

CDIO EN LAS INGENIERÍAS UCN. EN LA ASIGNATURA DE PROYECTO INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA

María Hilda Flores Medel, Universidad Católica del Norte, maflores@ucn.cl

RESUMEN

El presente trabajo explica la implementación del modelo CDIO y su evaluación, como base de innovación en los programas de estudio de las Ingenierías UCN, más específicamente la concreción y resultados en el curso de proyecto introducción a la Ingeniería. Esta asignatura contempla la generación de un currículo integrado por medio de la aplicación de la ruta de aprendizaje de trabajo en equipo y el desarrollo de la habilidad de construcción de productos, procesos y/o sistemas; a través de la implementación de experiencias de ingeniería en el aula (proyectos educativos) entre los que se han desarrollado un vehículo autónomo submarino y un generador eólico. Para realizar el seguimiento se aplicó una encuesta que mide la percepción de los estudiantes en cuatro dimensiones: carga de trabajo, buena enseñanza, metas claras y evaluación de los aprendizajes. La mayor valoración se obtuvo en la dimensión “Buena Enseñanza” mientras que la valoración más baja se obtuvo en “Carga de Trabajo” existiendo gran diferencia en la percepción de trabajo autónomo entre paralelos, sin embargo en promedio la carga supera en 16% lo declarado. Se sugiere mejorar este aspecto a través de la coordinación

PALABRAS CLAVES: Metodología CDIO, Aprendizaje Orientado a Proyectos, Trabajo en Equipo, Carga de trabajo, créditos SCT, seguimiento

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo explica parte de la ruta de implementación del modelo CDIO y su evaluación, como base de innovación en los programas de estudio de las Ingenierías UCN (siete ingenierías de base científica o “civiles” y cinco ingenierías de base tecnológica o “en”); a través de la implementación de una línea de cursos (mínimo seis a lo largo de la malla curricular) que utilizan la metodología de enseñanza orientada a proyectos para el logro de los resultados de aprendizaje declarados en los programas de estudio. El CDIO es una metodología, desarrollada por el MIT, que se fundamenta en la integración del conocimiento con la práctica de la ingeniería. El “CDIO Syllabus” (Programa de Estudio CDIO) resume un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que los egresados deben poseer y que son determinados por resultados de aprendizaje vinculados al conocimiento técnico y disciplinario; habilidades personales (innovación, liderazgo, pensamiento crítico, capacidad de aprendizaje, creatividad) e interpersonales (comunicación y trabajo en equipo) y habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, es decir habilidades que permiten entregar soluciones de ingeniería con valor agregado. Su acrónimo CDIO significa Concebir, Diseñar, Implementar y Operar productos procesos y sistemas.

Los cursos de Modalidad Proyecto contemplan la generación de un currículo integrado por medio de la aplicación de la ruta de aprendizaje de trabajo en equipo y el desarrollo de la habilidad de construcción de productos, procesos y/o sistemas a través de la implementación de experiencias de ingeniería en el aula (proyectos educativos). Dos de los cursos de proyecto hacen uso de conocimiento y resolución de problemas de las ciencias básicas y son orientados a introducir el rol del ingeniero y el rol del ingeniero de la especialidad; mientras que cuatro de

los ellos desarrollan proyectos vinculados a ingeniería aplicada, haciendo utilización de conceptos de ciencias de la ingeniería y de la disciplina

DESARROLLO

1. Diseño de las asignaturas Modalidad Proyecto (AOP)

Durante la etapa de rediseño de los planes de estudio de las ingenierías se definieron los aspectos fundamentales, con los que deben cumplir los cursos de aprendizaje orientado a proyectos de la UCN (María Flores, 2016) marco de referencia sobre el cual deben construirse los proyectos educativos a utilizar y que se enlistan a continuación:

- a. Definición Conjunta de la metodología de Aprendizaje Orientada a Proyectos y sus principales características
- b. Definición de Proyecto Educativo, el cual cambia año a año y es la herramienta de concreción de la metodología de AOP
- c. Secuencia Metodológica recomendada para que el docente implemente la metodología, desde la formación de equipos hasta la evaluación final del proyecto; considera la importancia de disponer de una etapa de reformulación o mejoras
- d. Desarrollo del Proceso o etapas desde el punto de vista del estudiante, las cuales son orientadas en talleres presenciales, tutorías (facilitadas por un docente) y/o trabajo autónomo (bajo la supervisión de un ayudante)
- e. Evaluación de los cursos modalidad proyecto: Se debe evaluar el desarrollo de habilidades y conocimientos declarados en el programa de estudio. Debe ser una evaluación de procesos (desempeño)
- f. Transversalidad Curricular: Para los primeros semestres (1 y 2) se recomiendan proyectos de baja autonomía y bajo nivel de complejidad, luego se recomienda aumentar la complejidad, ya que los estudiantes tendrán una mayor supervisión por parte del tutor, para luego bajar la complejidad y así poder promover una mayor autonomía; finalmente para los últimos semestres se recomiendan proyectos de alta autonomía y complejidad.
- g. Programa de estudio: se recomienda trabajar con un máximo de cuatro unidades temáticas y a lo más cinco resultados de aprendizaje, de esta forma se podrá verificar que existan los aprendizajes y desarrollo de habilidades declarados
- h. Organización de los proyectos educativos: una asignatura puede ser desarrollada a través de uno o varios proyectos, bajo el concepto de módulos. Los módulos se hacen cargo de un determinado número de unidades temáticas y resultados de aprendizaje declarados
- i. Formulario de Proyectos Educativos: Se dispone de un formulario de proyectos que permite Elaborar y Planificar el escenario del proyecto educativo

2. Implementación Cursos modalidad Proyecto

Las mallas rediseñadas de las ingenierías (María Flores, 2016) comenzaron su implementación en el año 2016 y a la fecha se han implementado los dos primeros cursos modalidad proyecto y el tercero se encuentra en proceso de implementación (I-2017). El primer curso modalidad proyecto es el curso de Introducción a la Ingeniería, transversal a todas las Ingenierías UCN y cuyas características y resultados se presentarán en este trabajo.

3. Descripción General del curso Proyecto Introducción a la Ingeniería

Este curso en modalidad Proyecto, tiene como objetivo que los estudiantes desarrollen la habilidad de resolución de problemas y fortalezcan el pensamiento crítico, la creatividad, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo a través de la formulación y ejecución de un proyecto real.

Los resultados de aprendizaje a lograr son los siguientes:

- Formar parte de equipos de trabajo
- Desarrollar habilidades y competencias informacionales para la búsqueda y clasificación de información
- Apoyarse en la evidencia, hechos e información para formular un planteamiento
- Formular un problema tecnológico y plan de trabajo para abordarlo
- Sintetizar la solución del problema
- Valorar y analizar cuantitativamente la solución

La clasificación del conocimiento según la OCDE:

- Área: Ingeniería y Tecnología
- Sub-área: otras Ingenierías y tecnologías

Organización Semestral:

- 5 créditos SCT
- 3,0 horas de docencia directa (modalidad Taller)
- 4,5 horas de trabajo autónomo. El trabajo autónomo contempla:
 - i. El trabajo no presencial para la confección de informes, presentaciones y organización de los equipos
 - ii. El trabajo para construcción

4. Organización del Curso

La asignatura se ubica en el primer semestre de las mallas curriculares de las ingenierías UCN (Ingeniería Civil, Ingeniería Civil Ambiental, Ingeniería Civil de Minas, Ingeniería Civil en Computación e Informática, Ingeniería Civil Industrial, Ingeniería Civil Metalúrgica, Ingeniería Civil Química, Ingeniería en Computación e Informática, Ingeniería en Construcción, Ingeniería en Metalurgia, Ingeniería en Prevención de Riesgo y Medio Ambiente e Ingeniería en Procesos Químicos)

- Los paralelos deberán ser de máximo 40 estudiantes, cada paralelo debe subdividirse en 8 equipos de 5 integrantes cada uno.
- La organización o estructura estará conformada por un Gestor General, Docentes líderes del curso, Docentes Aula y alumnos ayudantes. A continuación se describe el rol de cada uno de ellos
 - El Gestor General será quien ideará y gestionará la implementación del Proyecto educativo
 - Docentes líderes, tendrán la responsabilidad de planificar el curso (establecer el cómo) y participar en su coordinación (liderado por el secretario docente de la Facultad), facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de al menos un paralelo

y ser un mentor para los docentes aula. Su perfil quedará establecido a través de las siguientes competencias Docentes:

- Facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje
- Con perfeccionamiento en metodologías activas (AOP), planificación didáctica y evaluación.
- Motivador del autoaprendizaje

Los docentes líderes de preferencia deberán ser docentes de la planta académica o un profesor hora que cumpla con el perfil propuesto

- Docentes Aula: deben ser académicos, motivados por la innovación y las metodologías activas. Su rol es el de facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de al menos un paralelo, bajo la dirección de un docente líder. De preferencia académicos recién incorporados a la planta académica, quienes deberán iniciar con este curso. De no contar con planta académica podrán presentar un profesor hora como candidato
- Alumnos Ayudantes: deben ser alumnos de los últimos años, de preferencia privilegiar a quienes posean capacidad para ser docentes (detectar futuros talentos), trabajarán apoyando al docente aula en la ejecución de los talleres y evaluaciones de proceso (pautas de observación)

La tabla 1 muestra el número de paralelos, de estudiantes, equipos de trabajo, docentes y salas readecuadas para la organización de la asignatura

	N° Estudiantes	N° Paralelos	N° de Equipos	Docentes	Ayudantes	N° Salas
2016	760	19	131	18	16	2
2017	560	17	120	13	13	2

Tabla N°1: Organización del curso Introducción a la Ingeniería

En Antofagasta las salas han sido equipadas (Ver Figura 2) para ser utilizadas tanto para el trabajo en equipo como para el trabajo de taller. Cada paralelo utiliza 3,0 horas a la semana como taller; 1,5 horas en taller autónomo y dedica 3,0 horas de trabajo personal.

5. Evaluación de los cursos de Proyecto Introducción a la Ingeniería
La evaluación de los cursos de proyecto se realiza sobre cada uno de los resultados de aprendizaje, según se observa en la figura 3

Resultados de aprendizaje	Instrumento de evaluación	Ponderación (%)	Criterios de Evaluación
Formar parte de equipos de trabajo	Acuerdo de Equipo	0%	Establecimiento de Metas Asignación de Roles Estrategias para la generación de Confianza Estrategias de Manejo de Conflicto
	Rúbrica de autoevaluación Individual nivel 1: "Participar en equipos de trabajo"(2 mediciones)	5%	Pertinencia Aporte a la Productividad Adaptación al cambio Proactividad
	Rúbrica de Evaluación en Equipos nivel 1 (2 mediciones)	5%	Manejo del tiempo y los recursos Cohesión Logro de metas Productividad del equipo
Desarrollar habilidades y competencias informacionales para la búsqueda y clasificación de información	Bitácora -Investigación bibliográfica	5%	Necesidad de información Acceso a la información Evaluación de la información Uso de la información
Desarrollar habilidades y competencias informacionales para la búsqueda y clasificación de información	Informe Técnico 1	10%	Estructura Contenido Redacción Formato
	Informe Técnico 2	10%	
	Presentación Informe técnico 1	10%	Calidad del material de apoyo Domino escénico Claridad Estructura y contenido Manejo del tiempo
	Presentación Informe técnico 2	10%	
Formular un problema tecnológico y plan de trabajo para abordarlo	Presentación Inicial: -Descripción de la problemática -Objetivos -Planificación	5%	Calidad del material de apoyo Domino escénico Claridad Estructura y contenido Manejo del tiempo
Sintetizar la solución del problema	Reporte de Control 1	5%	Logro de los compromisos según Carta Gantt
	Reporte de Control 2	5%	
	Reporte de Control 3	5%	
	Reporte de Control 4	5%	
Valorar y analizar cuantitativamente la solución	Prueba Funcional 1 del Prototipo.	10%	Especificaciones del Producto Calidad
	Prueba Funcional 2 del Prototipo	10%	Uso de los Recursos Uso del Tiempo

Figura 3: Consolidado del Proceso de Evaluación

6. Proyecto Educativo (2016 y 2017)
 - 6.1 Proyecto Educativo 2016: Perla Negra

Escenario del Proyecto:

La ONEMI debido a la gran cantidad de movimientos telúricos en el país, ha requerido que les presentemos una solución de bajo costo que les permita revisar el fondo marino (borde playa). Para ello han solicitado embarcaciones sencillas que permita monitorear y/u observar las playas del país.

- 6.2 Proyecto Educativo 2017: Viento Esperanza

Escenario del Proyecto:

El ministerio de energía en los últimos años, ha manifestado el interés de generar conciencia sobre el uso de las energías renovables y el beneficio que estas tienen en la comunidad, el cual será entregar energía sustentable no contaminante e inagotable. Los tiempos nos llaman a generar instancias de ayuda a comunidades en las que el uso de las energías es poco asequible, es por ello que la iluminación de una vivienda social es factible mediante el uso de la energía eólica una alternativa viable, en especial por las constantes ráfagas de viento que se generan en zonas aledañas a la ciudad (Sector Corvallis, Padre Hurtado). Los estudiantes de ingeniería de la UCN presentarán a la comunidad un prototipo de bajo costo, que llamaremos “Wayra Suyana (Viento Esperanza)” que permitirá aprovechar de manera efectiva los vientos de la zona, para energizar un motor y proveer energía para encender un led. En la figura 4 se observan algunos prototipos de Generador Eólico



Figura 4: Construcción Prototipos Viento Esperanza. I-2017

7. Seguimiento de la Implementación del Currículo Rediseñado. Aplicado a la asignatura Proyecto Introducción a la Ingeniería

La UCN cuenta con un modelo de seguimiento del currículum que tiene por objetivos identificar aspectos de mejora en la implementación, a nivel de asignaturas. Que favorezcan la consecución de los niveles de desarrollo de competencias y de resultados de aprendizaje. El modelo contempla el seguimiento una vez que la primera cohorte que ingresa se encuentra en la mitad de su itinerario de formación. Sin embargo en el caso

de las carreras de ingeniería, se decide realizar seguimiento en el primer año de implementación por la magnitud del rediseño (13 carreras) y la importancia de detectar tempranamente ajustes en el currículo de tal manera de resguardar los resultados.

Para recolectar la información se realizó una encuesta dirigida a los estudiantes, cuya aplicación se realizó de manera presencial, en junio 2016. El instrumento utilizado fue la encuesta denominada “Experiencia de asignatura”, la cual tiene por objetivo recabar información cuantitativa y descriptiva sobre las experiencias de aprendizaje de los estudiantes. El instrumento consiste en una adaptación del “Course Experience Questionnaire (CEQ)”, al cual se le incorporan afirmaciones específicas referidas a la implementación de metodologías activas y evaluación auténtica. El instrumento considera las siguientes dimensiones: carga de trabajo, buena enseñanza, metas claras, evaluación de aprendizajes, las que se describen a continuación:

- Carga de trabajo: Esta dimensión hace referencia a la percepción sobre la cantidad de trabajo a realizar en la asignatura. A partir de ella se puede analizar la organización de la asignatura y la distribución de carga, da cuenta del sistema de créditos transferible
- Buena Enseñanza: Esta dimensión mide la percepción de los estudiante acerca de los procesos relacionados con la práctica docente, tales como: utilización de metodologías activas, procesos de retroalimentación de las estrategias motivacionales desarrolladas por el docente
- Metas claras: Esta dimensión da cuenta de la percepción de los estudiantes en relación al establecimiento de expectativas, exigencias y normas del curso por parte del docente. A partir de ello se espera que el estudiante tenga claridad de lo que se espera de su desempeño.
- Evaluación de los aprendizajes: Esta dimensión mide la percepción de los estudiante acerca de los procesos de evaluación en relación a la manera en que el profesor aborda los procesos evaluativos

Se realizó un análisis estadístico por dimensión, utilizando la “media” estadística. Posteriormente tomando como base la “media” de la asignatura, identificando los paralelos bajo la media.

Para la asignatura de Base Científica (Ingenierías Civiles) la muestra fue de 337 estudiantes mientras que para la asignatura de Base Tecnológica (Ingenierías En) la muestra fue de 127 estudiantes; que del total representan al 61% del total de estudiantes

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del curso del I-2017 a través de los siguientes indicadores:

- a. Porcentaje de Aprobación: 89,4 %
- b. Promedio de Notas: 5,3
- c. Resultados de la Encuesta Docente: 60% sobre el estándar UCN (80% suma de siempre y casi siempre)
- d. Resultados Generales
 - a. Proyecto Introducción a la Ingeniería Ingenierías Civiles
 - i. Dimensión carga de trabajo
La evaluación media de los estudiantes es de 3,31 en una escala de valoración de 1,0 a 5,0. En un análisis por paralelo cinco paralelos tienen

una valoración sobre la media general. A su vez ocho cursos se encuentran bajo la media. La asignatura contempla 5 créditos SCT (4,5 horas de trabajo autónomo). Se visualiza en la figura 5, que lo informado por los estudiantes en relación al tiempo de dedicación fuera de la sala de clases se mueve en el rango de 1,83 horas a 10,35 horas (dependiendo del paralelo consultado). A su vez se puede observar que el tiempo promedio de dedicación al trabajo autónomo fue de 5,08 horas

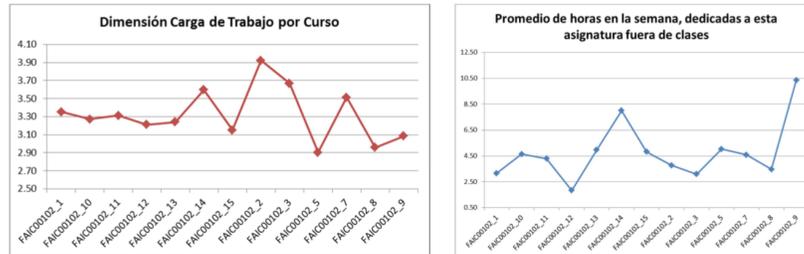


Figura 5: media dimensión carga de trabajo y horas de dedicación a la semana por paralelo

ii. Dimensión Buena enseñanza

La valoración media de los estudiantes respecto al curso fue de 3,87 en una escala de valoración de 1,0 a 5,0. En un análisis específico existen ocho cursos cuya valoración se encuentra sobre la media. A su vez cinco cursos se encuentran bajo la media. Ver figura 6



Figura 6: resultados dimensión buena enseñanza

iii. Dimensión Metas claras

A nivel general la valoración de los estudiantes es 3,86 en una escala de valoración de 1,0 a 5,0. En un análisis específico existen ocho cursos cuya valoración se encuentra sobre la media. A su vez cinco cursos se encuentran bajo la media. Ver figura 7

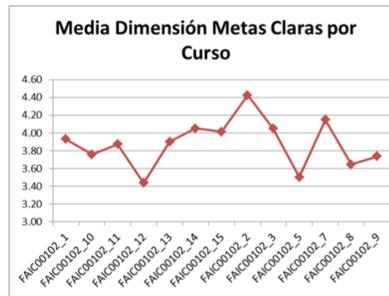


Figura 7: resultados dimensión Metas claras

iv. Dimensión Evaluación de los aprendizajes

A nivel general la valoración de los estudiantes es 3,71 en una escala de valoración de 1,0 a 5,0. En un análisis específico existen siete cursos cuya valoración se encuentra sobre la media. A su vez seis cursos se encuentran bajo la media. Ver figura 8



Figura 8: resultados dimensión Metas claras

CONCLUSIONES

- La dimensión carga de trabajo fue la menos valorada, observándose gran diferencia de dedicación de los estudiantes dependiendo del paralelo de hasta 8,65 h; lo que sugiere seguir mejorando en la coordinación de la asignatura, para asegurar equidad en las condiciones en que se desarrolla la asignatura, las exigencias académicas o algún otro factor que pudiera estar incidiendo
- La coordinación del equipo de profesores es fundamental para el éxito de la asignatura, se deben considerar los siguientes aspectos:
 - Una subcomisión para definir el proyecto educativo
 - Sociabilizar el material de apoyo y las rúbricas de evaluación con los estudiantes
 - Capacitar a los docentes, a través de una inducción al CDIO y metodología AOP además de trabajo en equipo
 - Reforzamiento de la competencia de Trabajo en Equipo (talleres reforzamiento a estudiantes, acuerdo de equipos, rúbricas, coaching personal y de equipos); preparado por equipo coaching UCN
 - Carga de trabajo del estudiante
 - Reunión de coordinación semanal
- Los resultados más destacados tanto en las ingenierías de base científica como de base tecnológica fueron en la dimensión buena enseñanza que considera aspectos de coherencia en relación a los resultados de aprendizaje y las actividades del curso
- En relación a metas claras y evaluación se pueden considerar buenos resultados

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión de Implementación, a la Unidad de Innovación de las Ingenierías (UIDIN), Equipo de Coach de las Ingenierías y Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas por su pasión y entrega para hacer realidad el “Reinventando las Ingenierías”

BIBLIOGRAFÍA

1. Edward Crawley, Johan Malmqvist, Soren Ostlund, Doris Brodeur. (2007): Rethinking Engineering Education. Springer Science Business Media, 241-269.
2. Carlos Vega B (2016). Taller Diseño de experiencias formativas mediante AOP. 5 al 08 de enero de 2016. Unidad de Innovación Docente de las Ingenierías, UCN
3. Universidad Politécnica de Madrid. 2008. Aprendizaje orientado a Proyectos. Guía rápida sobre nuevas metodologías.
4. María Flores (2016). APRENDIZAJE ORIENTADO A PROYECTO EN LAS INGENIERÍAS UCN. SOCHEDI 2016. XXIX Congreso Chileno de Educación en Ingeniería