

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CAPSTONE PROJECT EN INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE.

Ingrid Álvarez Arzic, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica del Norte, ialvarez@ucn.cl
Juan Music Tomicic, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica del Norte, jmusic@ucn.cl
Patricio Tapia Gutiérrez, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica del Norte, ptapia@ucn.cl

RESUMEN

El presente artículo da a conocer la génesis, desarrollo, control y mejora continua de la modalidad de Actividad de Titulación denominado Capstone Project, para la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Católica del Norte. Esta implementación está inserta en el Convenio de Desempeño 1204, denominado “Reinventando las ingenierías de la UCN”, bajo el contexto del modelo CDIO que enfatiza los fundamentos de la ingeniería, en relación a la Concepción, Diseño, Implementación y Operación de procesos. Este nuevo método de titulación, logra que los estudiantes, a través de un trabajo grupal y multidisciplinario, desarrollen un proyecto de ingeniería surgido de alguna necesidad concreta del entorno productivo regional.

El artículo muestra el diseño de la actividad curricular, destacando la metodología activa de Aprendizaje Orientado a Proyectos, además se puede observar la implementación desde el 2014 en adelante. Se observa cómo se define el proyecto, las actividades a desarrollar, los recursos asociados y el sistema de evaluación a través de rúbricas.

Finalmente se realizan encuesta de satisfacción tanto a los estudiantes como a los empleadores, observándose un buen grado de satisfacción de ambas partes, reconociéndose el esfuerzo desplegado en la actividad. El diseño e implementación han sido exitosos, y se han aprendido lecciones que han permitido un mejoramiento continuo.

PALABRAS CLAVES: Capstone Project, Aprendizaje Orientado a Proyectos (POL), Proyectos de Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

El Capstone Project corresponde a la última actividad a desarrollar por los estudiantes para completar su ciclo de formación y optar al título profesional conforme a los requisitos prescritos por la Carrera de Ingeniería Civil y la Universidad Católica del Norte.

Este nuevo método de titulación, logra que los estudiantes, a través de un trabajo grupal y multidisciplinario, desarrollen un proyecto de ingeniería surgido de alguna necesidad concreta del entorno productivo regional. Los estudiantes tienen que trabajar en estrecha interacción con los profesores de especialidad de la Carrera y con los profesionales externos designados por la Empresa o Institución beneficiaria del estudio.

El objetivo general del curso es ejercitar y fortalecer en los estudiantes la capacidad de aplicar de manera integral las competencias técnicas, habilidades y valores adquiridos durante la Carrera, mediante el desarrollo de proyectos reales en el ámbito de la Ingeniería Civil.

DESARROLLO

1. ¿Por qué hacer un Capstone Project en Ingeniería Civil?

La Carrera de Ingeniería Civil desde su creación, ha tenido como asignaturas del último año, Proyecto de Ingeniería, actividad crucial para contextualizar lo aprendido en la malla y poder acercar al estudiante al campo profesional, sin embargo, nunca fue una modalidad para titularse, dando siempre énfasis a la investigación científica y aplicada. En la constante dinámica de mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje, definir rutas de aprendizaje coherentes con el quehacer profesional, es que nace el Capstone Project como un programa que forma parte del Convenio de Desempeño “Reinventando las Ingenierías de la Universidad Católica del Norte UCN1204”, y consiste en una nueva modalidad de titulación para los futuros ingenieros quienes, con el apoyo de la Universidad, desarrollan un proyecto al interior de una empresa o institución, solucionando requerimientos reales de esta última.

Estos nuevos desafíos implican incorporar nuevas metodologías de aprendizaje activo, lo cual conlleva a definir una estructura curricular que vincula la metodología tradicional con algunas metodologías activas, fundamentalmente el aprendizaje orientado a proyectos.

2. Capacitaciones en AOP de los docentes de Ingeniería Civil, como metodología base para el Capstone Project.

Los académicos vinculados a la modalidad de titulación de Capstone Project, se han visto fortalecidos al capacitarse en diversas instancias, principalmente en Aprendizaje Orientado a Proyectos, lo que permite establecer una metodología clara de los pasos a seguir en la implementación. Cabe destacar que el Aprendizaje Orientado a Proyectos (AOP) también se denomina Aprendizaje basado en Proyectos o Aprendizaje por proyectos y es una metodología de aprendizaje en la que se pide a los alumnos que, en pequeños grupos, planifiquen, creen y evalúen un proyecto que responda a las necesidades planteadas en una determinada situación.

En el caso del Capstone Project de Ingeniería Civil, esta técnica se comienza a aplicar a través de la coordinación de los diferentes docentes que imparten asignaturas en las diferentes áreas de Ingeniería (Estructuras, Geotecnia, Hidráulica y Construcción), para guiar al estudiante a través de una misión multidisciplinaria.

Las características principales del AOP que lo plantean como la metodología ideal para desarrollar los Capstone de Ingeniería Civil son:

- ✓ Es una metodología centrada en el estudiante y su aprendizaje.
- ✓ Parte de un planteamiento y escenario real.
- ✓ Favorece el compromiso y la responsabilidad de los equipos y de cada uno de sus integrantes.
- ✓ Las diferentes áreas de la disciplina se encuentran implicadas a la hora de plantear el proyecto, potenciando el carácter interdisciplinar.

Finalmente producto de estas capacitaciones se ha ido mejorando constantemente el quehacer de los docentes y la sistematización de los Capstone Project.



Figura N° 1: El Workshop “Diseño de la asignatura de proyecto de fin de carrera”

Fuente: www.ingenieria.ucn.cl

La actividad mostrada en la figura anterior enfatizó la descripción de los diferentes requerimientos que deben satisfacer las asignaturas de proyecto de fin de carrera (Capstone Project) en el contexto del modelo CDIO, incluido el propósito del proyecto para el estudiante, entre otros temas.

3. Diseño del Capstone Project para plan N Ingeniería Civil.

Para diseñar la nueva modalidad de titulación, que corresponde al Capstone Project, se trabaja con las fases planteadas en la metodología AOP, considerando lo siguiente:

- ✓ **Definición del Proyecto:** en este punto el Encargado de Capstone Project, tiene como finalidad, durante el semestre previo a que comience la actividad, generar el contacto nuevamente con las empresas u organismos cuya vinculación están bajo el alero de los convenios de apoyo estratégico. De esta forma existe el tiempo suficiente para escoger proyectos que cumplan aspectos de al menos tres de las cuatro áreas de especialidad que contempla la Carrera de Ingeniería Civil UCN: Estructuras e Ingeniería Sísmica; Hidráulica, Recursos Hídricos y Medio Ambiente; Geotecnia e Ingeniería Vial; Materiales, Construcción y Gestión.

Actualmente algunos de los convenios que tiene establecido el Capstone de Ingeniería Civil son: Municipalidad de Antofagasta, Municipalidad de Calama, Municipalidad de Sierra Gorda, Gobierno Regional Antofagasta, Aguas Antofagasta, entre otros.

La elección de los proyectos pasa por la Comisión de Capstone y los antecedentes de selección van en función de los objetivos del proyecto escogido, la arquitectura, qué antecedentes técnicos presenta y el impacto en la comunidad y el mandante.

✓ **Definir las actividades a realizar:**

Durante el desarrollo del Capstone Project, se imparten módulos introductorios de diversas temáticas, que le permiten al estudiante ir asimilando la información, a través de la integración de conocimientos y aplicaciones en las distintas áreas, para generar un entregable que satisfaga los requerimientos del mandante.

Es por tal motivo, que el programa de la signatura no está diseñado bajo el formato de unidades temáticas, como lo haría una asignatura común, sino que está presentado bajo la modalidad de módulos de profundización que cubren los siguientes conceptos:

- Talleres para potenciar habilidades personales: trabajo en equipo, resolución de conflictos, comunicación efectiva oral y escrita, negociación, entre otros.
- Cápsulas de profundización en: Estudios de evaluación social; Innovación en materiales, procesos y diseños; Análisis y diseños complejos de obras civiles; y Gestión de proyectos, entre otros.

Cada actividad desarrollada tiene como finalidad el cumplimiento de los resultados de aprendizaje, que se describen a continuación:

- Demostrar habilidades personales que contribuyan para una práctica exitosa de la ingeniería civil, a través de la toma de decisiones, perseverancia, pensamiento crítico y creativo y la gestión del tiempo y los recursos.
- Liderar y trabajar en equipos de trabajo multidisciplinarios.
- Concebir la ingeniería conceptual de obras civiles tales como edificación, obras hidráulicas y sanitarias, obras viales e infraestructura en general, optimizando recursos y materiales, en armonía con el medio ambiente.
- Diseñar obras civiles tales como edificación e infraestructura en general, según normativa vigente y utilizando herramientas especializadas.
- Gestionar proyectos de ingeniería y participar en equipos de innovación en sistemas, productos, servicios y procesos.

✓ **Definición de los recursos necesarios:**

Los estudiantes tienen para trabajar una Sala de Capstone preparada solo para esa finalidad, con una pequeña sala de reuniones, puntos de red, mesas de trabajo. Ya que la mitad de la jornada del día pasan trabajando ahí, además de las reuniones con las empresas. Además cuentan con apoyo económico dentro del presupuesto del Departamento de Ingeniería Civil para las visitas a terreno y apoyo económico de Liemun (Laboratorio de Investigación y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Construcción).



Figura N° 2: Infraestructura equipada para Capstone Project
Fuente: Informe de Autoevaluación Carrera de Ingeniería Civil 2014

- ✓ **Sistemas de evaluación:** La evaluación del grado de adquisición de las competencias contempladas en el perfil de egreso de la Carrera de Ingeniería Civil por parte de los estudiantes del curso Capstone, se hará mediante la aplicación de Rubricas de Evaluación de Informe y de Presentación de Proyectos. La evaluación de la actividad será realizada por la Comisión de Capstone, en base a un seguimiento de progreso quincenal, destinado a medir el profesionalismo mostrado por los alumnos en su desempeño tanto personal como grupal; y en dos hitos de control semestral, oral y escrito, diseñados para evaluar la calidad y excelencia del proyecto realizado.

Tabla N°1: Evaluación quincenal de trabajo individual y de equipo
Fuente: Reglamento de Capstone Ingeniería Civil, 2015

Fuente: Reglamento de Capstone Ingeniería Civil, 2016							
Fechas (Inicio y Termino)	Actividades realizadas	Resultados alcanzados	% Avance ítemes Gantt	Alumnos participantes	Contribución de cada alumno	Horas de trabajo personal	Firma del alumno

Tabla N°2: Ponderación evaluación Capstone
Fuente: Reglamento de Capstone Ingeniería Civil, 2015

Evidencia	Ponderación
Control 1: Exposición y defensa 1	10%
Informe escrito 1	10%
Control 2: Exposición y defensa 2	20%
Informe escrito 2	15%
Control 3: Exposición y defensa 3	20%
Informe escrito 3	15%
Promedio notas quincenales	10%

Con respecto al informe escrito se trabaja con una rúbrica que evalúa los siguientes aspectos: Contenido (40%), Estructura (20%), Redacción (20%) y Presentación (20%).

Con respecto a la presentación se trabaja con una rúbrica que evalúa: Calidad del material de apoyo (10%), Dominio escénico (10%), Claridad de la exposición (20%), Estructura y Contenido (20%), Defensa de la presentación (30%), Tiempo de exposición (10%).

RESULTADOS

1. Implementación y Resultados de cada Capstone Project años 2014, 2015, 2016

A continuación se detallan todos los proyectos desarrollados en modalidad Capstone.

Tabla N°3: Proyectos Capstone realizados a la fecha
Fuente: Sistema de Gestión de Calidad para las Ingenierías

Año	2014	2015	2016
Título	Parque Acuático Antofagasta	Evaluación riesgo y protección aluvional Aducciones Calama - Antofagasta	Parque Ecorayén
Estudiantes participantes	Serggio Caramello Francisco Pizarro	Alan venarios Daniel Sierra Miguel Cabezas	Matías Marín Fabián Márquez Sebastián Otero
Académicos Participantes	Patricio Tapia Gutiérrez Walter Roldán Latorre Sergio Vladilo Vargas Claudio Vera Gamboa Ingrid Alvarez Arzic	Patricio Tapia Gutiérrez Walter Roldán Latorre Iván Salazar Castillo Eduardo Morales Pérez Sergio Vladilo Vargas Claudio Vera Gamboa Ingrid Alvarez Arzic	Patricio Tapia Gutiérrez Walter Roldán Latorre Iván Salazar Castillo Eduardo Morales Pérez Sergio Vladilo Vargas Claudio Vera Gamboa Ingrid Alvarez Arzic
Empresa o Institución	Ilustre Municipalidad de Antofagasta	Aguas Antofagasta SA	Parque Ecorayén
Semestres de desarrollo	1° y 2° semestres 2014	1° y 2° semestres 2015	2° semestre 2015 y 1° semestre 2016
Calificación	Serggio Caramello: 5,7 Francisco Pizarro: 5,9	Alan venarios: 5,8 (nota parcial) Daniel Sierra: 5,9 (nota parcial) Miguel Cabezas: 5,9 (nota parcial)	Aún no aplica, está en revisión.
Opinión del mandante	Representantes de la IMA asistentes al examen final manifestaron su agradecimiento a la UCN y felicitaron a alumnos y profesores por la calidad del trabajo realizado.	Se solicitó la opinión del mandante, que corresponde a Aguas Antofagasta, donde manifestó su agradecimiento a la Universidad Católica del Norte, felicitando también a alumnos y docentes por la calidad del trabajo realizado.	Aún no se aplica.

2. Encuestas de Satisfacción de los estudiantes y los empleadores

Al finalizar cada semestre se realiza una encuesta de satisfacción tanto a los estudiantes como a los empleadores, este proceso se ha comenzado a implementar desde el primer año de Capstone, es decir, desde el 2014.

2.1 Encuesta de estudiantes

Con el fin de evaluar y contribuir a la mejora constante de la práctica docente, es que se le solicita al estudiante completar un cuestionario, en donde debe entregar la opinión acerca de las actividades didácticas realizadas en el curso de Capstone Project. Se le indica que es una encuesta de opinión por lo que no hay respuestas correctas o erróneas, por lo que se le pide responder con la mayor franqueza.

En relación al Capstone Project y sus resultados de aprendizaje, debe responder los siguientes aspectos, desde “totalmente de acuerdo” hasta “totalmente en desacuerdo”:

- Contribuyen significativamente a los objetivos de la carrera.
- Contribuyen significativamente al desarrollo de mi futuro desempeño laboral.
- El proyecto es de un nivel de complejidad adecuado para los propósitos de titulación de la carrera.
- El proyecto permite establecer continuamente relaciones entre los contenidos teóricos y sus aplicaciones prácticas.
- El proyecto me permitió adquirir confianza en mis propias potencialidades.
- El proyecto permite fomentar el desarrollo de una gran variedad de habilidades y competencias.
- Durante el proceso existieron instancias donde el profesor podía chequear el avance de los estudiantes.
- Siempre tuve claro los criterios con los cuales fui evaluado.
- Existieron instancias de retroalimentación del desempeño de los estudiantes.
- Los profesores orientaron y guiaron el trabajo de los estudiantes.
- Los profesionales de la empresa orientaron y guiaron el trabajo de los estudiantes durante todo el proyecto. Y otra pregunta que mida la satisfacción con la empresa.
- Existió una clara organización y coordinación por parte de los docentes.
- El tiempo en que se desarrollaron las actividades fue el adecuado.
- Los cursos anteriores logran desarrollar las competencias necesarias para enfrentar este proyecto.
- El proyecto tuvo objetivos claros y viables.
- Me sentí comprometido y motivado con las actividades.
- El proyecto contribuyó significativamente al desarrollo de mis competencias.
- Las actividades contribuyeron significativamente a la mejora de mi desempeño.
- La titulación mediante Capstone constituye una buena preparación para el inicio de la vida profesional.
- El proyecto le permitió conocer el mercado laboral donde se desempeñará profesionalmente.
-

Además se consulta si tuviera que elegir, con cuál modalidad de titulación se quedaría. Y si recomendaría la modalidad de titulación por Capstone Project a otros estudiantes. Finalmente de 1 a 10, debe decidir su grado de satisfacción con la actividad de titulación.

2.2 Encuesta de los empleadores

Una vez finalizado el proyecto Capstone, se le solicita al empleador entregar su opinión sobre diferentes ámbitos de la actividad para continuar con su perfeccionamiento.

Debe responder los siguientes aspectos, desde “totalmente de acuerdo” hasta “totalmente en desacuerdo”:

- La forma o estructura programática del Capstone posibilita la generación de los productos pactados.
- El nivel de entrega de los estudiantes es adecuado al desafío del proyecto.
- Los tutores de la UCN demuestran preocupación para guiar el equipo Capstone.
- Los productos son de aplicación para la empresa.
- La planeación de las actividades del Capstone es realizada en forma eficiente.
- Los estudiantes tienen actitudes éticas al interior de la empresa.

- Existe facilidad de acceso al Encargado/Coordinador general de Capstone Ingeniería Civil.
- Los estudiantes están comprometidos con el aprendizaje en la empresa.
- La dirección del Capstone procura resolver los problemas presentados por la empresa.
- Las herramientas empleadas por los estudiantes son las vigentes en el mercado.
- Los estudiantes mantienen una buena relación con sus superiores en la empresa.
- Las expectativas del proyecto Capstone fue expuesto en forma clara.
- Los profesores tutores de la UCN se relacionan con la empresa de forma satisfactoria.
- Los métodos de trabajo y horarios del Capstone son adecuados.
- Los estudiantes poseen dominio de los contenidos a desarrollar en el proyecto.
- En relación a otras experiencias de titulación de la misma UCN u otras universidades, el Capstone es mejor.
- La calidad general del Capstone de Ingeniería Civil de la UCN es excelente.
- La dirección del Capstone procura resolver los problemas presentados por los alumnos.
- Con el Capstone los alumnos mejoran su entrada al mercado laboral.
- Confío completamente en el equipo de la UCN.
- El equipo de la UCN siempre mantiene sus promesas.
- La relación que mantenemos con la UCN es provechosa.
- Si iniciáramos una nueva experiencia de Capstone lo haríamos con la UCN.
- Recomendaría esta modalidad de Capstone a otras empresas.
- El proyecto incluyó iniciativas innovadoras que reflejan un buen nivel de creatividad.

3. Resultados del Informe de Satisfacción

El informe de satisfacción da a conocer el desarrollo y control de esta modalidad de titulación en la Carrera de Ingeniería Civil, permitiendo tener una retroalimentación para la mejora continua. Analiza los diferentes aspectos que caracterizaron el desarrollo del proyecto, con el fin de detectar posibles mejoras, de esta forma se realizan análisis respecto a los siguientes aspectos:

- Desarrollo del Proyecto.
- Desarrollo de habilidades y competencias de los estudiantes.
- Grado de Satisfacción de estudiantes.
- Grado de satisfacción de empleadores.

Los principales resultados son:

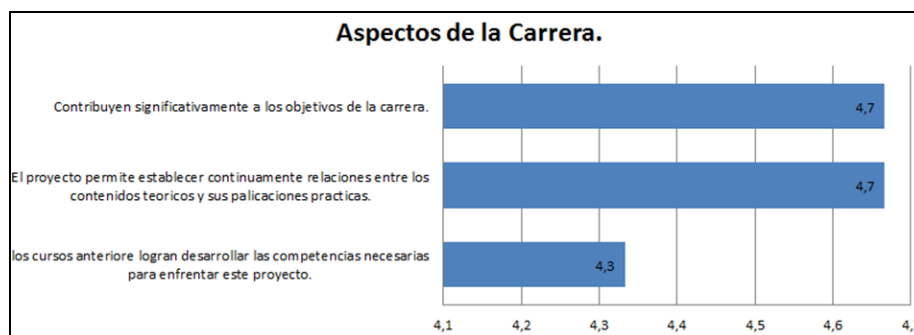


Figura N°3: Resultados "Aspectos de la Carrera"
Fuente: Sistema Gestión de Calidad de la Ingenierías, 2016

Los resultados de este análisis expresaron una valoración promedio 4.7 de 5 que es el máximo, lo cual indica que los estudiantes están de acuerdo con que este tipo de modalidad de titulación, les permite vincular de mejor forma los contenidos con la práctica. Por ende, la formación durante el proceso educativo fue adecuada para el buen desarrollo del proyecto.

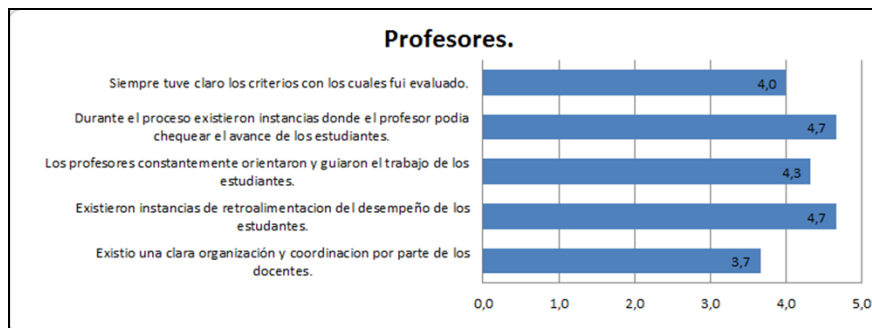


Figura N°4: Resultados “Profesores”

Fuente: Sistema Gestión de Calidad de la Ingeniería, 2016

En este ítem corresponde validar el análisis del desempeño de los profesores en cuanto a la orientación, ayuda, organización y coordinación por parte de los docentes hacia los estudiantes. Los resultados de este análisis expresaron una valoración promedio 4.3 de 5, lo cual indica que los estudiantes se sintieron apoyados por parte de los profesores.

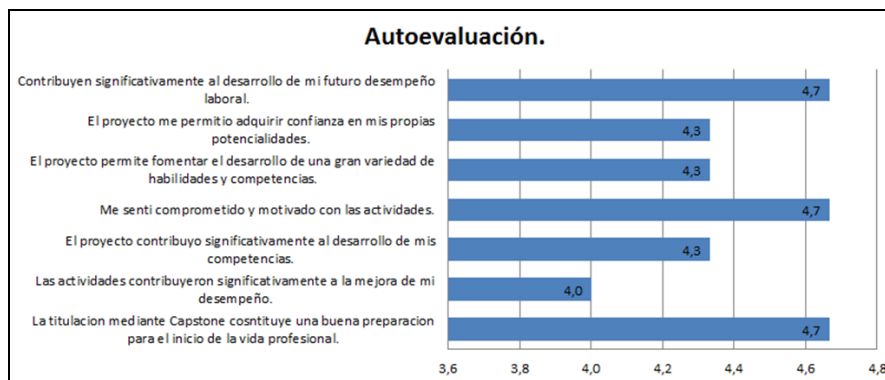


Figura N°5: Resultados “Autoevaluación”

Fuente: Sistema Gestión de Calidad de la Ingeniería, 2016

En este punto se miden las capacidades de trabajo en equipo y compromiso con el proyecto. Se autoevalúa el desarrollo personal, el desempeño y la confianza. Los resultados de este análisis expresaron una valoración promedio 4.4 de 5, lo cual indica que los estudiantes consideraron que existía motivación y compromiso, sin presentar mayores problemas en la empresa.

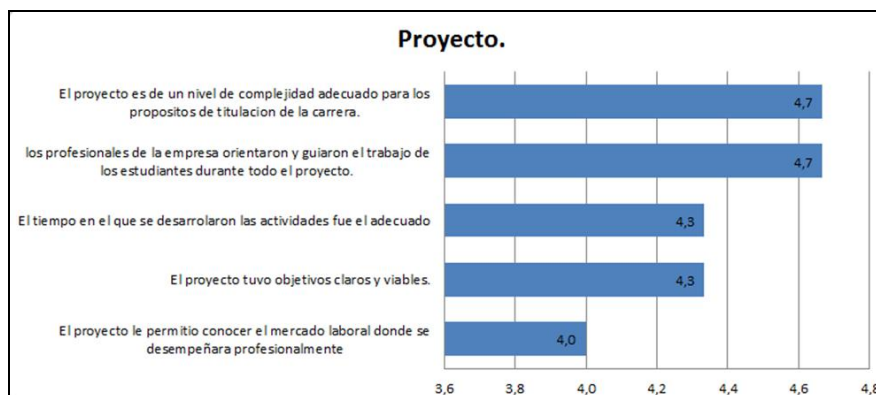


Figura N°6: Resultados "Proyecto"

Fuente: Sistema Gestión de Calidad de la Ingenierías, 2016

Este punto corresponde al análisis del proyecto en cuanto al nivel de complejidad, aprendizaje y habilidades adquiridas durante el desarrollo de éste. Los resultados de este análisis expresaron que los estudiantes percibieron el proyecto con una complejidad acorde al nivel deseado y fue un aporte positivo en cuanto al aprendizaje.

Con respecto a los resultados de la encuesta a los empleadores, se obtiene lo siguiente:

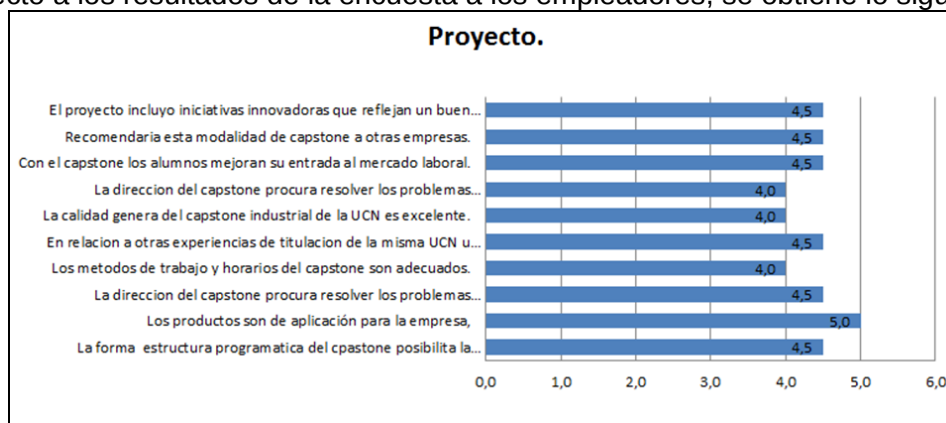


Figura N°7: Resultados "Proyecto"

Fuente: Sistema Gestión de Calidad de la Ingenierías, 2016

Los resultados de este análisis expresaron una valoración satisfactoria por parte del mandante.

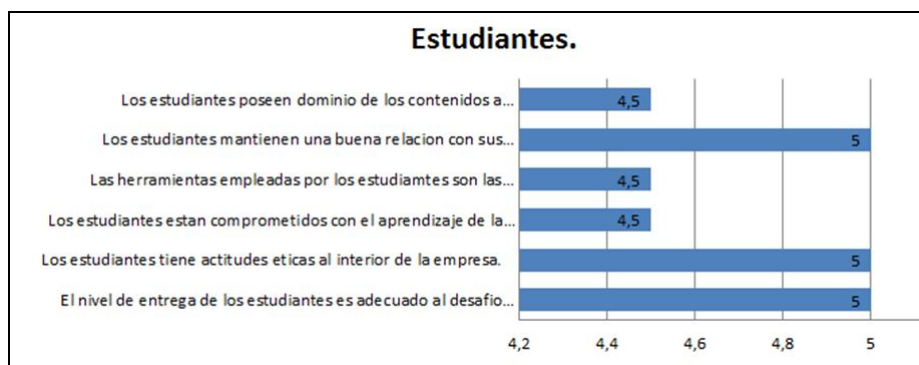


Figura N°8: Resultados "Estudiantes"

Fuente: Sistema Gestión de Calidad de la Ingenierías, 2016

En este punto se miden las capacidades de trabajo en equipo y compromiso de parte del estudiante, hacia la empresa. Los resultados de este análisis demuestran que el desempeño de los estudiantes es satisfactorio para la empresa mandante.

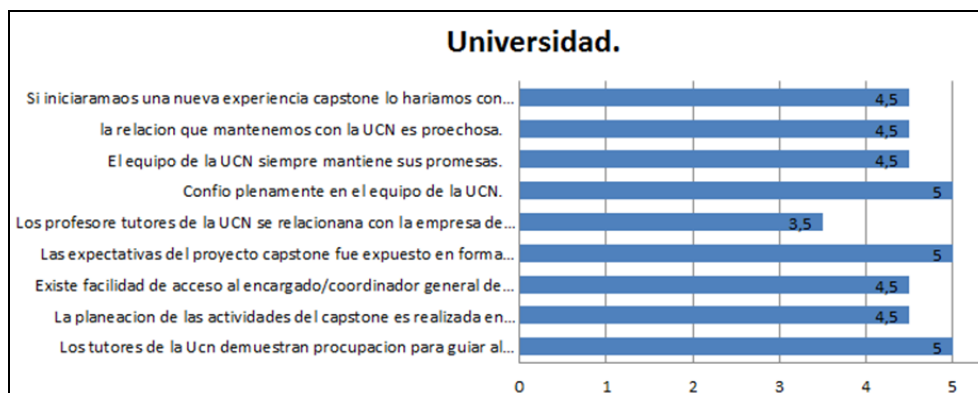


Figura N°9: Resultados "Estudiantes"

Fuente: Sistema Gestión de Calidad de la Ingenierías, 2016

Finalmente, en este punto corresponde evaluar el análisis de compromiso de la universidad y profesores a cargo del proyecto. Refiriéndose a organización, orientación, ayuda y coordinación de ambas partes con la empresa mandante. Los resultados de este análisis reflejan una alta satisfacción por parte de la empresa con los puntos descritos anteriormente.

CONCLUSIONES

La incorporación del Capstone Project como una nueva modalidad de titulación ha sido un desafío importante para la Carrera de Ingeniería Civil, en cuanto a la complejidad de equilibrar las expectativas en cuanto al cumplimiento de los entregables de la empresa y las necesidades de cumplir con los resultados de aprendizaje, que en este caso, se transforman en el culmine de las diversas rutas de aprendizaje que tiene la malla. El diseño e implementación han sido exitosos, sin dejar de lado, el hecho de que en cada generación se han obtenido lecciones aprendidas, que han permitido un proceso de mejoramiento continuo, respaldando los procesos del Sistema de Gestión de Calidad de la Ingenierías.

Finalmente, se observa un buen grado de satisfacción por parte de los estudiantes y de los empleadores, dejando de manifiesto que el esfuerzo ha valido la pena y de que quedan muchos desafíos por superar y mejorar, en pro de la formación de generaciones cada vez más empoderadas en su rol de Ingenieros Civiles.

REFERENCIAS

1. Informe de autoevaluación Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Católica del Norte. 2014
2. Ortega Sanchez, C (2016). Taller sobre enseñanza aprendizaje. Curtin University.
3. Reglamento de Capstone Project. Carrera de Ingeniería Civil-Universidad Católica del Norte. 2015.
4. Sistema de Gestión de Calidad para las Ingenierías (2016). Procedimiento P-ING-09. Universidad Católica del Norte.
5. Sistema de Gestión de Calidad para las Ingenierías (2016). Procedimiento P-ING-14. Universidad Católica del Norte.