

FORTALECIMIENTO CURSOS CASPTONE EN EL MARCO DEL PROCESO DE ACREDITACIÓN ABET EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA PUC.

Ximena Hidalgo, Pontificia Universidad Católica de Chile, xhidalgo@ing.puc.cl

RESUMEN

Los “Capstone” son cursos que resultan clave en la formación del Ingeniero UC. Este tipo de cursos promueven la integración de competencias adquiridas en cursos previos, para que los alumnos desarrollen competencias complejas necesarias para su futuro desempeño profesional óptimo. Sin embargo, el diseño de este tipo de cursos, así como la puesta en marcha de procesos que permitan capturar las evidencias necesarias para medir el desempeño de los alumnos es muy complejo. Este artículo se describe cómo se llevó a cabo este trabajo en los cursos *Capstone* correspondientes al currículum 2009 de la Escuela de Ingeniería UC, en el marco del proceso de acreditación internacional ABET¹. El objetivo es ofrecer una guía para otras instituciones interesadas en incluir y mejorar sus proyectos Capstone en su currículum.

PALABRAS CLAVES: Enseñanza universitaria, Acreditación internacional, integración de competencias, cursos profesionalizantes.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente los cursos de la malla curricular han centrado el interés principalmente en abordar conceptos y contenidos específicos relacionados al área disciplinar en la cual cada curso se inserta. En la escuela de Ingeniería UC, a partir del año 2009, se establece una nueva mirada curricular, pasando de un currículum principalmente orientado a contenidos, a un currículum orientado por competencias. En este nuevo contexto el foco cambia, y se centra principalmente en el desarrollo de habilidades, entendiéndose que éstas le permitirán al futuro ingeniero enfrentarse al campo profesional con más y mejores herramientas. Lo anterior implica promover un cambio en la manera de abordar los cursos, enfatizando la responsabilidad compartida de los equipos docentes para lograr, en conjunto, el perfil de egreso del ingeniero UC y la secuenciación de las competencias específicas de los cursos junto a otras transversales.

De los cursos que componen la malla curricular actual hay cursos vinculados a distintas etapas de desarrollo de las competencias definidas en el perfil. Existen cursos introductorios al inicio del recorrido curricular, así como cursos de nivel intermedio que apuntan fundamentalmente a la aplicación de los contenidos adquiridos. Finalizando el recorrido de la carrera, existen cursos que tienen un alto impacto en la formación de los estudiantes: los cursos Capstone. En la estructura curricular propuesta por la Ingeniería-UC, estos cursos promueven competencias de nivel más avanzado, ya que tienen el rol de integrar y movilizar las competencias desarrolladas previamente, evaluar el nivel de logro de éstas y promover la transferencia de aprendizajes a contextos reales de aplicación.

Según señala Dutson et al. (1997), la “moda” de incrementar el componente de proyectos de diseño en ingeniería va en la línea de un esfuerzo por preparar mejor a los egresados para las prácticas de ingeniería. Agrega que ABET aporta en este sentido al establecer una serie de elementos comunes para los cursos Capstone de las diversas disciplinas en ingeniería. Desde la perspectiva de la industria “*la mayoría del trabajo de un ingeniero involucra diseño y práctica,*

¹ American Board of Engineering Education

no teoría e investigación". Por esta razón, que se considera relevante proyectar un trabajo que aborde en profundidad las diversas aristas involucradas en estos espacios de aprendizaje, considerando un plan de trabajo orientado al fortalecimiento de los cursos Capstone.

Uno de los principales motores que ha motivado esta tarea, es el proceso de acreditación ABET, agencia que entrega el marco de los aspectos esenciales que desde la mirada internacional un curso capstone debiera considerar. A partir de estas directrices se ha realizado un plan de trabajo que incluye el análisis del estado actual de cada Capstone, definiendo de esta forma nuestro "estado actual" para posteriormente, diseñar e implementar un sistema de acompañamiento para estos cursos claves en la formación del ingeniero UC.

Características de los proyectos Capstone en Ingeniería-UC

De acuerdo a lo que señalan las experiencias internacionales en cuanto al funcionamiento de los cursos Capstone, se pueden identificar aspectos comunes que se ponen en juego de manera transversal a las diversas áreas de conocimiento. La revisión bibliográfica fue complementada con información recolectada a nivel local a lo largo de la etapa diagnóstica de los cursos Capstone, incluyendo instancias como: entrevistas con profesores, revisión de programas de curso y revisión de experiencias internacionales, se pueden extraer diversos elementos para la caracterización de los cursos Capstone de la Escuela de Ingeniería UC.

A continuación se destacan los aspectos más relevantes de los proyectos Capstone:

- **Metodología.** A partir de una revisión de diferentes formatos de cursos Capstone dictados en universidades extranjeras, es posible extraer entre sus principales características, la metodología que siguen que es en base a un proyecto semestral como pieza central del curso. De esta manera se apunta a otorgar a los estudiantes aprendizajes de tipo experiencial, a través de la resolución o abordaje de problemas ingenieriles. La tendencia se orienta hacia la realización de clases que enfatizan el aprendizaje de los alumnos en equipos de trabajo, y los incentiva a usar metodologías de diseño particulares a través de la realización de actividades prácticas. Los proyectos en general incluyen el diseño de un producto o proceso de manera de permitir a los alumnos una experiencia sobre los beneficios, ambigüedades y complejidades existentes en situaciones futuras que deberán sortear al integrarse al mundo de la industria.
- **Impacto en el aprendizaje.** La relevancia en cuanto al impacto en el aprendizaje de la metodología en base a proyectos se puede ejemplificar a través de las conclusiones del estudio desarrollado por Fini (2012), en el Departamento de Ingeniería Civil de North Carolina A&T State University, dando cuenta de una experiencia de cambio de un curso de carácter expositivo a uno centrado en proyectos. Las conclusiones sugieren que el aprendizaje basado en proyectos no sólo mejora el aprendizaje de los estudiantes, si no que les permite desarrollar habilidades de trabajo en equipo, y los ayuda a comprender los contenidos en mayor profundidad ya que logran vincularlos con la práctica.
- **Evaluación.** En relación a los sistemas de evaluación, resulta un desafío evaluar la integración de competencias que debieron ser adquiridas durante la carrera, incluyendo además habilidades de tipo transversal, tales como comunicación efectiva y trabajo en

equipo. En esta línea, a modo de ejemplo, la experiencia desarrollada por el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la USAF (United States Air Force) señala la relevancia de potenciar el trabajo en equipo a partir de la conformación de grupos de trabajo heterogéneos en cuanto a conocimientos, así como a intereses, los que se detectan a través de un cuestionario inicial. Los equipos se enfrentarán al desarrollo de un proyecto de construcción que no sólo considere aspectos técnicos si no también la comunidad local, aspectos de seguridad y factibilidad económica.

- **Diseño.** En general los cursos Capstone presentan una estructura similar a la observada en referentes internacionales. Con un componente predominantemente práctico, buscan promover la integración de conocimientos adquiridos en etapas anteriores de la carrera, para la resolución de problemas ingenieriles. El objetivo general de los cursos es promover habilidades que les permitan a los estudiantes desenvolverse con las herramientas adecuadas en contextos profesionales una vez que egresen, considerando el desarrollo de competencias complejas propias del área disciplinar, reconociendo además la importancia de complementarlas con competencias transversales. Este modelo es valorado positivamente por los alumnos principalmente por considerar que las metodologías basadas en aplicación de conocimientos en actividades prácticas, promueve el desarrollo de herramientas relevantes para su desempeño profesional.
- **Variabilidad de implementación.** Si bien de manera general existe consenso respecto a la inclusión de todos los elementos mencionados en la sección anterior en los cursos Capstone, cada programa implementa el Capstone de forma distinta, existiendo diferencias en relación la profundidad de sus contenidos y la sistematización y registro de los lineamientos ABET en el material docente. Es decir, si bien se consideran por ejemplo, estándares de ingeniería, esta práctica está “implícita” en el desarrollo del proyecto, por tanto no se cuenta con un registro que dé cuenta de estas consideraciones. El no enfatizar de manera explícita elementos que son fundamentales en la implementación de un curso Capstone, fue destacado en los informes de retroalimentación de la agencia acreditadora. Se pone de manifiesto, de manera general, que las principales debilidades de estos cursos dicen relación con la no consideración en los proyectos de restricciones múltiples y realistas (de carácter económico, ambiental social, ético, etc.), así como de los estándares de ingeniería propios de cada área disciplinar. Si bien como se señaló anteriormente, en muchos cursos Capstone estos elementos si son considerados, esto no se evidencia en los enunciados de los proyectos o en los informes escritos.

Plan y procesos para el fortalecimiento para los cursos Capstone

Para asegurar que todos los cursos Capstone de Ingeniería-UC contaran con los elementos mencionados en la sección anterior, y con el fin de detectar la variabilidad en la implementación de cada uno, se llevó a cabo un plan de acompañamiento de docentes a cargo del Capstone. Este plan y una serie de procesos que definían una estrategia común para la entrega de documentación y el seguimiento de estos cursos. Esta iniciativa buscaba asegurar que todos los cursos Capstone incluyeran los elementos esenciales propios de su carácter de cursos finales de integración.

El plan de fortalecimiento para los cursos fue definido por la Dirección de Educación en Ingeniería y se realizó en el marco del proceso de acreditación ABET y el feedback otorgado por los revisores. El plan se materializó en las acciones que se mencionan a continuación:

1. Definición de un marco de lineamientos para cursos casptone, en base tanto a la visita de un experto (académico de Georgia Tech), así como a la revisión de literatura internacional y análisis de los requerimientos ABET para cursos Capstone.
2. Difusión de los lineamientos básicos para los cursos casptone a través de un taller que se imparte para los docentes. En este taller se abordan orientaciones para la selección de metodologías y sistemas de evaluación pertinentes a cursos de estas características.
3. Asesorías individuales para orientar la incorporación de estos lineamientos según las particularidades de cada curso, disciplina y necesidades del profesor.
4. Definición de procedimiento de selección de y entrega evidencia a presentar a ABET. La evidencia refiere a material docente (informes de alumnos, rúbricas de evaluación, programas de curso, etc.) que grafique que el curso ha incluido los elementos esperados para un curso Capstone.
5. Recepción y revisión de la evidencia de cada curso casptone. Los productos solicitados a modo de evidencia son los siguientes: Programa de curso; Enunciados de proyectos; Rúbricas; Informe o presentación con retroalimentación escrita; Abstract de informes en inglés.
6. Integración de la información recibida en un reporte para enviar a ABET y recibir el análisis y las observaciones según la evaluación que realice la agencia acreditadora.

En todo este proceso se involucró a los profesores, coordinadores docentes, jefes de programas, ayudantes de los cursos y otros profesionales de cada Departamento de la Escuela de Ingeniería. La Dirección de Educación en Ingeniería cumplió un rol de orientación, acompañamiento e integración de los resultados del trabajo de fortalecimiento y preparación de evidencia a ser entregada a ABET. Los cursos del currículum 2009 en los que se aplicó este proceso se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Cursos del currículum 2009 en los que se aplicó el proceso de seguimiento "Capstone".

Curso	Programa
IIQ2243 Chemical Process Design	Chemical Engineering
IIC2154 Major-Field Capstone Project	ComputerEngineering
IEE2913 Project in Electronics	Electrical Engineerig
IMM3403 Mining Project	Civil Engineering
ICC2944 Construction Project Capstone	Civil Engineering
ICT3113 Social Cost-Benefit Analysis	Civil Engineering
ICH2574 Hydraulic Design	Civil Engineering
ICH3394 Environmental treatment technologies and remediation	Civil Engineering
ICE2823 Structural Design Project-Steel Building	Civil Engineering
ICE2833 Structural Design Project-Reinforced Concrete Building	Civil Engineering

RESULTADOS

En relación a los resultados de este proceso de diagnóstico y mejoras, se han visualizado cambios de manera paulatina en los siguientes aspectos:

Metodologías: los docentes han disminuido el tiempo dedicado a clases expositivas (en las cuales se revisan ideas claves que permitirán luego abordar las tareas del curso de manera más autónoma), para dar paso al desarrollo de proyectos que se llevan a cabo en equipos de alumnos. La consigna es resolver algún problema ingenieril, demostrando habilidades como aplicar conocimientos previos, diseñar modelos o prototipos, evaluar proyectos, crear productos/sistemas en función de determinadas necesidades o requerimientos (muchos de ellos planteados por entidades externas que operan como “clientes”).

Si bien en la mayoría de los casos la metodología del curso estaba basada en proyectos, se han ido incorporando nuevos elementos como la participación de *stakeholders* se involucran de manera activa tanto en la propuesta de temáticas a abordar como en la evaluación de los proyectos. También se ha incluido la visita de invitados externos de la industria para dar cuenta, por ejemplo, de aspectos éticos involucrados en la práctica ingenieril. Por otra parte, anteriormente los profesores entregaban claras directrices para la resolución de los problemas involucrados en los proyectos. Dado que los contextos profesionales reales presentan escenarios de ambigüedad, falta de datos o incluso datos inconsistentes, se ha optado por desafiar a los estudiantes a lidiar con este tipo de incertidumbres, evaluando diversas alternativas de solución y fundamentando sus decisiones.

Sistemas de evaluación: se ha establecido de manera más rigurosa el concepto de evaluación entre pares, autoevaluación y evaluación de los *stakeholders* que complementan la evaluación del docente. Adicionalmente, se han incorporado instrumentos que apoyan la evaluación (rubricas), especialmente de habilidades transversales que a los docentes les resultan más complejas de evaluar. Las estrategias de evaluación se basan principalmente en informes o presentaciones de avance y finales que den cuenta de los resultados de la tarea o proyecto abordado, restando espacio a los métodos de evaluación más tradicionales como son las pruebas o controles escritos.

Un aspecto clave que destaca ABET en la evaluación de los proyectos, y que no se había considerado de manera transversal, es la necesidad de que los estudiantes realicen iteraciones de sus proyectos y reciban retroalimentación tanto del proceso como del producto final. Este aspecto se ha enfatizado de manera especial en las instancias de formación para los docentes.

Finalmente, uno de los principales aprendizajes obtenidos a partir de las experiencias descritas, tiene que ver con la ampliación del análisis que los alumnos realizan desde una perspectiva focalizada en aspectos técnicos del proyecto, hacia una mirada más amplia que incluye consideraciones ambientales, sociales, de sustentabilidad, etc. Este aspecto promueve la habilidad para comprender los problemas ingenieriles desde una perspectiva contextualizada, aspecto que resulta fundamental frente a las nuevas demandas y desafíos profesionales de los ingenieros.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A lo largo del proceso de análisis y fortalecimiento de los cursos Capstone de la Escuela de Ingeniería UC, y desde el foco de los requerimientos que plantea ABET, se han identificado diversos desafíos que motivaron y movilizaron el plan que se ha descrito en este artículo.

El diagnóstico realizado arrojó resultados muy interesantes respecto a cómo se desarrollan este tipo de cursos considerados de gran relevancia en la formación de los ingenieros UC. A partir de éste, se pudo evidenciar que los docentes reconocen la complejidad que reviste la planificación de estos cursos, en tanto ellos en su mayoría incorporan el diseño, desarrollo o evaluación de un proyecto, que en algunos casos involucra establecer contacto con agentes de la industria, entregar un servicio o producto a un cliente real, etc. En este sentido, una complejidad adicional detectada por los mismos docentes se relaciona con la necesidad de formar a los alumnos tanto en contenidos técnicos como en habilidades de carácter transversal que son esenciales para desempeñarse profesionalmente de manera óptima.

Si bien se han destinado importantes esfuerzos para que los estudiantes se aproximen a situaciones cercanas a las demandas del quehacer profesional desde sus competencias tanto disciplinares como transversales, aún es necesario definir estrategias para fortalecer la propuesta metodológica de cada curso, así como para sistematizar el proceso de recolección de evidencia para reportar de manera explícita los ajustes y mejoras que se han ido incorporando en los cursos Capstone en esta línea.

Un desafío adicional a considerar es que muchos de los profesores a cargo de este tipo de cursos son part-time, dado que trabajan en la industria y ese factor permite que se trasmita a los alumnos nociones sobre situaciones reales de trabajo. Esta condición implica una mayor dificultad en relación al trabajo de asesoría, formación y seguimiento propuesto en el plan presentado.

Finalmente, se visualiza la necesidad de contar con instancias de reflexión grupal para compartir experiencias y estrategias entre profesores a cargo de los cursos Capstone. De esta manera es posible generar instancias de apoyo entre colegas, socializando tanto dificultades como los elementos exitosos, nutriendo de esta forma las prácticas pedagógicas a partir de las experiencias de otros docentes.

REFERENCIAS

Dutson A. et al. (1997). A Review of Literature on Teaching Engineering Design Through Project-Oriented Capstone Courses. *Journal of Engineering Education*.

Fini E. (2012). Empirical Analysis of Effect of Project-Based Learning on Student Learning in Transportation Engineering. *Journal of the Transportation Research Board*.

Jenkins R. et al (2002). Capstone Course in an Integrated Engineering Curriculum. *Journal of Engineering Education*.