

## DISEÑO DE UN CURSO CAPSTONE DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE: INCORPORANDO COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y UNA MIRADA MULTIDISCIPLINAR

Ignacio Tiznado-Aitken, Pontificia Universidad Católica de Chile, [iatiznad@uc.cl](mailto:iatiznad@uc.cl)  
Ximena Hidalgo, Pontificia Universidad Católica de Chile, [xhidalgo@ing.puc.cl](mailto:xhidalgo@ing.puc.cl)

### RESUMEN

Desde el año 2009 la Escuela de Ingeniería PUC ha modificado su currículo, pasando de uno basado en contenidos, a un curriculum orientado por competencias. En este nuevo contexto curricular, los cursos capstone adquieren especial relevancia, ya que buscan exponer a los alumnos a un proceso de diseño práctico bajo un contexto de problemas de la vida real, integrando competencias adquiridas en cursos previos del plan de estudio. En el marco del proceso de acreditación de la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), surge el desafío de revisar el diseño de los cursos capstone para que cumplan con los requerimientos que la agencia mencionada ha definido para este tipo de cursos.

En este trabajo se presenta el proceso de diseño del curso *Taller de Ingeniería de Transporte*, curso capstone del Departamento de Transporte y Logística PUC. Este curso ha integrado diversas experiencias internacionales en relación a la planificación y las metodologías de enseñanza. Además, busca ser un aporte en la promoción de una mirada multidisciplinaria y el desarrollo de competencias transversales dentro del currículo de ingeniería. La evaluación de los alumnos ha sido positiva en términos de la metodología de enseñanza y ha permitido su mejora continua. A futuro se espera que el curso pueda ser dictado tanto por la Escuela de Arquitectura como la de Ingeniería de modo de promover la multidisciplinaria en la PUC.

**PALABRAS CLAVE:** enseñanza universitaria, ingeniería de transporte, competencias transversales, mirada multidisciplinaria, cursos capstone.

### 1. INTRODUCCIÓN

El avance de la ingeniería de transporte en el mundo es de vital importancia para la evolución y transformación de las ciudades. Esta disciplina aborda una diversidad de áreas que permiten su desarrollo íntegro, donde uno de los elementos indispensables es la construcción de ciudades sustentables. En este contexto, el conocimiento generado por la ingeniería de transporte se ha transformado en un elemento central para promover el desarrollo de una forma armónica que considere las dimensiones económica, social y medioambiental. En particular, dentro de Latinoamérica, existen diversos desafíos a los cuales hacer frente, relacionados a la generación de externalidades como la congestión y la contaminación, la promoción de la movilidad sustentable y la búsqueda de equidad en las ciudades, entre otros.

En Chile, la formación de ingenieros en esta área de especialización no es masiva ya que existen escasas instituciones que poseen un cuerpo académico especializado para poder impartirla de manera formal. Dentro de estas instituciones se encuentra la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), universidad que ofrece la especialidad a través del Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística (DITL). Este departamento es parte de la Escuela de Ingeniería y se fundó hace más de 45 años. A través del tiempo, ha evolucionado hacia un cuerpo académico interdisciplinario que aborda diferentes áreas como economía, modelos de demanda, de tráfico y

de localización, redes de transporte, externalidades, desarrollo sustentable, transporte público y aéreo, seguridad vial y logística.

Como parte del desarrollo integral del DITL y del compromiso con la formación de futuros profesionales, la Escuela de Ingeniería de la PUC se ha adaptado a lo que requiere hoy la industria (Todd et al., 1993), con una formación centrada en Majors y Minors, robusta en competencias transversales, un perfil interdisciplinario y capacidad resolutoria de problemas en grupos de trabajo. Este desafío es promovido y potenciado por los lineamientos que entrega ABET, organización que ha acreditado programas en más de 20 países en disciplinas relacionadas a la ingeniería, tecnología, ciencias aplicadas y ciencias de la computación.

Bajo este escenario, la nueva malla de estudios de Ingeniería de Transporte busca potenciar la formación de sus estudiantes a través de cursos capstone. Este tipo de cursos difieren de los tradicionales en relación a las metodologías de enseñanza, ya que buscan exponer a los alumnos a un proceso de diseño práctico bajo un contexto de problemas de la vida real (Thorpe, 1984). El objetivo principal es que los estudiantes logren aplicar e integrar las competencias adquiridas a lo largo de la especialidad. Para estos fines, se ofrece dentro de su plan de estudios dos cursos capstone. El primero (de licenciatura) se realiza al octavo o noveno semestre de la especialidad, llamado Taller de Ingeniería de Transporte y el segundo (de titulación) se imparte al final del plan de estudios, llamado Evaluación Social de Proyectos.

En este trabajo, se detalla el proceso de diseño del curso capstone *Taller de Ingeniería de Transporte*. En la primera sección se expone una breve revisión de la experiencia internacional en este tipo de cursos. Luego, en la segunda sección, se presenta un breve contexto acerca del curso y el detalle de sus principales componentes: la metodología (focalizada principalmente el proyecto semestral), las competencias, las estrategias de evaluación, entre otros aspectos técnicos. A continuación se exponen los principales aprendizajes adquiridos a lo largo de la implementación de este curso durante dos semestres. Estos aprendizajes están basados en comentarios de los propios alumnos, a través de instancias como la evaluación de calidad docente, la encuesta de medio semestre y sesiones de retroalimentación. Por último, se muestran ideas de futuro trabajo para evaluar el impacto de este tipo de curso y potenciar la multidisciplinaria.

## 2. DESARROLLO: EXPERIENCIA INTERNACIONAL

Además de conocer el objetivo central de un curso capstone y sus características generales, resulta esencial conocer la experiencia internacional en este tipo de cursos para poder contar con algunas recomendaciones al momento de diseñarlo y llevarlo a la práctica. En esta línea, es esencial conocer las ventajas de un curso basado en proyectos y aprendizaje activo en relación al curso tradicional basado en clases como principal metodología de enseñanza. Recientes estudios han demostrado la efectividad de los primeros en términos de logros de aprendizaje y una mejora en las habilidades de trabajo en equipo (Hamoush et al., 2011; Fini & Mellat-Parast, 2012; Hurwitz et al., 2015).

En términos generales, Banios (1991) señala que este tipo de cursos incluyen elementos genéricos, como que los alumnos aprendan el manejo de relaciones interpersonales y la planificación para distribuir roles y tareas en el desarrollo del proyecto. Sin embargo, existen otros elementos que dependen fuertemente de la especialidad, como consideraciones legales, análisis de ciertos trade-off de relevancia y requerimientos o estándares particulares. En esta misma línea, Schoon (1994) y Jenkins et al. (2002) indican la importancia de desarrollar la creatividad en los

alumnos y que estos tomen en cuenta la factibilidad de las soluciones planteadas, considerando en su diseño diversas restricciones de confiabilidad, económicas, éticas e impactos sociales.

En relación a los contenidos del curso, Dutson et al. (1997) señala que a pesar de que el curso es principalmente práctico, muchos deciden incluir clases que acompañan el proceso de diseño. Así, los contenidos deben relacionarse con las preocupaciones de los estudiantes para sus proyectos (Todd et al., 1993). Marin et al. (1999) también apoyan esta idea, señalando que dictar clases expositivas no es demasiado útil para los estudiantes. Para esto, crear talleres o workshops de diseño donde los estudiantes asisten con su grupo guiados por un profesor puede ser un insumo relevante para el desarrollo del proyecto.

Relacionado a lo anterior, la forma de evaluar el curso es importante. Muchos cursos no poseen pruebas formales como en los cursos tradicionales, basándose en reportes periódicos y presentaciones del trabajo (Schoon, 1994; Dutson et al., 1997). Jenkins et al. (2002) sugieren la evaluación a través de 4 entregas más una presentación final, de modo de dar prioridad absoluta al proyecto. Otro elemento relevante es que cuando se trabaja en equipos, como en este tipo de cursos, es difícil evaluar el desempeño individual de cada estudiante. Una forma común de hacerlo es a través de evaluación de pares (Dorsey et al., 1992; Banios, 1991), lo que permite hacer distinciones al interior de cada grupo de trabajo.

Si analizamos el rol que posee el profesor dentro del curso, la visión internacional es compartida. En general, el rol del profesor es de un supervisor o consultor técnico (Dutson et al., 1997). En el caso de que exista más de un profesor, cada grupo de trabajo tiene un supervisor y los alumnos pueden recurrir al resto de profesores como consultores en su área de expertise (Dorsey et al., 1992). Por otro lado, una manera de formalizar la relación entre el profesor y el alumno es a través de un contrato, donde se dejan claras las responsabilidades de cada uno. Esto los enfrenta al mundo real, con lenguaje y especificaciones técnicas (Jenkins et al., 2002).

En relación a las temáticas a abordar en los proyectos, a decisión respecto a qué tipo de proyecto realizar durante el curso es compleja. Cada área de especialización puede tener alguna preferencia basado en su plan de estudios y las competencias que deben adquirir los alumnos para enfrentar el mundo laboral. En el área de transporte, se ha buscado incorporar habilidades asociadas al transporte intermodal (por ejemplo, Schoon, 1994), con un mayor involucramiento en el ámbito público (Khisty & Kikuchi, 2003). Esto exige una mirada multidisciplinar que aún no está del todo desarrollada y que se busca abordar en el Taller de Ingeniería de Transporte, como se expondrá más adelante.

Por último, para abordar el proyecto del curso se debe poner especial énfasis en la formación de equipos de trabajo. Algunos académicos forman los equipos de manera aleatoria o permiten que los propios alumnos decidan con quien trabajar, lo que trae problemas al no asimilarse a la vida laboral y al generarse críticas duras al trabajo de amigos según Gabriele et al., (1994). Por esto, la mayoría de los académicos intentan formar los equipos en base a capacidades, personalidades e intereses, de modo de tener equipos balanceados (Gabriele et al., 1994; Dutson et al., 1997). Para esto es útil que los profesores realicen cuestionarios para saber más acerca de las fortalezas académicas, habilidades e intereses de los alumnos (Thorpe, 1984), de modo de crear equipos con diversos perfiles de estudiantes.

En esta línea, Brickell et al. (1994) llevó a cabo un estudio para determinar los efectos de formar equipos de estudiantes acordes a sus habilidades, calificaciones e intereses técnicos y no técnicos. Los mejores resultados se obtuvieron con intereses similares y calificaciones y

habilidades heterogéneas. En relación al número de alumnos por equipo, Jenkins et al. (2002) sugieren que 3 a 4 personas es ideal, mientras que Griffin et al. (2004) proponen un límite de 6 estudiantes para dividir de forma correcta la carga de trabajo y evitar los alumnos free-riders. Por último, Todd (1996) realizó un estudio donde los encuestados señalan que el número óptimo va entre 4 a 6 alumnos, lo que refleja que el número ideal de estudiantes dentro de los equipos tiene un rango definido.

### 3. RESULTADOS

A partir de la experiencia internacional, se pueden obtener ciertos lineamientos básicos que debiera contener el diseño de un curso capstone. En particular, la base de las metodologías de enseñanza y las estrategias de evaluación generan consenso, por lo que a partir de esta se busca innovar en el desarrollo de competencias transversales y una mirada multidisciplinar.

#### 3.1. TALLER DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE

El Taller de Ingeniería de Transporte corresponde al curso capstone del Major de Ingeniería de Transporte PUC y expone a los estudiantes de octavo y noveno semestre del plan de estudio a una experiencia aplicada de los conocimientos adquiridos hasta tal etapa. Para poder cursarlo, los alumnos requieren de conocimientos básicos de la ingeniería de transporte. Así, el curso exige como requisito haber aprobado como mínimo 4 cursos: Modelos de Tráfico, Modelos de Demanda, Flujo en Redes y el curso introductorio Ingeniería en Sistemas de Transporte, que brinda nociones mínimas de la especialidad.

Este curso es nuevo en el plan de estudio del DITL. El diseño se realizó durante el primer semestre del año académico de 2016 y se dictó por primera vez el segundo semestre del mismo año. Luego de la revisión de la experiencia internacional, el proceso de diseño del curso constó de una serie de etapas que se detallan en la figura 1. Primero, la definición de competencias y actividades del curso, metodología de trabajo de los alumnos, incluyendo el proceso de formación de equipos y la definición del proyecto del curso, la creación de talleres de competencias transversales y específicas relacionadas al proyecto y por último, las evaluaciones del curso.



Figura 1. Esquema del proceso de diseño del curso (Fuente: Elaboración propia)

El objetivo de dictar este tipo de cursos en la especialidad es que los alumnos puedan aplicar lo aprendido con una metodología diferente a los cursos que se imparten de manera regular en el plan de estudio. El Taller de Ingeniería de Transporte es un curso esencialmente práctico, donde a través del trabajo en grupo los alumnos se enfrentan a resolver un problema de la vida real. Este curso requiere que los alumnos dediquen 10 horas semanales en promedio y tiene una duración de un semestre (4 meses efectivos).

### 3.2 COMPETENCIAS Y ACTIVIDADES

Luego de realizar una revisión acerca de lo que se ha hecho en el ámbito internacional en este tipo de cursos de aprendizaje activo, resulta esencial definir las competencias que se desea que los alumnos desarrollen a través del curso. Estas son:

1. Resolver un problema complejo relacionado a la ingeniería de transporte considerando especificaciones y estándares de ingeniería
2. Identificar alternativas de diseño e impactos del proyecto considerando restricciones tecnológicas, económicas, sociales, ambientales y/o éticas
3. Desarrollar habilidades de trabajo en equipos colaborativos para el desarrollo de un proyecto de ingeniería de transporte
4. Desarrollar habilidades de comunicación oral y escrita a través de exposiciones e informes de resultados técnicos del proyecto

Por lo tanto, se espera que los alumnos puedan aplicar conocimientos adquiridos en los cursos mínimos relacionados a la ingeniería de transporte, identificando temáticas pertinentes de sus cursos previos en un proyecto real. Para que esto se logre en la práctica, el curso consta de una serie de actividades e hitos que los alumnos deberán cumplir con sus equipos de trabajo para aprobar el curso. Cada una de ellas permite contribuir al logro de las competencias antes expuestas, como muestra la tabla 1.

Actividades del curso	Competencias			
	1	2	3	4
Presentación del curso y tema de proyecto	x	x		
Conformación de equipos de trabajo (en base a aplicación de encuesta de preferencia de roles)			x	
Trabajo en terreno (visita de contextualización con el problema a abordar)	x	x		
Realización de clases expositivas y talleres de competencias específicas para el desarrollo del proyecto	x	x		
Realización de talleres de competencias transversales			x	x
Informes y presentaciones orales de avance y final	x			x
Evaluación de pares			x	

Tabla 1. Actividades y su vinculación con las competencias del curso (Fuente: Elaboración propia)

### 3.3 METODOLOGÍA

El curso se divide en 2 fases principales:

1. Preparación: Esta etapa da inicio al curso y dura aproximadamente un mes y medio. Esta fase comienza con la entrega de todos los detalles administrativos del curso (programa del curso, proyecto semestral, metodología de formación de grupos, forma y fecha de evaluaciones y calendario del curso). Luego, los alumnos reciben una formación transversal que será clave para el desarrollo de sus proyectos, a través de talleres de búsqueda bibliográfica, trabajo en equipo, escritura efectiva, presentación de gráficos y presentaciones orales. Además, los estudiantes reciben una formación específica para desarrollar sus proyectos semestrales. A modo de ejemplo, durante el segundo semestre de 2016, los alumnos recibieron formación en 3 softwares: R, Excel y QGIS, además de asistir a charlas de agentes y clases de repaso relacionadas a su proyecto.

2. Desarrollo: Esta etapa es transversal al desarrollo del curso, pero tiene una mayor preponderancia en los últimos dos meses del mismo. Los alumnos deben realizar entregas periódicas del proyecto y realizar presentaciones de sus avances a lo largo del semestre. Además, los alumnos tienen reuniones semanales con su profesor guía y deben realizar una evaluación del trabajo de sus pares dentro del grupo. La idea es que la carga de trabajo más fuerte del semestre se concentre cuando los alumnos no poseen actividades relacionadas a la fase de preparación, por lo que la planificación de las actividades del curso considera este aspecto. Esto permite equilibrar la carga de trabajo de 10 horas semanales en promedio y se logra que los alumnos cumplan con los requisitos de otros cursos de su plan de estudio.

### 3.4 PROYECTO SEMESTRAL Y ROL DEL PROFESOR

El proyecto semestral busca ser una instancia que permita a los distintos grupos aplicar las competencias desarrolladas en su plan de estudios. Además, uno de los objetivos consiste en potenciar el trabajo en equipo y que a través de una metodología de trabajo se propongan alternativas de diseño, considerando una mirada multidisciplinaria de los problemas.

Los proyectos implementados en este curso hasta la fecha han sido los siguientes:

1. Creación de un servicio de buses al aeropuerto: El objetivo de este proyecto consiste en el diseño de un servicio de transporte público de buses que una el Aeropuerto Arturo Merino Benítez con la ciudad y viceversa. Este servicio puede ser útil a diferentes tipos de pasajeros: empleados, turistas, viajeros de negocios, viajeros nacionales e internacionales. Para esto, los alumnos deberán diseñar el trazado de los recorridos, la flota requerida, sus características, lugar y dimensión de los terminales en la ciudad, entre otros elementos.

2. Diseño de una Estación Intermodal: El objetivo de este proyecto consiste en el diseño físico y operacional de una estación intermodal al sur de la Línea 4 del Metro de Santiago. En este proyecto los alumnos deben definir tanto la distribución y espacios para los distintos modos de transporte como de otras actividades comerciales o recreativas. Además, los alumnos deberán resolver temas como el diseño universal de accesos y egresos del lugar, entre otros elementos.

Para llevar a cabo estos proyectos, los alumnos deben justificar las decisiones tomadas en base a estimaciones de tráfico, demanda, impactos o externalidades y costos-beneficios del proyecto, que son áreas de la formación clásica de la especialidad de ingeniería de transporte. Sin embargo, en estos proyectos también se ha exigido una preocupación por otros elementos. En el

caso del primer proyecto, los alumnos han tenido una formación acerca del diseño interior de los buses con el objetivo de mejorar la experiencia de viaje de los usuarios y en el caso del segundo proyecto, una preocupación por el entorno urbano, los espacios para peatones y una visión arquitectónica del diseño. Para lograr esto, los alumnos han asistido a charlas de especialistas y han sido evaluados en sus presentaciones orales por agentes externos al curso, de modo de dar una mirada íntegra al desarrollo del proyecto.

Por último, cada equipo cuenta con un profesor guía que es de apoyo a lo largo del semestre. La idea es que los alumnos tengan reuniones semanales con su profesor de manera de retroalimentar su planificación y metodología de trabajo. Además de esto, el ayudante del curso realiza un trabajo conjunto con el profesor para dar retroalimentación constante a los equipos, tanto en sus instancias de entregas escritas como de presentaciones orales. Para esto, además de la entrega de rúbricas para la evaluación de informes escritos, presentaciones orales y trabajo en equipo, se realiza una sesión presencial de revisión de modo de conocer y resolver las principales dificultades de los equipos y generar aprendizaje colectivo.

### **3.5 FORMACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO**

La idea principal es formar equipos aleatorios de 3 a 5 personas cumpliendo ciertas restricciones que permitan diversidad, tal como indica la experiencia internacional. Para lograr esto, se caracteriza a los alumnos del curso en base a 4 elementos:

- Sexo
- Promedio Ponderado Acumulado (PPA)
- Sub-especialidad y cursos realizados
- Perfiles y habilidades en base a encuesta de preferencia de roles

De esta forma, cada equipo estará conformado idealmente por hombres y mujeres, por un PPA grupal similar, con sub-especialidades diversas y con habilidades o perfiles que permitan abordar el problema a resolver de manera integral. Para obtener los perfiles y habilidades de los alumnos, a principio de semestre se realiza una encuesta que los alumnos contestan en base a sus roles de preferencia que piensan que pueden cumplir mejor dentro de un equipo de trabajo (coordinador, investigador, cohesionador, creativo, evaluador o impulsor).

### **3.6 TALLERES: COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y TRANSVERSALES**

En este curso se busca promover el desarrollo de competencias transversales en los alumnos. El objetivo es que los alumnos adquieran diversas habilidades claves para su futuro desempeño profesional. Así, en este curso se realizan 5 talleres de este tipo: búsqueda información, trabajo en equipo, escritura efectiva, presentación de gráficos y presentaciones orales.

Todos los talleres impartidos en el semestre buscan que los alumnos desarrollen habilidades a través de experiencias prácticas. El taller de búsqueda de información desarrolla habilidades básicas de exploración a los alumnos, asegurando que las fuentes de consulta sean de base científica rigurosa y que permita recopilar información útil para el desarrollo de los proyectos. Por su parte, el taller de trabajo en equipo se realiza apenas se anuncia la conformación de los equipos de trabajo, de modo de observar las dinámicas entre los alumnos y llevarlos a una primera experiencia que permita conocer sus roles, fortalezas y debilidades en el proceso de planificación y comunicación. Los talleres de presentación de gráficos y escritura efectiva buscan a través de ejemplos prácticos que los alumnos generen informes de avance de calidad profesional, concisos y de lectura fluida. Por último, el taller de presentaciones orales busca

desarrollar habilidades comunicacionales a través de ejercicios prácticos guiados por una profesora de teatro.

Con respecto a las competencias específicas, el curso busca ayudar y ser soporte a los grupos en el desarrollo de su proyecto semestral. Para esto, se realizan clases de repaso de Modelos de Tráfico, Simulación, Análisis de Costo Beneficio y/o Modelos de Demanda enfocadas en el proyecto, según corresponda. Además, se imparten talleres de softwares que pudieran ser de utilidad para el desarrollo de la propuesta de cada grupo, como Excel, R y QGIS. Esto permite que luego de la fase de preparación antes descrita, los alumnos tengan todas las herramientas para llevar a cabo el proyecto bajo la guía de un profesor.

### 3.7 EVALUACIONES

Las evaluaciones del curso tienen tres componentes principales: informes escritos, presentaciones orales y evaluación de pares.

Los informes escritos son 4 entregas en total. Las primeras 3 evaluaciones son informes parciales de avance, basadas en una pauta de elementos que debe contener cada informe, además de una rúbrica de evaluación. Es importante destacar que las pautas pretenden ser una directriz de lo que se espera que cada equipo aborde en el informe, sin embargo los equipos tienen flexibilidad para omitir ciertos aspectos, y proponer y/o resaltar otros.

A lo largo del semestre, los equipos deberán realizar dos presentaciones orales frente al profesor, ayudante e invitado(s) externo(s). En estas instancias los equipos deberán presentar y el profesor guía definirá de manera aleatoria el orden de presentación, de modo de asegurar que todos los estudiantes dominan el contenido del proyecto. Al igual que en el caso anterior, los alumnos dispondrán previamente de la rúbrica de evaluación.

Los alumnos tendrán dos instancias para realizar una evaluación del equipo de trabajo: una a mitad del semestre y otra al final de éste. El objetivo es que estas evaluaciones reflejen el trabajo realizado por los alumnos y que la carga se distribuya de manera equitativa.

Por último, cabe destacar que a lo largo del semestre se realiza de un análisis de los instrumentos de la Escuela para recoger la opinión de los estudiantes sobre la docencia de sus profesores, (Encuesta de Calidad Docente y Encuesta de Medio Semestre) y una instancia informal final de retroalimentación del curso realizado en el 2-2016, en la que se pudo obtener diversos aprendizajes sobre la experiencia de los alumnos en el curso. Los principales comentarios se pueden observar en la tabla 2, donde es posible distinguir elementos positivos y otros a mejorar, los que serán considerados para planificar futuras versiones del curso.

<b>Aspectos positivos</b>	<b>Aspectos a mejorar</b>
Reuniones semanales	Enunciados y rúbricas de evaluación
Talleres transversales y específicos	Pertinencia de clases y talleres
Trabajar en un proyecto real	Timing de clases y talleres

Tabla 2. Resumen de comentarios de alumnos sobre experiencia en curso capstone  
(Fuente: Elaboración propia)

#### 4. CONCLUSIONES

El Taller de Ingeniería de Transporte se ha impartido en dos ocasiones, con un número máximo de 15 alumnos por semestre. Esto ha permitido que los profesores y ayudantes a cargo del curso puedan seguir de cerca el trabajo de los equipos, generando constantes instancias de retroalimentación. El impacto de estas instancias, además del desarrollo de diversas competencias transversales y específicas concentradas en los primeros meses del curso, se puede ver reflejado en las calificaciones de los alumnos. A modo de ejemplo, desde el primer informe de avance hasta el informe final del curso se observa un aumento de 16 a 17% en las calificaciones de ambos semestres.

Tomando en cuenta los comentarios y feedback de los estudiantes, se incorporaron algunos elementos a la actual versión del curso (1-2017). Así, se mejoró el timing entre las clases expositivas y las entregas de los informes del curso, de modo que los alumnos vieran la aplicación de lo aprendido a su proyecto semestral. Además, se desarrollaron talleres y clases de repaso de contenidos que fueran pertinentes al desarrollo del proyecto.

Con respecto a los enunciados de evaluación, se dejó en claro a los equipos que lo estipulado no consistía en un mandato, sino sugerencias y lineamientos de los contenidos a revisar. En ese sentido, se dio libertad a los equipos de destacar u omitir elementos en base a criterios correctamente fundamentados, tanto en informes como en presentaciones orales. Por otro lado, las rúbricas de evaluación pasaron a ser más sencillas para los alumnos, de modo de no generar una evaluación rígida que no se adecuara a los contenidos elegidos por cada equipo.

A futuro se buscará equilibrar la carga estimada por los profesores y ayudantes de las actividades del curso con la encuesta de medición de carga académica que realizan los alumnos. Esto permitirá contrastar lo que ocurre en la realidad con lo estimado, de modo de balancear las horas que efectivamente se deben dedicar al curso a lo largo del semestre.

Por otro lado, se espera explorar en las próximas versiones del curso la opción de tener asesores externos que puedan tener 1 o 2 reuniones en el semestre con los equipos y que sean de diversas disciplinas dependiendo del proyecto asignado. Además de esto, se espera a futuro realizar este curso en conjunto con la Escuela de Arquitectura de la PUC, de modo de promover la multidisciplinaria en el curriculum de ingeniería. Durante el segundo semestre de 2016 existió un primer acercamiento con dos profesoras de la Escuela que trabajaron como evaluadoras externas del curso, donde se mencionó la opción de generar equipos de trabajo que integren ambas carreras.

Por último, se espera que el proceso de diseño de un curso capstone considerando la experiencia internacional, el desarrollo de competencias transversales y una mirada multidisciplinaria, constituya un aporte para otras instituciones se pueda replicar un modelo similar de acuerdo a las características de cada contexto institucional

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

Banios, E. W. (1991). Teaching engineering practices. In *Frontiers in Education Conference, 1991. Twenty-First Annual Conference 'Engineering Education in a New World Order'* Proceedings. (pp. 161-168). IEEE.

- Brickell, L. C. J. L., Porter, L. C. D. B., Reynolds, L. C. M. F., & Cosgrove, C. R. D. (1994). Assigning students to groups for engineering design projects: A comparison of five methods. *Journal of Engineering Education*, 83(3), 259-262.
- Dorsey, J., Qu, Z., Magill, J., & Dawson, D. M. (1992). Integrating the classroom and laboratory: an approach to capstone design. *IEEE Transactions on Education*, 35(3), 235-239.
- Dutson, A. J., Todd, R. H., Magleby, S. P., & Sorensen, C. D. (1997). A Review of Literature on Teaching Engineering Design through Project-Oriented Capstone Courses. *Journal of Engineering Education*, 86(1), 17-28.
- Fini, E., & Mellat-Parast, M. (2012). Empirical analysis of effect of project-based learning on student learning in transportation engineering. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2285), 167-172.
- Gabriele, G. A., McCloskey, L. T., & Watson, J. A. (1994). Guidelines for forming and building student design teams. In *Proceedings, Advances in Capstone Education Conference, Brigham Young University* (pp. 121-125).
- Griffin, P. M., Griffin, S. O., & Llewellyn, D. C. (2004). The impact of group size and project duration on capstone design. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 185-193.
- Hamoush, S., Fini, E. H., Parast, M. M., & Sarin, S. (2011). The Effect of Project-Based Learning(PBL) on Improving Student Learning Outcomes in Transportation Engineering. In *American Society for Engineering Education. American Society for Engineering Education*.
- Hurwitz, D. S., Sanford Bernhardt, K. L., Turochy, R. E., & Young, R. K. (2015). Transportation Engineering Instructional Practices: Analytic Review of the Literature. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2480), 45-54.
- Jenkins, S. R., Pocock, J. B., Zuraski, P. D., Meade, R. B., Mitchell, Z. W., & Farrington, J. J. (2002). Capstone course in an integrated engineering curriculum. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 128(2), 75-82.
- Khisty, C., & Kikuchi, S. (2003). Urban transportation planning education revisited: Reading the dials and steering the ship. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1848), 57-63.
- Marin, J. A., Armstrong, J. E., & Kays, J. L. (1999). Elements of an optimal capstone design experience. *Journal of Engineering Education*, 88(1), 19-22.
- Schoon, J. G. (1994). Transportation capstone design project: review and future directions. *Journal of professional issues in engineering education and practice*, 120(1), 70-89.
- Thorpe, J. F. (1984). Design of mechanical systems: A capstone course in mechanical engineering design. In *Proceedings, 1984 ASEE Annual Conference* (pp. 803-807).
- Todd, R. H., Magleby, S. P., Sorensen, C. D., Swan, B. R., & Anthony, D. K. (1995). A survey of capstone engineering courses in North America. *Journal of Engineering Education*, 84(2), 165-174.