos de las soluciones propuestas en estos ámbitos:

(...)La sociedad establece claramente que toda actividad profesional desarrollada por los ingenieros debe tener como fin esencial la salud y el bienestar de los ciudadanos, reduciendo los posibles riesgos generados por esas actividades a límites manejables. (Grech, 2001, p. 54)

- Medio ambiente y sostenibilidad: Capacidad para comprender y evaluar la sostenibilidad y el impacto del trabajo profesional de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería en los contextos sociales y ambientales.

Un buen diseño en ingeniería es el que contempla la solución técnica al problema o necesidad enfrentada, y que no deja de lado las implicaciones sociales, económicas y ambientales. Por ello la formación en esta profesión, implica desarrollar las capacidades pertinentes en estos cuatro aspectos. Limitarse a las soluciones técnicas es brindar soluciones parciales, que por su parcialidad quedan descalificadas, que de ponerlas en práctica probablemente traigan más perjuicio que beneficio. En particular debe ponerse especial atención a los impactos de las soluciones de ingeniería sobre el entorno natural, al momento de ponerlas en práctica y en el decurso histórico en que estarán vigentes, de tal forma que la solución al problema de hoy, no sea la causa del problema de mañana:

(...) la ingeniería más avanzada busca producir tecnologías, no solamente para prever y mitigar los impactos ambientales, sino también para ofrecer orientación al gobierno, al sector privado y al tercer sector, sobre las diferentes alternativas que permitirían crear un futuro que sea más sostenible desde la perspectiva ambiental. (Rodríguez, 2007)

- **Ética:** Capacidad para aplicar principios éticos y comprometerse con la ética profesional, las responsabilidades y las normas de la práctica de la ingeniería.

La excelencia (E) en el desempeño profesional, está determinada por tres aspectos: conocimientos (C), habilidades (H) y actitudes (A). Hay quienes “cuantifican” la relación entre estos aspectos, mediante una fórmula empírica: $E=(C+H)A$; nadie puede tener un desempeño exitoso si no tiene las competencias pertinentes, esto es lo que resalta la ecuación. Son necesarios los conocimientos, las habilidades o destrezas y las actitudes. Las dos primeras variables se adicionan, la última constituye un producto. Este aspecto destaca la importancia de las actitudes, puesto que si el valor de A es nulo, C y H pueden tener los más altos valores, que el resultado será nulo. Por el contrario si A tiene un valor mayor que la unidad, la fórmula se verá potenciada por los valores que definan C y H.

Ahora bien, al hablar de actitudes, lo que se está haciendo referencia es a los fines últimos que deben conducir los conocimientos y las destrezas, fines que se recogen en las declaraciones deontológicas, que rigen cualquier ejercicio profesional y que determinan el deber ser del mismo.

Viene a propósito señalar los principios que signan la profesionalidad de una determinada práctica:

La ética general de las profesiones se plantea en términos de principios: el principio de beneficencia, el principio de autonomía, el principio de justicia y el principio de no maleficencia. (Mantilla, 2016).

La beneficencia, entendida como virtud de hacer el bien, en los servicios y productos profesionales que se provean, la autonomía, actuar con independencia, poder ejercer derechos y tomar decisiones, la justicia, actuar de acuerdo a lo razonable y equitativo ante demandas múltiples que hay que jerarquizar y recursos más o menos limitados que hay que administrar y por

último la no maleficencia, evitar causar daño, no perjudicar a nadie que pueda quedar implicado o afectado por una actuación profesional.

Capacidad para aplicar estos principios, compromiso y responsabilidad con los mismos, es de lo que se trata este atributo.

- Trabajo individual y en equipo: Capacidad para trabajar efectivamente de manera individual o como miembro y/o líder de equipos diversos en escenarios multidisciplinares.

Las exigencias actuales para los profesionales de ingeniería, demandan un equilibrio entre las competencias técnicas, denominadas “duras” y las competencias genéricas o sociales, denominadas “blandas”. Estas últimas abocadas a facilitar el trabajo en equipos, con personas formadas en múltiples disciplinas. El atributo correspondiente señala dos dimensiones: la individual y la colectiva. Se hace necesario incentivar los conocimientos, habilidades y actitudes que favorecen el desempeño efectivo en ambas dimensiones.

Para el desempeño individual hay que favorecer el desarrollo de habilidades como: la adaptación al cambio, la tolerancia a la incertidumbre, la disciplina, optimización del uso del tiempo, proactividad, autoevaluación, actitud positiva, entre otras. Para el desempeño en equipos de trabajo efectivos, se hace necesario incentivar la empatía, el espíritu de colaboración, la comunicación asertiva, el respeto por las opiniones, la capacidad de escucha, resolución de conflictos y el liderazgo.

- Comunicación: Capacidad para comunicar conceptos complejos de Ingeniería dentro de la profesión y con la sociedad en general. Estas habilidades incluyen: la habilidad de comprender y escribir efectivamente informes, documentación de diseños, realizar presentaciones efectivas, dar y responder instrucciones claras. Es conveniente incentivar la capacidad de comunicarse en un segundo idioma.

El profesional en ingeniería se vincula con públicos heterogéneos, desde colegas que comparten una misma cultura profesional, personas formadas en otros campos o incluso con personas con una formación limitada, y con todos debe poder interactuar efectivamente, para el logro de las metas de proyectos.

Esto justifica la necesidad de abordar en el proceso formativo las capacidades que posibilitan una comunicación efectiva, de forma oral y por escrito.

Dominar más de un idioma en un mundo cada día más interdependiente y conectado, es una realidad que no puede soslayar la formación en Ingeniería. Deben abrirse espacios formativos que posibiliten adquirir las competencias lingüísticas fundamentales: leer, escribir, escuchar y hablar en al menos un segundo idioma.

- Administración de proyectos y finanzas: Capacidad para incorporar apropiadamente las prácticas administrativas, económicas y de negocios, tales como administración de proyectos, administración del riesgo y gestión del cambio dentro de la práctica de la Ingeniería así como entender sus limitaciones. Es deseable también la comprensión de los aspectos básicos de la generación y gestión de empresas de base tecnológica.

La práctica usual en ingeniería gira alrededor de los proyectos. Este es el medio por el cual se materializan los diseños, así lo señala Gómez y Martínez (2001), cuando reseñan la forma en que un profesional de ingeniería aborda un problema tecnológico:

(...) En primer lugar estudia el problema en su conjunto hasta alcanzar un planteamiento global coherente mediante la definición de los objetivos y las restricciones que conforman el problema. En segundo lugar, conocido el conjunto, lo divide en subproblemas que, debidamente acotados teniendo en cuenta el problema global, se convierten en problemas tecnológicos de más fácil-o al menos, posible-resolución. Por último, una vez resueltos todos los problemas en que ha dividido el proyecto, integra las respuestas en un todo y comprueba su bondad. (p.31).

Cabe destacar que una parte importante del proyecto es la definición de las restricciones, mismas que tienen naturaleza no solo técnica, por lo tanto de ahí la necesidad de considerar aspectos, como los señalados: los administrativos, los económicos, los de negocio.

Todo proyecto de ingeniería comporta riesgos y son producto o generan cambios, es por eso que este atributo resalta la necesidad de la formación en la gestión del riesgo y del cambio.

Por último se señala la conveniencia de comprender los aspectos básicos de la generación y gestión de empresas de base tecnológica, esto es dotar a las personas que se forman en ingeniería de los conocimientos, habilidades y actitudes del emprendimiento.

- Aprendizaje a lo largo de la vida: Capacidad para reconocer la necesidad de educación continua y la habilidad de vincularse en un proceso de aprendizaje independiente durante toda la vida, identificando y conduciendo las propias necesidades educativas, en un contexto amplio de cambio tecnológico.

La última formulación de los atributos deseables es la de tomar conciencia de la necesidad de continuar con la formación, misma que no sea acaba al salir de las aulas universitarias.

La brecha normal que existe entre la formación y el ejercicio profesional, solo se puede solventar si la persona formada en ingeniería, se propone para sí misma un programa de actualización, que bien puede considerar la educación formal que ofrecen las instituciones de educación superior, como también, y es usual, las múltiples oportunidades formativas que ofrece el mercado laboral y las sociedades profesionales.

La graduación de un programa formativo, con todo y su carga de logro alcanzado, no es sino un permiso, una habilitación para seguir aprendiendo por sí mismo, en atención a los intereses particulares, pero sobre todo a las exigencias de un ejercicio profesional cambiante día con día.

Estos doce rasgos que perfilan a los graduados de un proceso formativo, son los resultados de aprendizaje que se requieren y que sintetizan las capacidades requeridas para afrontar el inicio de una práctica profesional cada vez más exigente, signada por el cambio como su principal constante.

Conclusión

La formación en ingeniería, pone hoy el acento en el estudiante, como artífice principal de su propia formación. El rol del maestro es el de facilitar esta apropiación del conocimiento por parte del estudiante.

Los resultados de aprendizaje, tipificados en su mayor grado de generalidad en los atributos, fijan las metas por alcanzar y por lo tanto delimitan los derroteros formativos por seguir. No solo son importantes porque reflejan el consenso de la comunidad internacional de ingeniería, sino porque los modelos de aseguramiento de la calidad actuales, los destacan como referentes para todos los esfuerzos en pro de la mejora continua.

Las estrategias formativas deben abocarse a considerar los atributos, integrarlos en la acción didáctica fijando los resultados de aprendizaje específicos que se desean, perfilando y ejecutando las acciones de intermediación educativa adecuadas y evaluando el nivel de logro alcanzado.

En todos estos aspectos, el diálogo y el trabajo conjunto entre maestro y discípulos es de la mayor importancia, para que estos últimos sepan, comprendan y demuestren lo aprendido.

Referencias bibliográficas

- Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (2014). *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*. Madrid: ANECA
- Dobles, et al. (1996). *Investigación en educación: Procesos, interacciones, construcciones*. San José: EUNED.
- Education International & European Student's Union. (2010). *Student-centred learning: toolkit for students, staff and higher education institutions*. Recuperado el 28 de junio de 2016, de http://www.aic.lv/bolona/2010/Reports/SCL_toolkit_ESU_EI.pdf
- European Network for Engineering Education & International Engineering Alliance. *Best practice in accreditation of engineering programmes: an exemplar*. Recuperado el 2 de noviembre del 2016 de, Consultado de [http:// www.ieagreements.org/Best_Prct_Full_Doc.pdf?203](http://www.ieagreements.org/Best_Prct_Full_Doc.pdf?203)). El
- Franco, I. (2012). *Amplificadores operacionales y aplicaciones*. Facultad de Ingeniería
- Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad de Michoacán. Recuperado el 8 de octubre del 2016, de http://www.fim.umich.mx/teach/ifranco/notas/C4-Amplificadores%20operacionales%20y%20aplicaciones_E.pdf.
- Gómez, E. y Martínez, S. (2001). *El proyecto: diseño en ingeniería*. Valencia: Alfaomega.
- Grech, P. (2001). *Introducción a la ingeniería: un enfoque a través del diseño*. Bogotá: Pearson Educación.
- International Engineering Alliance. (2015). *Graduate Attributes and Professional Competencies*. Recuperado el 3 de noviembre, del 2106, de <http://www.ieagreements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>.

- Kennedy, D. (2017). *Writing and using learning outcomes: A practical guide*. Ireland: University College Cork.
- Mantilla, A. (2016). *Deontología del Profesional - Ética profesional*. Recuperado el 6 de octubre del 2016, de <http://www.deontologia.org/deontologia-del-profesiona.html>.
- Owens, D. (2016). *Outcome-based education and engineering education accreditation. CAST Innovation and Integration Engineering Education Accreditation*. International Symposium. Beijing.
- Parra, A. (2012, junio,13). *Los múltiples usos de la aspirina*. [Mensaje de un blog]. Recuperado el 8 de diciembre del 2016. <http://blogs.hoy.es/lineaconsumo/2012/06/12/los-multiples-usos-de-la-aspirina/>.
- Rodríguez, M. (2007). Ingeniería y el medio ambiente. *Revista de Ingeniería Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes*, (26). Recuperado el 8 de diciembre del 2016. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932007000200008.