



Revista Facultad de Ingeniería

ISSN: 0717-1072

facing@uta.cl

Universidad de Tarapacá

Chile

Letelier S., Mario; López F., Lorena; Carrasco B., Rosario; Pérez M., Paulina  
Sistema de competencias sustentables para el desempeño profesional en ingeniería  
Revista Facultad de Ingeniería, vol. 13, núm. 2, 2005, pp. 91-96  
Universidad de Tarapacá  
Arica, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11413210>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## SISTEMA DE COMPETENCIAS SUSTENTABLES PARA EL DESEMPEÑO PROFESIONAL EN INGENIERÍA

Mario Letelier S.<sup>1</sup> Lorena López F.<sup>1</sup> Rosario Carrasco B.<sup>1</sup> Paulina Pérez M.<sup>1</sup>

*Recibido el 2 de mayo de 2005, aceptado el 11 de julio de 2005*

### RESUMEN

Los autores presentan una propuesta para estructurar carreras de Ingeniería enfocadas al desarrollo de competencias.

La propuesta considera las dificultades que un rediseño de carreras de Ingeniería, en el enfoque citado, implica para las facultades de Ingeniería, que han tendido a privilegiar, por razones entendibles, la transmisión de conocimiento, la cual no debería ser discontinuada sino complementada con otras actividades formativas.

Se plantea la definición de un sistema de competencias que pueden ser formadas de modo integral, para así facilitar el proceso educativo. Este enfoque implica cambios curriculares que los autores consideran factibles de implementar, sin desconocer que ellos conllevan algunos efectos en la distribución de materias y en la gestión de la docencia.

Palabras clave: Competencias, módulos, sistémico, sustentable.

### ABSTRACT

*The authors propose a way for structuring Engineering curricula based upon competencies.*

*The proposed scheme considers some difficulties that usually Engineering Colleges have to face. These colleges have tended to prioritise, in the past, an education focused on knowledge transmission, which, nevertheless, should not be eliminated in the new approach but, rather, complemented with activities in new formats.*

*A system or set of competencies is designed, such that may be developed through the curricula in an integrated form, thus making it easier to get the desired educational outcomes. The present approach implies curricula changes that can be achieved without traumatic institutional decisions, according to the authors' perspective. Some subject distribution and new ways of teaching administration are required, however.*

*Keywords: Competencies, modules, systemic, sustainable.*

### INTRODUCCIÓN

El reconocido aporte de la Ingeniería al avance socio-económico de los países, a través del desarrollo industrial, de los servicios y de la infraestructura, entre otros factores, ha generado una fuerte presión sobre las universidades y otros centros de Educación Superior. Estas entidades educativas deben formar ingenieros con la mayor capacidad posible de una inserción laboral efectiva [1].

Recogiendo una tradición educativa de larga data, con raíces en la educación escolar y Educación Superior, la

formación de profesionales se espera culmine, en el presente, en el egreso de ingenieros que tengan ciertas capacidades y atributos personales que los hagan aptos para insertarse al trabajo productivo en forma rápida y eficaz. Las capacidades y atributos indicadas suelen denominarse, en general, "competencias de egreso". Se espera que esas competencias deben resultar de un conjunto de aprendizajes acumulativos, con fuerte énfasis en la aplicación del conocimiento a tareas propias de la Ingeniería profesional, aspecto que es el que permite guiar la formación hacia la deseada capacidad de efectiva inserción laboral.

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Creatividad y Educación Superior, Universidad de Santiago de Chile, Casilla 10233. Santiago, Chile, mletelier@usach.cl, llopez@lauca.usach.cl, rcarrasc@usach.cl, paulinapm@usach.cl

Traer el contexto laboral, en alguna medida, a las aulas, o acercar a los estudiantes a dicho contexto es, por lo tanto, un importante desafío educativo en la actualidad [2]. Evaluar esos deseados resultados longitudinales de aprendizaje constituye otro de los grandes desafíos para las escuelas de Ingeniería [3].

Las dificultades indicadas precedentemente, así como aspectos tales como los recursos y capacidades institucionales disponibles, han hecho muy lento el progreso en los cambios curriculares que deberían acompañar a la formación de ingenieros basada en competencias, como lo atestiguan las publicaciones nacionales e internacionales en Educación en Ingeniería.

La situación delineada ha sido una motivación importante para la elaboración de la propuesta educativa contenida en el presente artículo, en la cual se recogen múltiples experiencias de gestión curricular conocidas por los autores en terreno, y a través de publicaciones, en el país, el continente y otras regiones del mundo.

La propuesta que a continuación se plantea busca, principalmente, destacar una forma de incorporar a los currículos de Ingeniería instancias de aprendizaje enfocadas al cultivo de competencias, considerando la tradición y las características típicas de las escuelas de Ingeniería chilenas. Es posible que el enfoque propuesto sea aplicable, también, en otros contextos nacionales.

## ASPECTOS GENERALES

En consonancia con las consideraciones presentadas en la Introducción, en el ámbito educativo existe un amplio consenso sobre la conveniencia de establecer objetivos longitudinales de aprendizaje, que tengan alta relevancia potencial en el mundo laboral. Esos objetivos longitudinales, o acumulativos, se expresan, como se ha mencionado, en la forma de competencias. Estas son capacidades que deberían haber desarrollado los alumnos de una carrera al finalizar ésta, asociadas aquéllas a la realización de tareas determinadas, y con un nivel de eficacia apropiado.

En la práctica, tanto las universidades, así como las asociaciones profesionales y las agencias de acreditación, concuerdan en asignar mucha importancia a la formación profesional basada en competencias. Se supone que ésta genera un adecuado vínculo entre la formación académica y el mundo laboral [4-8].

Un modelo formativo global que guía la formación por competencias, según es posible extraerlo del sistema de

acreditación de ABET (2005), es el que se indica en la Fig. 1.



Fig 1. Modelo de formación por competencias en Ingeniería, considerando la educación universitaria y el desempeño profesional.

El modelo formativo aquí revelado distingue entre práctica pre-profesional, que es la que se realiza durante los estudios académicos, y práctica profesional propiamente tal. A dichas prácticas se asocian respectivamente las competencias de egreso y las competencias profesionales. Un gran desafío para las facultades de Ingeniería es alinear adecuadamente ese proceso formativo, el cual sólo en parte depende de ellas.

A diferencia de carreras como Arquitectura, Medicina y Derecho, entre otras, el ámbito de trabajo de la Ingeniería es muy amplio en cuanto a áreas de desempeño, y poco predecible. Los ingenieros pueden trabajar en proyectos y diseños muy variados, gestión, operaciones, desarrollo, ventas, etc. Por esta razón, identificar las competencias más necesarias para un contexto laboral amplio y cambiante es difícil. Deben combinarse competencias técnicas, como las competencias que corresponden a las tareas anteriormente indicadas, con competencias más generales y adaptativas. Por otra parte, precisar el alcance que esas competencias deberían tener al egreso, que es el punto hasta donde llega el ámbito de acción de la universidad en el pregrado, es otra dificultad.

Otro aspecto que diferencia Ingeniería de las tres carreras anteriores citadas es el peso curricular que tiene el conocimiento transferido, así como la potencialidad de éste para generar habilidades y competencias. El conocimiento asociado a las ciencias físico-matemáticas proporciona un amplio y sólido fundamento para el desarrollo de las tecnologías en que se apoya el desempeño profesional de los ingenieros. Varias competencias profesionales, tanto técnicas o especializadas como generales, son en alta medida dependientes, influidas o inducidas por las tecnologías. En especial las tecnologías de información, de comunicación, de materiales y biotecnologías han tenido y siguen teniendo una alta capacidad de desarrollar

nuevas habilidades y competencias. Por ejemplo, en el presente es posible desarrollar la competencia de operar equipos de laboratorio a distancia, vía redes computacionales, con simuladores de manipulación mecánica basados en las aplicaciones de la Magnetoreología. La formación básica de los ingenieros les permite desarrollar esa competencia, aunque no la hayan practicado durante su período universitario gracias a sus conocimientos de Ciencias de la Ingeniería, los que aportan una base que, debidamente reforzada, permite apropiarse de los conceptos necesarios para desarrollar la citada competencia al nivel propio de un profesional universitario.

Lo antedicho implica que, en la formación de los futuros profesionales de la Ingeniería, es inconveniente asociar en forma muy estrecha el conocimiento transferido a las competencias desarrolladas. El conocimiento tiene potencialidades de aplicación competente que escapan de cualquier perspectiva inmediata. Por lo tanto, es necesario dotar a los ingenieros de conocimientos básicos, generales y relevantes, como un fin en sí mismo. Ello no excluye, por supuesto, el cultivo de ciertas formas de aplicación actuales de gran pertinencia profesional.

Las competencias se forman, como es bien sabido, integrando conocimientos, habilidades y actitudes, a través de una práctica acumulativa centrada en las tareas que son propias de cada competencia. Si se unen todos estos requisitos, es comprensible que haya costado tanto reenfocar los currículos hacia la formación por competencias. Uno de los mayores problemas que se han presentado es conciliar la necesidad de enseñar conocimiento de base y generar, a la vez, las instancias de práctica para competencias generales que como la comunicación efectiva, la capacidad de innovar y la ética no se ajustan bien al formato de asignaturas aisladas y requieren de contextos de práctica apropiados. Para que un recién egresado cuente a su haber con una competencia en evaluación de problemas éticos de su profesión, por ejemplo, demanda algo más que una asignatura aprobada. Es necesaria una práctica prolongada de análisis de casos de complejidad creciente, lo cual no se puede lograr en poco tiempo.

Lo anterior hace ver la conveniencia de considerar un enfoque sistémico de competencias, en que se puedan integrar las competencias más relevantes en una macro-competencia sistémica, concebida de tal naturaleza, que sea posible sustentarla con actividades de enseñanza-aprendizaje relativamente simples de implementar. Las condiciones que deberían cumplirse, a juicio de estos autores, son:

- i) El sistema de competencias debe incluir relativamente pocas competencias de gran relevancia laboral.
- ii) Las competencias incluidas deben reforzarse unas con otras, de manera que el avance en una de ellas repercuta en las demás.
- iii) El sistema de competencias debe ser generativo, es decir, dar una base para que a partir de ellas se puedan generar otras competencias

En lo que sigue se presenta una ilustración de este principio.

### PROPUESTA DE UN MODELO

Un sistema de competencias sustentable es, según se lo ha definido aquí, un conjunto de competencias que se complementan sistémicamente y que tienen capacidad de dar sustento a otras competencias. Por ejemplo, considérese el conjunto de competencias siguiente, con las definiciones sintéticas que las acompañan.

*Competencias técnicas:* Diseño, evaluación de proyectos, desarrollo, cálculo de sistemas, dirección de operaciones, optimización, etc. (Dependen de cada especialidad).

*Autoaprendizaje:* Capacidad de mantenerse actualizado(a) y de desarrollar las capacidades y atributos que el entorno laboral demanda.

*Ética profesional:* Capacidad de identificar, analizar y resolver problemas de ética profesional.

*Comunicación:* Capacidad de informar, de recibir información y de persuadir.

*Trabajo en equipo:* Capacidad de asumir responsabilidades en trabajo grupal con un fin común.

*Innovación:* Capacidad de proponer y desarrollar nuevas y mejores formas de realizar tareas profesionales.

*Emprendimiento:* Capacidad de desarrollar iniciativas de carácter económico, social y/o cultural, a través de realización de proyectos, que requieren de toma de decisiones, asumir riesgos y de liderazgo.

Ese conjunto, gráficamente, se presenta en la Fig. 2.



Fig. 2 Ejemplo de sistema de competencias sustentables: (a) Sustento inicial de las competencias. (b) Sustento de las competencias en la vida profesional.

La Fig. 2 (a) expresa la idea que, para un ingeniero, las competencias técnicas son una base general sobre las cuales se pueden desarrollar las competencias de autoaprendizaje y de ética profesional. Con ese “equipamiento” se podrían sustentar las competencias de comunicación efectiva, trabajo en equipo e innovación. El conjunto anterior permitirá sustentar el emprendimiento, que aparece aquí, por elección de los autores, en una posición predominante. Por otra parte, se consideró que todas las competencias se apoyan entre sí, como lo ilustra la Fig. 2 (b). Dentro de esta concepción, la Fig. 2 (a) representa una relación de precedencia de las competencias que sería conveniente considerar durante el proceso formativo universitario, en tanto (b) representa lo que debería ser la situación durante el ejercicio profesional.

La noción de “generatividad” citada al inicio de este artículo implica que se debe esperar que el sistema de competencias que se elija constituya una base para el desarrollo posterior, o paralelo, de otras competencias. Siendo difícil prever las vías que seguirá el desarrollo industrial y el trabajo profesional en Ingeniería, sí puede preverse que se requerirán nuevas competencias.

Tanto el avance de la ciencia y tecnología como la globalización crean nuevos desafíos profesionales asociados a la innovación, negociación, comercialización, gestión, comunicación intercultural, valoración de intangibles, etc. Lo que implícitamente se postula es que nuevas competencias que pudieran ser requeridas a futuro tienen alta probabilidad de desarrollarse en un profesional capaz de actualizarse

permanentemente, de actuar éticamente, de comunicarse y trabajar en equipo, de innovar y de emprender. Otras combinaciones de competencias podrían conducir a un resultado equivalente.

## CONSECUENCIAS CURRICULARES

Las competencias técnicas se desarrollan paulatinamente a lo largo del currículo, pues ellas deben ir integrando distintos conocimientos. Sin embargo, todas las competencias generales pueden cultivarse desde el inicio de los estudios, en algún grado. Considerando esos aspectos, del concepto sistémico de competencias, que asimila el sistema a una sola “macrocompetencia”, compuesta de varias competencias más específicas, se siguen las siguientes consecuencias curriculares en la óptica de los autores:

- i) La tarea de formar en competencias se simplifica si el objetivo es formar en una macrocompetencia.
- ii) Es posible concebir tareas, proyectos y otras actividades donde los estudiantes practiquen integralmente la macrocompetencia, al nivel de conocimientos técnicos que tengan.
- iii) Lo anterior permite pensar en talleres, distribuidos longitudinalmente a lo largo del currículo donde se trabaje en la integración de competencias.

El enfoque didáctico planteado termina por ser muy similar al que emplean los arquitectos, en que los alumnos de la carrera tienen talleres desde el primer año al último, dentro de los cuales desarrollan la competencia de concebir diseños o proyectos arquitectónicos progresivamente, a la vez que van integrando los conocimientos que los cursos teóricos paralelos van entregando.

Esta propuesta formativa implica que, talvez a partir del segundo año de la carrera de Ingeniería, se podría tener un taller por semestre, o un taller anual hasta el término de las asignaturas de la carrera, sea que ésta ocurra, según el tipo de carrera, en el cuarto, quinto o sexto año. En esos talleres se deberían crear situaciones de aprendizaje donde los conocimientos técnicos sean relevantes, donde sea indispensable adquirir iniciativas de aprendizaje, considerar aspectos éticos, cultivar la comunicación, trabajar en equipo, innovar y emprender. Cada una de esas competencias se puede graduar según el nivel de estudios.

También es deseable que, junto a los conocimientos técnicos, los alumnos tengan asignaturas, otros talleres o laboratorios que los capaciten en temas éticos, en comunicación, en temas de Psicología del Trabajo y otros.

El conjunto de talleres sugerido puede ser organizado en módulos, de acuerdo al concepto actual de esas unidades educativas. Un módulo puede constar de uno o más talleres por semestre, con la posible integración de algunas asignaturas, laboratorios y otras actividades educativas. Su diseño debe incluir, en general, y en la perspectiva de los alumnos, aprendizaje de conocimiento en forma realista y la adquisición de vivencias propias de la interacción con personas, con equipamiento e instrumentos, y con instituciones y otros lugares de trabajo. En un determinado módulo es deseable cubrir algunos objetivos de aprendizaje determinados, principalmente relacionados con las competencias de egreso, que deben ser evaluados de acuerdo a la naturaleza de éstos. Un módulo puede estar principalmente enfocado a temas éticos y de emprendimiento, por ejemplo, en tanto un módulo anterior podría estar enfocado al desarrollo de competencias técnicas.

El diseño de módulos y talleres de desarrollo intensivo de ciertas competencias de egreso implica varios desafíos. Dos de ellos, de particular complejidad, se refieren a la incorporación del contexto profesional real a la docencia, y a la evaluación de aprendizaje integradores. Los talleres cobran particular relevancia cuando en ellos los estudiantes integran diversos tipos de conocimiento (técnicos, financieros, legales, etc.),

resuelven problemas o desarrollan proyectos con contenidos profesionales actuales y muy cercanos a la práctica real, tomar contacto con personas e instituciones del medio externo a la universidad y, especialmente, cuando deben tomar iniciativas y decisiones con cierta libertad. Para estos fines el formato clásico de asignatura es estrecho, por cuanto en él típicamente participa un profesor y el tiempo es limitado para cumplir un conjunto de actividades que podrían incluir visitas y realización de proyectos de larga ejecución.

El segundo desafío a destacar es la evaluación, la que debe considerar varios objetivos, de acuerdo a las competencias, y sus componentes, en desarrollo. Esto conlleva la evaluación de actitudes y de la capacidad para realizar efectivamente tareas relativamente complejas. Se hace necesario incorporar métodos de evaluación diferentes de las pruebas o informes usuales. Típicamente se requeriría utilizar técnicas evaluativas tales como los informes de desempeño, evaluación por pares, evaluación de procedimientos, autoevaluación, portafolios y otras.

El sistema de competencias sustentables presentado implica un aprendizaje gradual, en el cual las diversas competencias deben desarrollarse por etapas, de modo de llegar al nivel de efectividad terminal previsto a lo largo del currículo de la carrera.

Un ejemplo reciente de organización curricular que considera módulos vertebrales en la formación de ingenieros en la Universidad de Loughborough en Inglaterra, aparece descrito en [6].

El enfoque educativo que aquí se ha delineado no pretende excluir la innovación en el rediseño de asignaturas tradicionalmente centradas en la transmisión de conocimiento. Éstas deben, a su vez, contribuir a la formación de múltiples componentes de las competencias, las que, por razones de espacio, se han definido en el presente trabajo en términos muy escuetos. Las competencias, tanto técnicas como generales, se sustentan en múltiples habilidades que es preciso desarrollar a través de las asignaturas y otras actividades educativas. Entre ellas, las habilidades de pensamiento sistémico, de analizar, sintetizar, evaluar, pensamiento estratégico, redacción, manejo de otros idiomas, toma de decisiones, optimización, etc.

Sin embargo, si la práctica de las actividades que son propias de las competencias se hace descansar fuertemente en una línea de talleres, se quita presión a las asignaturas restantes, en cuanto a que ya no es requerido de ellas cumplir múltiples propósitos que podrían llegar a hacerlas disfuncionales.

Como todas las opciones educativas, la presente implica algunos problemas a resolver. Entre ellos se debe citar lo difícil que es condensar un sistema de competencias que sean a la vez factibles de formar en la universidad y que tengan alta relevancia en la inserción laboral de los egresados. También, y probablemente más difícil, abrir paso en el currículo a una serie de talleres que deberían desplazar a otras tantas asignaturas, en principio. Para una carrera de Ingeniería Civil de seis años, se están considerando aquí del orden de ocho o nueve talleres semestrales, o de cuatro talleres anuales, o de una combinación de esos esquemas. Sin embargo, el paso efectivo a un proceso educativo formador en competencias implica cambios y sacrificio para las plantas académicas y para la gestión docente.

### CONCLUSIONES

Se ha presentado un enfoque educativo para la formación en competencias que suma algunas experiencias relevantes en diversos países y la visión que los autores tienen de las culturas universitarias chilenas.

Tanto en Chile como en otros países, las universidades, facultades de Ingeniería incluidas, son muy lentas en reaccionar a la necesidad de cambio. Por lo tanto, hay que contar con que, no obstante los esfuerzos que se hagan por rediseñar los currículos, los cambios serán relativamente pequeños.

En Ingeniería pesa mucho el conocimiento de la disciplina, el cual es extenso, de base científica exacta, y complejo de asimilar. No es extraño, por lo tanto, que los profesores tiendan a conservar, pese a todos los intentos de renovar, las materias que consideran esenciales, que son muchas.

El enfoque aquí presentado considera lo anterior, y busca simplificar el problema, haciendo uso de un concepto de talleres formativos que tiene precedentes en Arquitectura y otras carreras, y que podrían simplificar el cambio conservando los objetivos perseguidos.

### REFERENCIAS

- [1] Instituto de Ingenieros de Chile. "Educación en Ingeniería. Una visión Integradora de las Perspectivas Profesional y Académica". 2002.
- [2] Akila Sankar, Cheyan S. Sankar, P.K. Raju and Vamsee Dasaka. "Implications and Ramifications of Engineering Design of Field Joint for Space Shuttle: STS 51- L-A, Case Study- Instructor's Guide". Journal of Smet Education: Innovations and Research, vol. 1, no. 1: 37-60. 2000.
- [3] M.F. Letelier, J.A. Herrera, A.M. Canales, R. Carrasco and L.L. López. "Competencies evaluation in engineering programmes", European Journal of Engineering Education, vol. 28, no. 3: 275-286. 2003.
- [4] Centro Interuniversitario de Desarrollo CINDA. "Evaluación de Aprendizajes Relevantes al Egreso de la Educación Superior". 2001.
- [5] Centro Interuniversitario de Desarrollo CINDA. "Competencias de Egresados Universitarios". 2004.
- [6] Comunidad Europea. "Proyecto Tuning". 2002,
- [7] Accreditation Board for Engineering and Technology ABET. "Criteria for Accrediting Engineering Programs", USA. 2000.
- [8] Comisión Nacional de Acreditación de Pregrado CNAP. "Manual para el Desarrollo de Procesos de Autoevaluación". 2001.
- [9] B.S. Acar. "Analysis of an assessment method for problem-based learning". European Journal of Engineering Education. Vol. 29. no. 2: 231-240. 2004.