



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO CONSTRUCTIVISTA DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA TEORÍA DE PROYECTOS EN LA UNIVERSIDAD DEL NORTE

Álvaro R. Mendoza Pinedo

Universidad del Norte
Barranquilla, Colombia

Resumen

La población de estudiantes observada en la aplicación de la experiencia pertenece a las cohortes de estudiantes de cuarto año de ingeniería mecánica. La experiencia ha logrado implementar con éxito cambios radicales en el abordaje conceptual y metodológico de la teoría de proyectos, en la aplicación de la estrategia didáctica basada en proyectos (AbP), en la aplicación de las rúbricas analíticas como herramienta de evaluación; así como también en el contenido curricular de la asignatura y en el uso intensivo de las TICs en la cotidianidad de la relación profesor/alumno.

Los resultados demuestran que: a) La deserción disminuyó ostensiblemente desde niveles que alcanzaron el 33% en 2011 10 hasta el 3% en 2012 10. b) La mortalidad estudiantil se mantuvo durante el período de análisis por debajo del 10%, nivel considerado aceptable en cursos de pregrado. c) El porcentaje de estudiantes cuyos resultados sobrepasaron el target del profesor (3.5) se incrementó en diez (10) puntos porcentuales en el período de análisis. d) En la encuesta de opinión de evaluación docente aplicada semestralmente a los estudiantes, el curso logró alcanzar el nivel de excelencia en los ítems relacionados con la propuesta pedagógica. e) los resultados en las pruebas de estado para el módulo de formulación de proyectos de la cohorte han sido satisfactorias.

Palabras Clave: aprendizaje basado en proyectos; rúbricas analíticas; las ciencias de lo artificial

Abstract

This paper presents the results of the implementation of a project based learning approach to the teaching of project theory with fourth year undergraduate mechanical engineering students. The main characteristics of the pedagogical experience include the following: the use of analytical rubrics as an evaluation tool; content changes in the subject-matter, and intensive use of ICT on a frequent basis to promote professor-student interaction.

Study results show that: a) Students attritions significantly decreased from 33% in the first term of 2011 to a low 3% in the first term of 2012. b) Student “failure” remained under 10% during the study period, which is an acceptable proportion for undergraduate programs. c) The percentage of students that surpassed the Professor’s grade target (3.5) increased 10% in the study period. d) In the semi-annual student evaluation of teaching, the course reached the excellence level in items related with the pedagogical approach. e) The results in the government’s mandatory test “Saber Pro 2011 - 1” for the project formulation section have been outstanding.

Keywords: *project-based learning; analytical rubrics; the sciences of the artificial*

1. Introducción

El ingreso formal del autor a la docencia (2001), coincidió con las campañas del IESE para incentivar el uso intensivo de la herramienta LMS WebCt en los procesos de enseñanza/aprendizaje en la universidad.

En un principio se intensificó el uso del correo del curso para el envío de material educativo de estudio complementario a la bibliografía. Más tarde, se enriqueció el contenido de las asignaturas y se introdujo cambios en el sistema de evaluación, en donde se migró de evaluaciones teóricas a evaluaciones aplicadas; el correo sirvió para el envío/recibo de las entregas parciales de avance y como medio para retroalimentar a los alumnos.

En esta primera fase el curso de formulación de proyectos logró ofrecerse en la división de ciencias administrativas en versión virtual y presencial y en la división de ingenierías de manera presencial.

A partir del segundo semestre de 2009 el autor introdujo cambios fundamentales en las asignaturas, a saber:

- El paradigma de abordaje deja de ser mecanicista y migra hacia el paradigma sistémico.
- La categoría objeto de estudio de la asignatura cambia: del concepto “proyecto” al concepto “ciclo del proyecto”.
- Se introduce en el curso la variable del tiempo y se contextualiza el ciclo del proyecto dentro de esta variable.
- Se abandonan las rúbricas comprensivas y se diseñan rúbricas analíticas para la evaluación de resultados, teniendo como referencia la taxonomía de Bloom.
- Se establecen objetivos claros de aprendizaje de los cursos orientados por los Outcomes fijados por ABET.
- Se enriquece y organiza mejor el contenido con la nueva orientación sistémica.
- Se diseña y se aplica el índice de Inasistencia Individual Aleatoria y por Equipos.
- Los cambios y herramientas desarrolladas mantuvieron el modelo constructivista de enseñanza/aprendizaje lo mismo que la estrategia pedagógica basada en proyectos-problemas-. Pero esta vez brindando una autonomía más limitada a los alumnos.

Las acciones anteriores mejoraron sustancialmente el desempeño de los actores del proceso enseñanza/aprendizaje: El índice de deserción disminuyó de manera importante, el índice de mortalidad de

igual manera disminuyó, el profesor mejoró su evaluación y el fraude académico se desincentivó de manera importante (aspecto que se ha convertido en sensible para el curso).

En cuanto a su pertinencia para la vida práctica, considera el autor que los hechos le confieren validez a la propuesta:

- El ICFES ha considerado la competencia disciplinar de la asignatura como competencia básica profesional de todas las áreas del conocimiento y en especial en el área de las Ingenierías, en donde la considera como el sustento ontológico, axiológico y praxeológico de la misma (ICFES, 2011).

En resumen, la propuesta pedagógica objeto de la experiencia cuenta con un sólido fundamento teórico en el modelo constructivista y en la aplicación de su estrategia pedagógica orientada a proyectos; en cuanto a la propuesta de contenidos también cuenta con un sólido fundamento teórico en el paradigma sistémico y en la aplicación de la teoría de las dimensiones del proyecto.

2. Referentes teóricos del cambio en el contenido de la asignatura

En el año 1962, Morris Asimow publica “Introduction To Design” dando lugar a un salto cualitativo en la concepción metodológica del proyectar. Para Asimow, el proyecto es una actividad con propósitos determinados, que se encamina hacia la meta de satisfacer necesidades humanas, particularmente aquellas que se pueden cubrir utilizando los factores técnicos de nuestra cultura.

Concluye que el proyecto de ingeniería casi siempre necesita una síntesis de factores técnicos, humanos y económicos y exige tomar en consideración elementos sociales, políticos y de otra índole, siempre que vengan al caso.

Afirma además que el proyecto debe basarse en una serie de principios divididos en dos grandes grupos según su contenido: Éticos, cuando representan valores y costumbres de una cultura y fácticos, cuando pueden ser empíricamente comprobados; a saber:

- Principios éticos: Responde a las necesidades individuales o sociales; es físicamente realizable; es útil para el consumidor de modo que iguale o exceda la suma de los costes necesarios para ponerlo a su disposición; dispone de financiación; es la solución óptima entre las alternativas de que se disponga; es optimizable de acuerdo a criterios que representan los compromisos del proyectista; se toma la decisión en función del compromiso mínimo
- Principios fácticos: Es una progresión que va de lo abstracto a lo concreto; es un proceso iterativo de resolución de problemas; es necesario solucionar los subproblemas previamente a la solución del problema; es un proceso informativo que se traduce en una transición que va desde la incertidumbre hasta la certidumbre; considera el valor económico del éxito o fracaso; se suspende cuando la seguridad de un fracaso es suficiente para garantizar su abandono; se continúa cuando la confianza en la solución prevista es lo suficientemente elevada para garantizar la inversión de los recursos necesarios en la siguiente fase; es la descripción de un producto y una serie de instrucciones para su producción y comercialización.

A partir de lo anterior, se concluye que para Asimow, la acción de proyectar comprendía el diseño de una doble estructura: Una morfológica (fases del proyecto) y una de procesos (secuencia lógica de resolución de problemas a llevar a cabo en cada una de las fases de la morfología). (Pellicer et al, 2004)

Más tarde, en 1969, Herbert Simon publicó su libro “las ciencias de lo artificial”. En él reflexionaba sobre tres campos aparentemente separados: la psicología del pensamiento, la ciencia del diseño (léase ciencia del proyecto como acepción de design en inglés) y la arquitectura de la complejidad. En la actualidad, sabemos que la relación entre esos campos es tan estrecha que para hablar de uno de ellos con cierta propiedad, se necesita recurrir constantemente a los otros dos.

En esta línea, Simon afirma de manera general que quien diseña (proyecta) concibe unos actos destinados a transformar una situación existente en otra más dentro de sus preferencias (Simon, 1969). En este sentido, se diseña (proyecta) tanto en la ingeniería, como en la arquitectura, en el comercio, en la medicina, en la cultura o incluso en la leyes; pues todas estas actividades se basan en el proceso de diseño (proyecto).

Luego la ciencia del proyecto se puede definir como la ciencia que estudia la creación de lo artificial, entendiéndose como **lo artificial** todo lo que el hombre realiza o transforma para satisfacer sus necesidades a partir de los recursos que brinda la naturaleza, **lo natural**.

En la línea de esta noción amplia y transdisciplinar, diseñar (proyectar) es crear algo que nunca había existido antes como solución a un nuevo problema o como mejor solución a un problema que se ha resuelto previamente. De esta manera lo expresa (Blasco y Estay, 2000):

“El manejo y resolución del paso es un reto que se manifiesta en una dinámica llamada proyecto, donde coexisten dos cosas a la vez, pero sin ser una: un proyectar y un proyectado (Blasco, 1966, 2000b):

- **Proyectar es la ejecución del Proyecto (Estay y Blasco, 1998a, 1998b). Esto lo podemos ver en un sentido teleológico y en un sentido metodológico. Teleológicamente es la acción extendida del individuo con la intención de dar resolución a un conflicto. Metodológicamente es lo que se está haciendo, ejecutando, como un conjunto ordenado de actividades con una finalidad, una intención: entregar una nueva capacidad de planta instalada.**

- **El Proyectado será lo obtenido del Proyectar (Estay y Blasco, 1998a, 1998b). Es el referente obtenido como solución al conflicto. En esencia se puede entender como una unidad fáctica, o sea una unidad cultural con un cuerpo material bien estructurado compuesto por uno (o varios artefactos) con sus funciones y un funcionamiento (Blasco, 1966, 2000a).”**

En términos más concretos, proyectar es la acción intencionada hacia la consecución de un resultado. Una acción que cambia el orden de cosas según nuestros pareceres, interviniendo, o pretendiendo hacerlo, en 'lo que hay afuera'. Es el intento de resolver una disfunción en un sistema mediante el proyectar y que se resuelve con un proyectado que conjuga un(os) producto(s) y una organización que se encarga de suministrarlo, proveyendo ello el servicio que requiere quien pide una solución, aunque aceptando que la utilidad del proyectado depende del usuario final.

3. Innovación en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la disciplina:

El curso al enfocarse en el desarrollo de competencias en el diseño del programa de estudio tiene en cuenta que el contenido ocupa un lugar subordinado, en el sentido de que este se selecciona atendiendo a su relevancia para el logro de un objetivo de aprendizaje. A este factor se le da la importancia pertinente, a diferencia de lo que ocurre en el denominado enfoque académico que está centrado en la disciplina y sus contenidos.

Al enseñar las competencias, la repetición y la memorización no contribuyen a una comprensión de situaciones desafiantes o complejas. El aprendizaje significativo, dinámico y práctico es una herramienta adecuada para preparar a una persona para desempeñarse competentemente.

Las estrategias de aprendizaje diseñadas en el curso están orientadas al desempeño y no al aprendizaje de contenido. En este sentido, experiencias como los ejercicios de trabajo real, en los que se fundamenta la experiencia facilitan la iniciativa, la creatividad y la autonomía.

De esta manera, la **estrategia didáctica basada en problemas (proyectos)** se constituye en la herramienta clave que permite la “operacionalización” de la competencia. La elaboración de un proyecto complejo como solución a un problema real identificado por los mismos estudiantes en su entorno disciplinar los involucra en tareas como el diseño, la resolución de situaciones, la toma de decisiones y las actividades de investigación, características de desempeño con las cuales debe contar un proyectista.

Como aporte adicional el curso considera como un ingrediente esencial el trabajo en grupo colaborativo, procurando seguir el postulado constructivista que considera que el rol de la educación es mostrar a los estudiantes cómo construir conocimientos a través de la colaboración con otros y buscando con esta estrategia reemplazar la estructura basada en la competitividad por una estructura organizativa basada en el trabajo en equipo y el alto desempeño.

Para guiar el proceso de aprendizaje, el curso se encuentra constituido por cuatro módulos principales: 1) Identificación del problema/generación de la idea de inversión, 2) Estudios de Mercado, 3) Estudios Técnicos y 4) Estudios Financieros; para cada módulo se desarrollaron notas del profesor en presentaciones de power point, lecturas y bibliografía básicas escogidas por el profesor, casos de estudio aplicados, ejercicios aplicados y por último una guía de orientación para la redacción del documento correspondiente a cada módulo.

Las guías de orientación al final de cada módulo, aunque explícitamente no lo muestra pues describe básicamente los resultados a los que debe llegar cada equipo de trabajo, contiene implícitamente todas las actividades de aprendizaje que los estudiantes deben realizar para obtener los logros de cada módulo.

Como material didáctico que conviene resaltar, el aula consta de un anexo que se ha denominado ejemplos de aplicación, el cual se ha construido a través de la historia del curso con los documentos más sobresalientes de cada semestre y que a juicio del profesor agregan valor para la interpretación de las guías.

Dentro de este contexto, luego que cada grupo identifica en el primer módulo un problema, sea de connotación positiva o negativa en un sector de su entorno, se conforma lo que el autor denomina el subsistema proyectar con cada uno de los equipos de trabajo, en donde el profesor empieza a jugar el rol de la mente del decisor- el inversionista- y el equipo juega el rol de la mente del proyectista.

4. Descripción detallada de la estrategia didáctica aplicada:

El curso de la asignatura consta, como se anotó en párrafo anterior, de cuatro módulos claramente diferenciados pero que en conjunto conforman un proceso único- la formulación de un proyecto de inversión- Sin embargo, se evalúa el desempeño de los equipos en dos avances y una entrega final; es decir tres momentos de evaluación.

Los equipos cuentan con espacios de tiempo de cuarenta (40) días para la documentación, redacción y preparación de la sustentación de cada avance.

El proceso se sintetiza a continuación:

- Desde el inicio del curso los estudiantes pueden consultar en el catálogo: La parcelación que incluye la programación del curso semanal, el contenido del primer módulo del curso que incluye un material conceptual, casos de aplicación, una guía para la redacción del documento, ejemplos de aplicación elaborado por pares de cursos anteriores y una bibliografía de apoyo bastante específica.
- A partir de la segunda semana de inicio de clases, una vez conformados los equipos de trabajo, se empieza a controlar los avances realizados por cada equipo con el propósito de verificar la comprensión del material conceptual y el avance en los objetivos de aprendizaje; en esta sesiones se aprovecha para retroalimentar a los equipos e identificar las dificultades que experimentan.
- Los fines de semana se brinda una comunicación de ayuda y control conforme a lo observado en las sesiones de control de avance y se le anticipa al curso el tema a tratar en la próxima semana.
- Se controla la asistencia individual rigurosamente y se procura el cumplimiento de lo programado según cronograma.
- Los puntos anteriores se repiten para el segundo ciclo del curso y para el tercer ciclo.
- A medida que avanza el curso, las clases magistrales se reducen y se incrementan las sesiones de evaluación y control de avances de los equipos.
- De esta manera los estudiantes terminan siendo los protagonistas del proceso de enseñanza/aprendizaje asumiendo como rutina el autoaprendizaje del material conceptual y aplicándolo en sus avances de la investigación. El profesor a medida que avanza el curso se percibe como un tutor que acompaña y facilita el proceso.

5. Innovación en el proceso de evaluación de los resultados de los estudiantes:

Todo lo anterior conlleva que los integrantes de los equipos de trabajo generen por medio de esta metodología su proceso completo de aprendizaje, pero se requería una nueva herramienta de evaluación del aprendizaje pues se migraba de calificar problemas y ejercicios aplicados individualmente con solución determinística o única a calificar documentos y sustentaciones por equipo que no tenían solución única sino argumentos válidos o erróneos.

Una herramienta que se adaptaba perfectamente a ello eran las matrices de valoración o rúbricas ya utilizadas por el sistema educativo anglosajón para calificar precisamente documentos y pruebas orales.

Dentro de este contexto, se decidió experimentar con las rúbricas; pero para ello debían seguirse unos pasos claramente definidos:

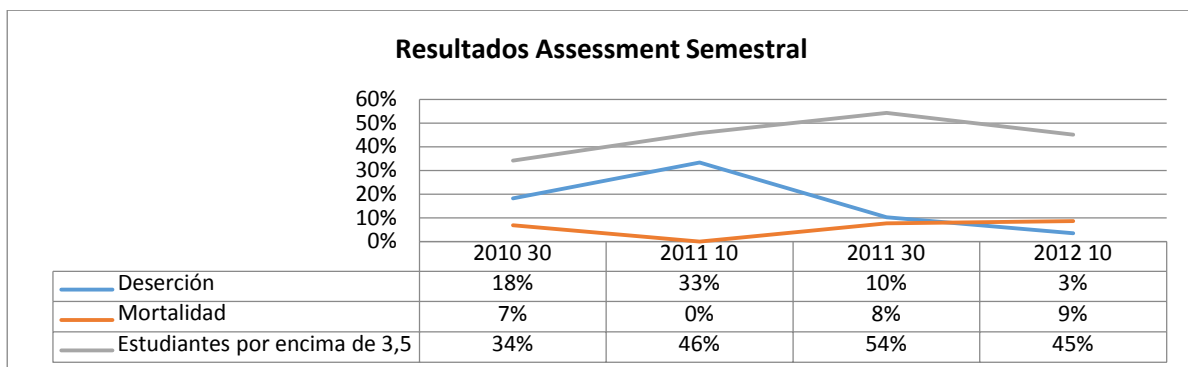
- Ante todo se definieron los objetivos de aprendizaje conforme a los objetivos marco del modelo ABET para las ciencias de las ingenierías.
- Luego se escogió la taxonomía del dominio cognitivo de Bloom (1956) en donde se proponía una rúbrica comprehensiva para valorar el desempeño de los estudiantes conforme a la demostración de las habilidades de pensamiento logradas a través de los documentos.
- Sin embargo las rúbricas comprehensivas resultaron muy ambiguas para los discentes.
- Por lo anterior se abandonaron las rúbricas comprensivas y se diseñaron rúbricas analíticas tomando como referencia, esta vez, la taxonomía de Bloom revisada por Anderson & Krathwohl en el año 2000.
- Éstas últimas resultaron ser más efectivas por su precisión, eliminando gran parte de la ambigüedad y por tanto brindando mucha más transparencia al proceso de evaluación de resultados de los alumnos.

En este sentido, la evaluación se orienta al desempeño del grupo y no del individuo, como de hecho ocurre en el ejercicio de la disciplina y atendiendo al carácter multidisciplinario de la misma.

Los criterios de valoración del proceso de aprendizaje de los estudiantes se basan en las categorías superiores de habilidades de pensamiento demostradas por los equipos de trabajo conforme a la taxonomía de Bloom mencionada.

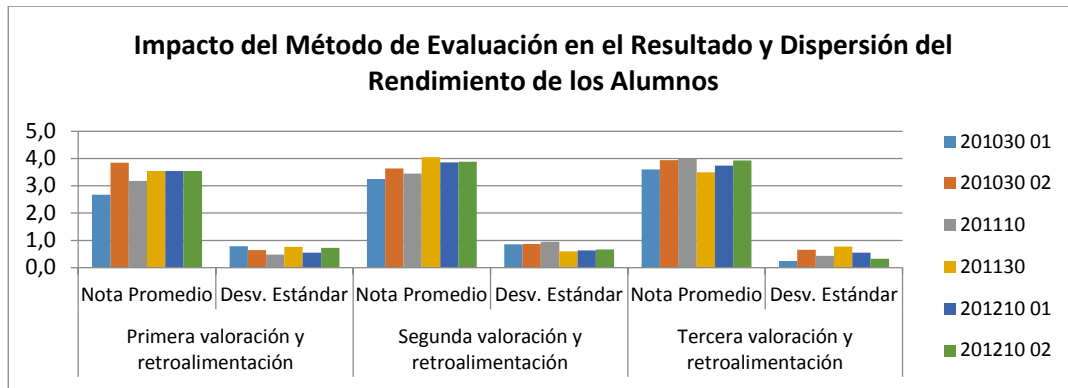
6. Resultados de la medición de los indicadores de impacto de la innovación propuesta:

- Deserción, mortalidad y porcentaje de estudiantes por encima del target del profesor.



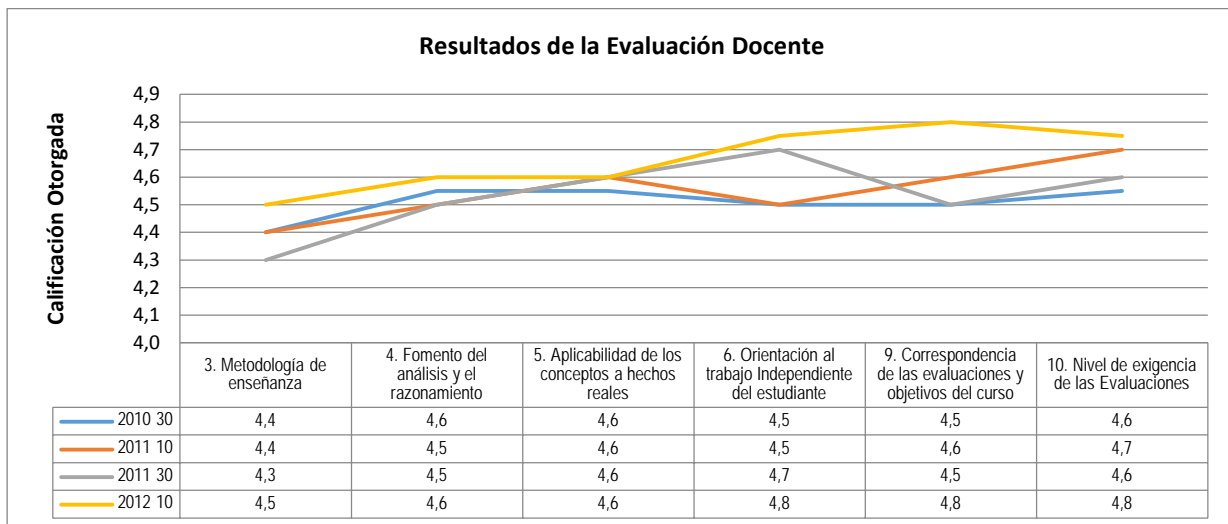
Fuente: Cálculos Equipo CEDU a partir de datos tomados de las Estadísticas de Assessment Semestral

- Impacto del método de evaluación en el progreso de los resultados de los estudiantes a medida que transcurre el curso



Fuente: Cálculos Equipo CEDU a partir de datos tomados de las Estadísticas de la Rúbricas Semestrales

➤ Impacto de la propuesta pedagógica en la percepción de los estudiantes



Fuente: Cálculos del Equipo CEDU a partir de las Estadísticas Suministradas por la Dirección de Calidad Académica

➤ Impacto en el aprendizaje

Resultados Comparativos Prueba Saber Pro 2011 1 - Formulación de Proyectos

Componente de la Prueba Evaluado	Nota Promedio Ing. Mecánica Uninorte	Desv. Est.	Nota Promedio Universidad del Norte	Desv. Est.	Nota Promedio Nacional	Desv. Est.
COMPRESIÓN LECTORA	10,5	0,9	10,3	1,2	9,9	1,1
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	12,3	1,6	11,7	1,1	11,1	1,2
PENSAMIENTO CRÍTICO	11,1	1,4	11,1	1,0	10,7	1,0
ENTENDIMIENTO INTERPERSONAL	11,1	1,2	11,1	1,0	10,6	1,0
INGLÉS	12,2	1,1	11,8	1,1	10,7	1,2
COMUNICACION ESCRITA	10,7	0,7	10,5	1,2	10,2	1,1

Fuente: www.icfes.gov.co. Consultada 25 de agosto de 2012

7. Conclusiones

Atreverse a Innovar es un salto al vacío no solo en el plantear el por qué- en el caso del autor de esta propuesta el dilema provino de la experiencia previa de cerca de 25 años en la práctica de la disciplina de la

gestión del ciclo del proyecto en el sector real-, sino también porque se debe estar preparado para tolerar la resistencia al cambio.

Se estima que se ha podido demostrar que se trata de una propuesta de cambio en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la teoría de proyectos que ha cumplido con los objetivos específicos mencionados en el inicio del documento y que por lo tanto ha demostrado su efectividad en los indicadores que miden la calidad de todo proceso pedagógico.

La experiencia ha logrado implementar con éxito cambios radicales en el abordaje conceptual y metodológico de la teoría de proyectos, en la aplicación de la estrategia didáctica basada en proyectos (AbP), en la aplicación de las rúbricas analíticas como herramienta de evaluación; así como también en el contenido curricular de la asignatura y en el uso intensivo de las TICs en la cotidianidad de la relación profesor/alumno.

8. Referencias

- ICFES (2011). Orientaciones para el examen Saber Pro (ECAES). Pruebas de competencias comunes del Área de Ingenierías. Versión Electrónica. Bogotá D.C. Consultado en el mes de abril de 2011 en: <http://www.icfes.gov.co/>
- Pellicer, E et al (2004). El proceso proyecto-construcción. Edit. UPV. Valencia (España). P.P 17-19
- Herbert, S. (2006). *Las ciencias de lo artificial*. México D.F: Comares.
- Blasco Font de Rubinat, J. & Estay Niculcarp, C. (2000). *El Universo de los Proyectos: Una epistemología sistémica para proyectos*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Consultado el 27 de abril de 2013 en: <http://cestay.wordpress.com/2013/04/10/el-universo-de-proyectos-una-epistemologia-sistemica-para-proyectos-2000/>

Sobre el Autor

- **Álvaro R. Mendoza Pinedo**, es ingeniero civil (1983), especialista en administración financiera (1994), especialista en desarrollo social (2003) y magister en administración de empresas (2009). Actualmente profesor catedrático y conferencista de posgrados en la Universidad del Norte. E-mail: mendoza@uninorte.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)