

FORMACIÓN PARA LA INNOVACIÓN CON TICS: UN PROYECTO CONJUNTO FACULTAD DE INGENIERÍA - EMPRESARIOS

José Tiberio Hernández, Catalina Ramírez Cajiao y Alejandro Carvajal Díaz
Universidad de Los Andes, Bogotá (Colombia)

Resumen

Este artículo presenta la estructura y algunos resultados del proyecto de innovación con TIC en el que, en el marco OCDIO, se integran empresarios del sector TIC como *coach* - asesores de equipos de estudiantes que, autónomamente, proponen proyectos innovadores y sostenibles. Estos empresarios conforman, con los profesores, un comité asesor que sigue y orienta la dinámica del curso. Se hace especial énfasis en cómo esta alianza se constituye en un factor estratégico para potencializar la concepción de proyectos de innovación en ingeniería y competencias de innovación, trabajo en equipo y comunicación efectiva.

Con base en un proceso de evaluación (con participación de empresarios, profesores y estudiantes) de cada una de las actividades que apoyan el ciclo de Observar, Concebir, Diseñar, Implementar y Operar (OCDIO), se presentan algunas evidencias de la construcción de competencias y de la evolución de los proyectos generados durante los últimos dos años de trabajo.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje activo en ingeniería, formación para la innovación.

Abstract

This article presents the structure and some results of the project “Innovation with Information Technologies and Communications”, that framed in OCDIO, integrates entrepreneurs experts in ICTs field as coaches (advisors) of students teams, where this teams autonomously propose innovator projects and sustainable in time. Entrepreneurs, in conjunct with teachers, form an advisory committee that monitor and guide course development. They make special emphasis in how these alliances can constitute a strategic factor for potentiate the creation of innovation projects in engineering and innovations skills, team work and effective communication, when they are essential for future engineers.

Based on these evaluation process (with participation of entrepreneurs, teachers and students) of every activity that support the cycle of Watch, Conceive, Desing, Implement and Operate - OCDIO, (Spanish acronym), in which is based the curricular space presented, is presented a few evidences of skill construction and generated projects evolution during the last two years of work.

Keywords: Project-based learning, active learning in engineering, training for innovation.

Introducción

En el contexto del plan de renovación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia) y teniendo como marco de referencia el proceso de reforma curricular que se está implementando, se ha planteado la necesidad de contar con actividades y mecanismos que propicien un fortalecimiento de lo que se ha denominado la “cultura de innovación, el trabajo en equipo y el emprendimiento de los estudiantes”.

En este contexto adquieren aún mayor sentido actividades de aprendizaje activo que se han venido desarrollando con la participación de profesores de las distintas disciplinas de ingeniería. Son especialmente relevantes los espacios de formación en primer semestre y en mitad de carrera. En primer semestre los estudiantes de todas las ingenierías desarrollan en equipos de trabajo (5 estudiantes), durante un semestre, proyectos con ambición innovadora, asesorados por profesores, que finaliza con una exposición en formato “feria” dirigida a estudiantes, padres, y estudiantes de colegios (este espacio de formación es conocido como EXPOANDES). En mitad de carrera los estudiantes, también en equipos de trabajo, desarrollan proyectos innovadores en las diferentes disciplinas de ingeniería. Particularmente, estudiantes de ingeniería de sistemas y computación y algunos estudiantes de ingeniería industrial e ingeniería electrónica, participan en el espacio denominado Innovación con Tecnología Informática y Comunicaciones. Con este espacio un grupo de profesores y de empresarios ha buscado: fomentar la realización de proyectos de ingeniería innovadores realizados por estudiantes con el apoyo permanente de empresarios-ingenieros expertos y fomentar la formación de ingenieros emprendedores, con capacidad de trabajo en equipos de estudiantes de distintas disciplinas de ingeniería, con competencias en comunicación de sus proyectos a observadores con intereses diversos.

De esta manera, 2 profesores y 10 empresarios, particularmente en los dos últimos años, han acompañado a 20 grupos de estudiantes de ingeniería en el contexto de CDIO (Conceive, Design, Implement

and Operate) con un especial énfasis en una primera etapa que, consideramos, es muy importante: la observación. Así tenemos que el estudiante de ingeniería debe observar, para intentar comprender; con base en dicha comprensión debe concebir una solución a la situación observada, la debe diseñar teniendo en cuenta las restricciones y la proyección en el futuro, implementar dicho diseño y materializarlo en un prototipo funcional que debe buscar operar para que, observando su funcionamiento, el ciclo pueda reiniciarse (OCDIO).

Esta iniciativa (CDIO), que se generó con base en las propuestas de profesores de ingeniería en cuatro universidades de dos países a finales de los años 90, ha venido construyendo propuestas para la necesaria reestructuración de los programas de ingeniería como respuesta a los cambios actuales y a los retos futuros de esta profesión. Hoy se ha extendido formalmente a más de 22 universidades en 12 países (Ramírez & Hernández, 2008). De manera consonante con los criterios ABET-2000, CDIO contribuye con propuestas de estructura curricular y prácticas pedagógicas que buscan que el estudiante de ingeniería desarrolle habilidades para enfrentar con éxito los nuevos retos de la sociedad. Facultades de Ingeniería en University of Colorado at Boulder, MIT, Chalmers (Suecia), Caltech, University of Pittsburgh y la Universidad de los Andes en Colombia, han venido introduciendo reformas estructurales tanto en los currículos como en la infraestructura asociada al aprendizaje, que incorporan de manera práctica los lineamientos CDIO (Duque, 2006).

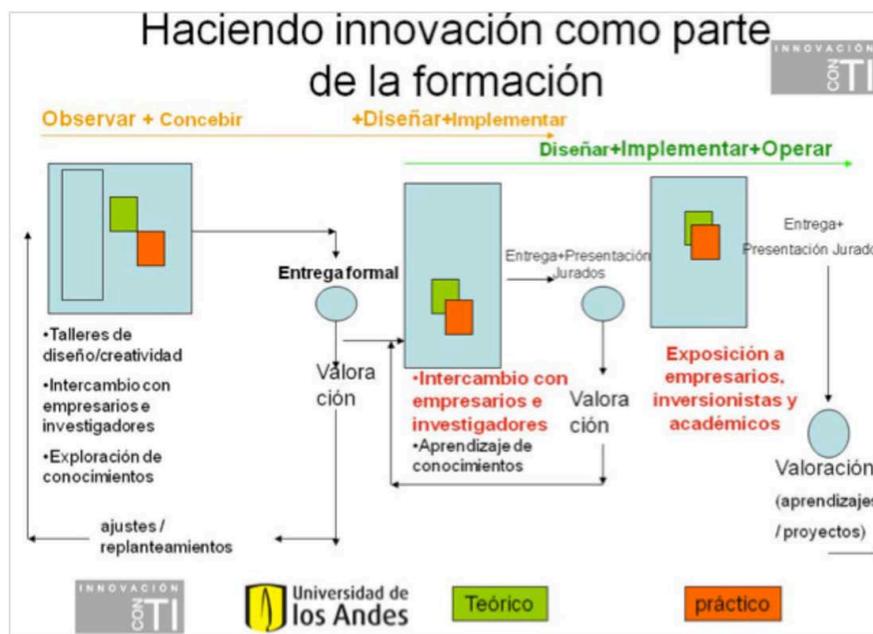
A continuación se presentará la estructura del espacio de formación en Innovación con TICs, basado en el desarrollo de proyectos con participación de empresarios del sector en donde se busca fortalecer las competencias de trabajo en equipo, comunicación e innovación en una dinámica OCDIO. Con base en los actores y el proceso, se presenta un esquema de seguimiento de las competencias de interés. Finalmente, con base en unos resultados de dicho seguimiento que evidencian el refuerzo de competencias requeridas para los futuros ingenieros, se presenta un análisis que muestra las contribuciones de los diferentes actores de esta alianza universidad-empresarios.

Estructura del espacio innovación con TIC

El espacio de formación de innovación con TIC se ha diseñado para dos semestres académicos. Durante este periodo los estudiantes, asesorados por empresarios y profesores, observan una situación determinada, conciben una idea de solución con TIC para dicha situación, diseñan un prototipo, lo implementan y, finalmente, operan dicha solución en el sistema de interés que se seleccionó. Al final

de dicho periodo los equipos de trabajo se presentan en una muestra (formato “feria” dirigida al sector empresarial y académico) y posteriormente a un concurso de innovación con TIC de la Facultad en donde los ganadores tienen la posibilidad de continuar desarrollando su prototipo durante un año más con la asesoría de una junta directiva conformada por dos empresarios y un profesor. Se espera que al finalizar dicho periodo los equipos y los proyectos estén listos para afrontar el ambiente competitivo global (ver figura 1).

Figura 1. El espacio de formación en Innovación con TIC (Proyecto de mitad de carrera)



En este proceso OCDIO se mantienen varias características distintivas a lo largo del proceso:

- Autonomía de organización de los equipos de trabajo (sujeta a crítica por supuesto).
- “Acompañamiento” por parte de un empresario durante los dos semestres de desarrollo del proyecto.
- Presentación formal (escrita/presencial) con evaluación por parte de invitados externos (empresarios, profesores, estudiantes) cada cuatro semanas.
- Exigencia de poner en evidencia los aspectos de innovación y sostenibilidad de las propuestas que incorporan TIC en su desarrollo, en particular con la producción de un artículo académico de ingeniería.

- Muestra (feria) con público empresarial y académico a quienes se les presentan los resultados alcanzados (una vez por semestre).

El *staff* de empresarios que acompañan la iniciativa (10 aproximadamente) mantienen, individualmente, una comunicación con los equipos de trabajo bajo su tutela (2) una vez al mes, participan en las plenarios de presentación parcial de resultados (una al mes) y se reúnen con el equipo académico (2 profesores y 2 asistentes) tres veces al semestre con el fin de analizar el estado del proceso y sugerir correctivos al mismo.

Se ha buscado entonces construir un ambiente en el que existe:

- Seguimiento a la organización del grupo como un equipo de trabajo (autonomía y responsabilidad en un equipo de trabajo).
- Obligación de mostrar resultados periódicamente (muestras formales a público externo, muy empresarial y conducción de proyectos de ingeniería).
- Exposición en ambientes formales a público crítico con experiencia empresarial (necesidad de una comunicación efectiva).

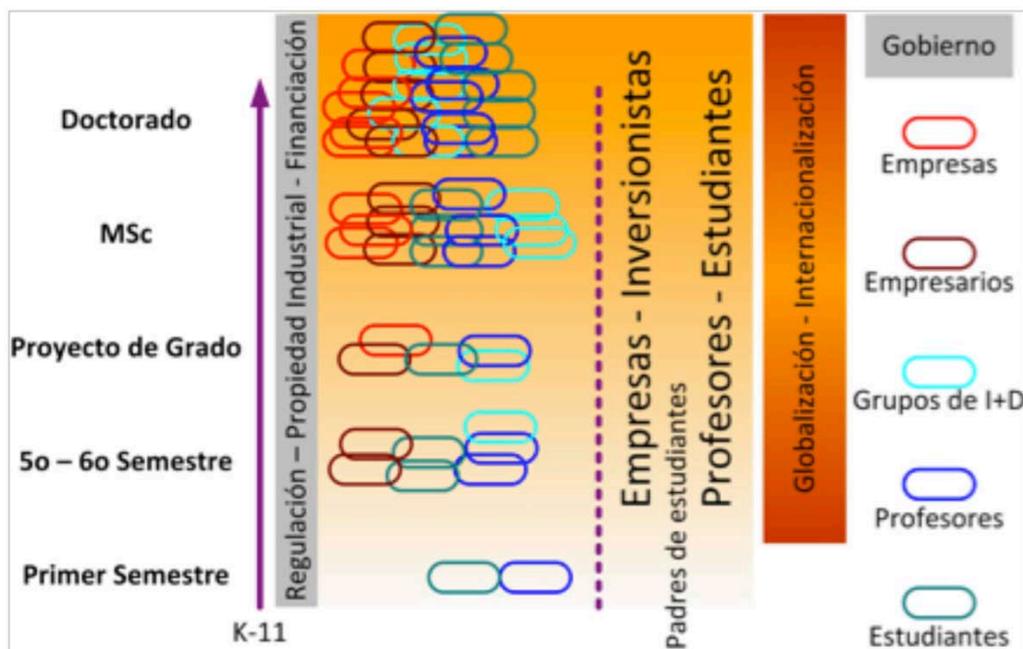
Al finalizar el segundo semestre de proyecto, pasada la muestra final, los equipos que lo consideren se inscriben en un concurso de innovación con TIC, elaboran un informe técnico y hacen una presentación oral a un jurado conformado por empresarios y profesores. El equipo ganador continúa durante un año en un formato diferente (junta directiva-equipo-proyecto) en donde se busca dar mayor solidez a los aspectos de diseño-implementación-operación del prototipo innovador y al planteamiento de sostenibilidad. Estos proyectos deben presentarse al finalizar dos semestres adicionales, a un concurso externo de

innovación. En muchos casos, los estudiantes continúan con este proyecto en sus proyectos de grado.

Los actores del proceso

El proyecto de mitad de carrera en ingeniería forma parte de un planteamiento más general de formación para la innovación. En la figura 2 se presenta de manera muy esquemática este proceso, que va desde primer semestre hasta el doctorado. Siempre está el estudiante como centro del proceso, el desarrollo de proyectos como actividad principal y los profesores y grupos de investigación de un lado y los empresarios y las empresas por otro, van tejiendo un sistema que acompaña el proceso, con un entorno que también evoluciona con el proceso. En las etapas iniciales hay más presencia de profesores y empresarios como guía y contexto y a medida que se evoluciona, más grupos de investigación y empresas entran como protagonistas en la definición de propósitos y metas.

Figura 2. Los actores en el proceso de formación para la innovación en ingeniería



La apuesta que se hace es que en este proceso los estudiantes de ingeniería desarrollen ideas innovadoras y competencias de trabajo en equipo para que, en el futuro, logren consolidar esas propuestas

innovadoras, bien sea en empresas, bien sea en sus propios proyectos de investigación. Para ello, intervienen:

- Estudiantes de ingeniería en mitad de formación (5o - 6o semestre) que conforman equipos para desarrollar un proyecto durante un año en tiempo parcial (3 créditos en total). En la tabla 1 se puede ver un perfil de ocho grupos y proyectos que terminaron su ciclo de dos semestres en mayo de 2009.
- Empresarios: Durante los últimos dos años, diez empresarios han participado en este espacio. Se ha hecho énfasis en la vinculación del empresario y no de la empresa de la cual forma parte. Se pretende de esta manera que el empresario sea un coach del equipo y que, con su experiencia, contribuya a reforzar la actitud de innovación, el trabajo en equipo y la comunicación efectiva en cada uno de los estudiantes. No se busca que los estudiantes “solucionen” una problemática de una empresa; se pretende que de una manera autónoma los estudiantes observen y diseñen una solución en un contexto determinado y que sean los empresarios los alentadores de dicho proceso. De otra parte, con aquellos proyectos seleccionados en el concurso de innovación con TIC, los miembros designados como junta directiva, deben asumir ese rol durante un año y contribuir a llevarlos a un nivel competitivo tanto con su proyecto como con la calidad del grupo de trabajo.
- Profesores: Participan dos, uno de ingeniería de sistemas y computación y uno de ingeniería industrial. Su rol está orientado a llevar el ritmo de los proyectos y de los grupos, facilitar el acceso a información, recursos y personas relevantes para los proyectos, incentivar a los estudiantes a integrar los conocimientos adquiridos durante su formación y a aprender de manera autónoma los que no tengan para adelantar de manera exitosa el proyecto emprendido, impulsar la producción de artículos con base en los proyectos y coordinar los procesos de exposición a terceros y de evaluación del proceso.
- Los grupos de investigación y las empresas se presentan a los estudiantes como parte del contexto científico y empresarial en el que desarrollan sus proyectos. Los laboratorios y las facilidades de los grupos se ponen a disposición (por demanda) de los grupos de trabajo.

Tabla 1. Ocho equipos de trabajo, perfil del grupo y del proyecto

GRUPO	PROYECTO	PAGINA WEB	INTEGRANTES
Follow me	Generar un nuevo concepto de orientación en recintos cerrados por medio de tecnologías móviles.	http://xue.uniandes.edu.co/~pmc-g11/2009-01-Follow_Me.html	2 Ing. de Sistemas 2 Ing. Industrial
Poder de la mente	Tener un esquema para la lectura e interpretación de ondas sonoras como analogía de ondas cerebrales	http://xue.uniandes.edu.co/~pmc-g10/2009-01-poder_mente.htm	5 Ing. Sistemas
Llévame	Adaptar la idea de carpooling como una solución para disminuir la congestión de las vías de la ciudad. El carpooling se basa en la idea que un número de personas comparten un mismo carro.	http://xue.uniandes.edu.co/~pmc-g12/	3 Ing. Sistemas 1 Física
Sipoti	Brindar interactividad a las empresas con sus clientes de una forma innovadora. Para ello, se captura desde un dispositivo móvil una imagen del logo de una empresa y se envía a los servidores SIPOTI.	http://xue.uniandes.edu.co/~pmc-g14/sipoti.html	5 Ing. Sistemas 1 Ing. Industrial
Sirt	Ofrecer información actualizada, centralizada y en tiempo real sobre rutas y tiempos de arribo de buses de transporte público colectivo.	http://xue.uniandes.edu.co/~pmc-g15/	1 Ing. Sistemas 2 Ing. Industrial 3 Ing. Electrónica 1 Ing. Eléctrica
Medicasoft	Proponer el uso de Internet como un canal de comunicación para poder hacer citas médicas desde cualquier parte sin necesidad de hacer llamadas o de otros factores que demoran este proceso.	http://xue.uniandes.edu.co/~pmc-g13/	3 Ing. Sistemas 1 Matemáticas

GRUPO	PROYECTO	PAGINA WEB	INTEGRANTES
SDC	Generar un Servicio que permita informar rápida y eficazmente a sus usuarios acerca de emergencias que ocurren en la ciudad que son de importancia para cada uno de ellos.	http://xue.uniandes.edu.co/~pmc-g16/2009-01-SDC.html	3 Ing. Sistemas 1 Ing. Mecánica 1 Ing. Industrial 1 Ing. Electrónica
VRD	Este proyecto aborda la problemática del entrenamiento que se recibe para obtener la licencia de conducción. Se propone una solución mediante la implementación de un simulador virtual de entrenamiento en conducción de automóviles.	http://xue.uniandes.edu.co/~pmc-g17/2009-01-vrd.html	3 Ing. Sistemas 3 Ing. Electrónica

La evaluación del proceso

Durante todo el proceso se evalúan sistemáticamente seis criterios: innovación, trabajo en equipo, desarrollo-aplicación de conceptos de ingeniería, capacidad de investigación, comunicación efectiva y capacidad de identificación de problemáticas.

Sistemáticamente, una vez al mes, los estudiantes realizan informes de avance de los proyectos en distintos ejercicios con profesores, empresarios y otros estudiantes. Cada informe tiene asociado material escrito y una presentación oral formal con límite de tiempo, algunas veces con público, otras con los evaluadores únicamente. Dos veces durante el proceso (semana 15 y semana 29) los proyectos se exponen al público externo en

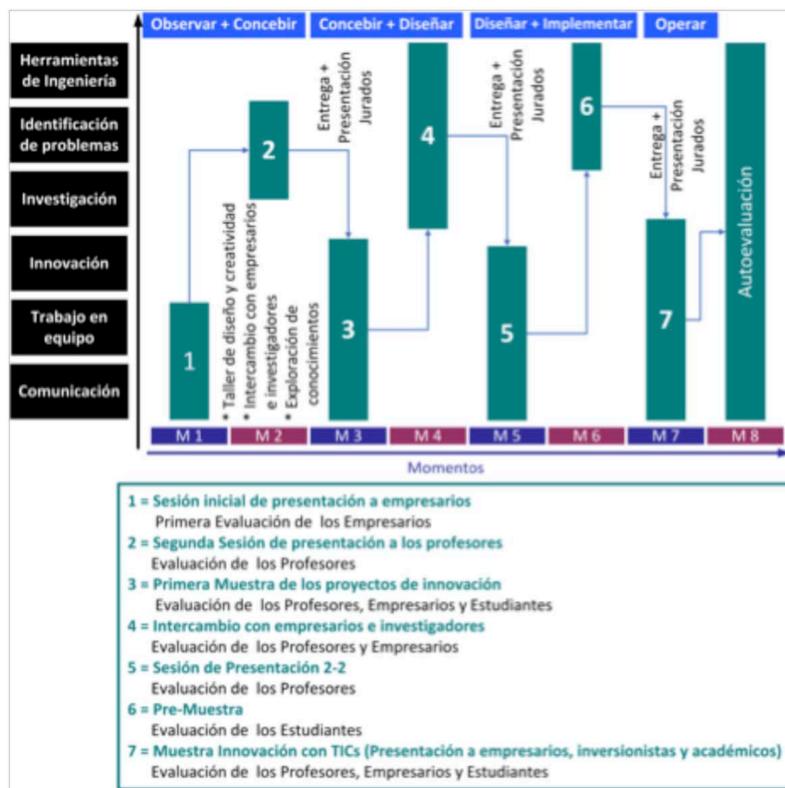
formato “feria” en la “Muestra de Innovación con TICs”, a la que asisten aproximadamente 500 personas entre empresarios y académicos de otras universidades. Estas evaluaciones buscan reforzar las competencias que se han venido comentando a lo largo del artículo. En la tabla 2 se muestran los instrumentos de evaluación que se utilizan a lo largo de las 30 semanas de desarrollo del proyecto. Luego de un proceso de autoevaluación algunos equipos y proyectos se presentan al concurso que abre la posibilidad de contar con un año adicional de seguimiento por parte de los empresarios y con un apoyo en recursos por parte de la Universidad. Los ganadores de este concurso local participan en concursos nacionales e internacionales y en algunos casos, en congresos internacionales de innovación (ver figura 3).

Tabla 2. Instrumentos de evaluación utilizados en el proceso

Instrumentos de evaluación en PMC1			
SEMANA	ACTIVIDAD	INSTRUMENTO	EVALUADORES
1	Seminario Innovar con TI: Una manera de generar valor en la sociedad.	Ejercicio 1	Profesores
1	Socialización de resultados del ejercicio de investigación.	Ejercicio 2	Profesores
4	Sesión de presentación 1	Primera evaluación empresarios	Empresarios y profesores
6	Sesión de revisión de artículos entre pares	Evaluación artículos entre pares	Estudiantes
9	Sesión de presentación 2	Evaluación profesores	Profesores
13	Muestra Innovación con Tecnología Informática y Comunicaciones	Formato evaluación muestra	Empresarios, profesores y estudiantes
Instrumentos de evaluación en PMC2			
14	Taller de reorganización de grupos y proyectos	Ejercicio N° 1	Estudiantes
18	Sesión de presentación 1	Sesión de presentación 1 – Formato de calificación	Empresarios y profesores
19	Sesión de revisión de artículos entre pares	Formato de evaluación de artículos 1	Estudiantes
20	Taller de evaluación técnica de proyectos	Evaluación de prototipo	Estudiantes y el coordinador de la actividad

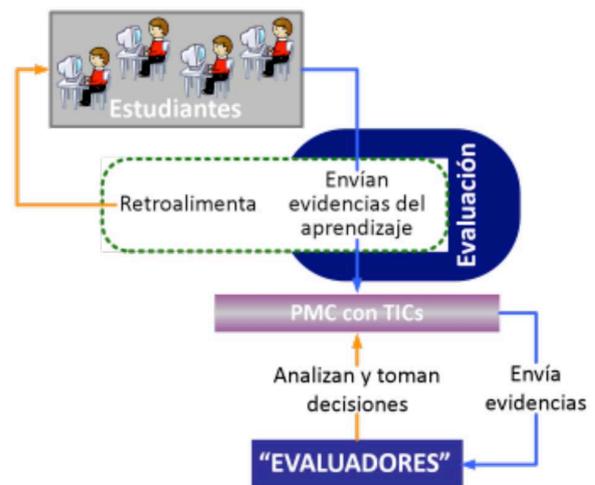
21	Sesión de presentación 2	Sesión de presentación 2 – Formato de calificación	Profesores
23	Sesión de revisión de artículos entre pares	Formato de evaluación de artículos 2	Estudiantes
24	Taller para la elaboración de página WEB	Plantilla WEB del proyecto	Coordinador de la actividad
27	Presentación Pre-muestra	Criterios de evaluación premuestra	Estudiantes
28	Muestra Innovación con Tecnología Informática y Comunicaciones	Criterios de evaluación muestra empresarios Criterios de evaluación muestra estudiantes	Empresarios, profesores y estudiantes
29	Autoevaluación del Proceso		

Figura 3. Espacios de evaluación y evaluadores



En la tabla 2 se resaltan los ocho momentos en los que se recolecta información relacionada con el aprendizaje de los estudiantes y el desarrollo de las competencias que se han ido mencionando en este artículo. Cada instrumento de evaluación que se utiliza, permite alimentar un sistema de información basado en la metodología CyberSyn, en donde, al entender este proceso como un proceso de aprendizaje activo, puede controlarse aprovechando las ventajas tecnológicas actuales que permiten la recolección y el procesamiento de información y la toma decisiones que coadyuvan al alcance de los objetivos de aprendizaje y al desarrollo de las competencias de interés (Carvajal & Ramírez, 2009). En la figura 4 se presenta el modelo de evaluación utilizado.

Figura 4. Modelo de evaluación utilizado en el proceso

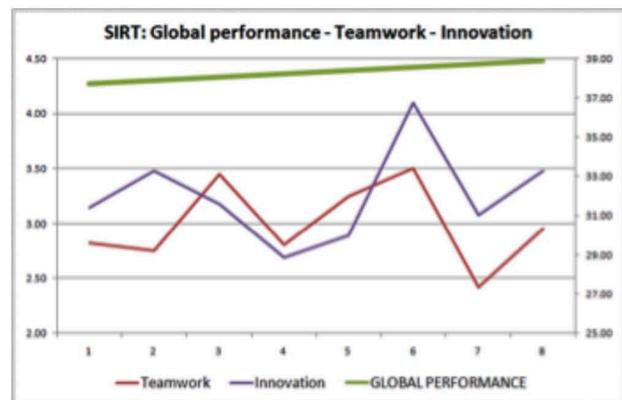
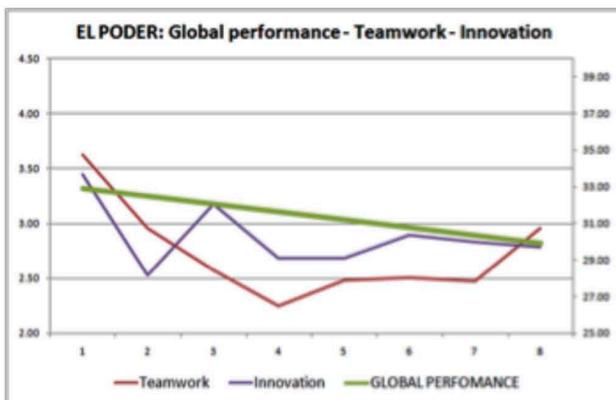


Algunos resultados del proceso

Mediante el uso del modelo de evaluación mencionado, se ha realizado un primer ejercicio de recolección y procesamiento de información del aprendizaje de los estudiantes que participan en este proceso. Esa evaluación ha arrojado resultados que han permitido la inclusión de ajustes en el ambiente de aprendizaje y en los instrumentos de evaluación aplicados durante el proceso. Particularmente, en la figura 4

se presentan resultados de los equipos de trabajo que completaron su ciclo de 29 semanas de trabajo en el proyecto durante el segundo semestre de 2008 y el primero de 2009. Se muestran ocho momentos de evaluación de cada uno de los seis aspectos que se presentaron arriba. Con objetivo de ilustración se seleccionaron dos grupos (G1 y G2) y se muestra la evolución de su desempeño global y en particular, la evolución de dos de los factores: el trabajo en equipo y la actitud de innovación.

Figura 4. Evolución del desempeño global y de dos factores de un conjunto de 2 grupos



Conclusiones

Se presentó en este artículo un espacio de formación para la innovación que se está implementando en los programas de ingeniería de sistemas y computación e ingeniería industrial en el marco de la renovación curricular muy marcada por los lineamientos CDIO.

Con base en las observaciones realizadas, aún con las limitaciones que presentan los instrumentos aplicados, podemos ver una evolución de las competencias en los estudiantes gracias a la combinación de factores como la continuidad en el desarrollo de un proyecto y la permanente necesidad de “presentación a terceros” de los avances logrados.

Si bien es difícil desacoplar los aportes de cada uno de los actores del proceso, la participación de empresarios a lo largo de éste, los aportes de sus críticas y observaciones así como el equilibrio que generan al ritmo clásico del trabajo de los estudiantes en el marco de los cursos, se considera muy importante en el proceso.

Hay un camino por recorrer en cuanto a la calibración de los instrumentos de seguimiento y evaluación de este tipo de procesos académicos. Se han iniciado esfuerzos por desarrollar instrumentos y modelos de evaluación consistentes con los objetivos y prácticas desarrolladas en OCDIO y los resultados presentados nos permiten dar el siguiente paso en esa dirección.

Referencias

- Accreditation Board of Engineering and Technology - ABET. (2004). Criteria for accrediting engineering programs. Recuperado de <http://www.abet.org>.
- Carvajal, A., Ramírez, C. (2008). Diseño de un Modelo de Evaluación para un Ambiente de Aprendizaje Activo

- en Ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 6. Recuperado de http://site430.mysite4now.net/acofivirtual/revista/revista6/2008_II_25.pdf.
- Carvajal, A., Ramírez, C. (2009). Aplicación de la metodología CyberSyn en evaluación de aprendizaje activo

- en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 7. Recuperado de http://site430.mysite4now.net/acofivirtual/revista/revista7/2009_I_4.pdf.
- Duque, M. (2006). Competencias, Aprendizaje Activo e Indagación: Un caso práctico en Ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, N° 2 de junio de 2006, Acofi, Bogotá, pp 7-18, 2. Recuperado de http://site430.mysite4now.net/acofivirtual/revista/Revista2/archivpdf/2006_II_T2-017.pdf.
- Hernández, J.T., Ramírez, M.C., Carvajal, J.A. (2009). Teamwork assessment in order to promote engineering students' innovative attitude. Proceedings of ninth international workshop ALE2009 Universitat Politècnica de Catalunya – Universitat de Barcelona, Junio 2009, Barcelona, España.
- Hernández, J.T., Ramírez, M.C. (2008). Innovation and Teamwork Training in Undergraduated Computing Engineering Education. SEFI Annual Conference 2008. Aalborg, Dinamarca.
- Hernández, J.T., Ramírez, M.C. (2008). Innovation and Teamwork Training in Undergraduate Engineering Education. The fair and the contest: milestones of innovation. 8th ALE International Workshop, June 2008. Bogotá, Colombia.
- Hernández, J.T., Caicedo, B., Duque, M., Gómez, R. (2004). Engineering School Renovation Project: Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. ALE Workshop June 2004. Nantes, France.
- Ramírez, M.C., Hernández, J.T. Teamwork and innovation competences: a first-semester engineering students' hands-on course. (2008). SEFI Annual Conference 2008. Aalborg, Dinamarca.
- Steiner, M., Ramírez, M.C., Hernández, J.T., Plazas, J. (2008). Aprendizaje en Ingeniería basado en Proyectos, algunos casos. Ciencia e Ingeniería en la Formación de Ingenieros para el siglo XXI, Sección 2, pp 129-147, Acofi, Bogotá, Colombia.

Sobre los autores

José Tiberio Hernández

PhD en Informática en Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées, Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación e Ingeniero de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes. Se ha desempeñado como Decano y Vicedecano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes y actualmente trabaja como Profesor Asociado en la misma institución. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Carrera 1ª Este No. 19A - 40. Tel.: 339 49 49 / 99 Ext.: 3054. jhernand@uniandes.edu.co

Catalina Ramírez Cajiao

PhD Management, Economics and Industrial Engineering en el Politecnico di Milano, Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes

e Ingeniera Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Actualmente trabaja como Profesor Asistente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Carrera 1ª Este No. 19A - 40. Tel.: 339 49 49 / 99 Ext.: 3733. mariaram@uniandes.edu.co

Alejandro Carvajal Díaz

Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial e Ingeniero Industrial con Opción en Educación de la Universidad de los Andes. Actualmente es Asistente Graduado del curso Pensamiento Sistémico en las Organizaciones en el Departamento de Ingeniería Industrial en la Universidad de los Andes. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Carrera 1ª Este No. 19A - 40. Tel.: 339 49 49 / 99 Ext.: 3857. j-carvaj@uniandes.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.