

ISSN 1900-8260

Junio de 2009 • N°. 7 • Pp 74-83 • Publicada en línea por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI- www.acofi.edu.co

Enviado: 30/04/2009 • Aprobado: 29/05/2009

MODELO DE APRENDIZAJE ACTIVO PARA DESARROLLAR HABILIDADES DE IDENTIFICACIÓN, FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ricardo Barros, Catalina Ramírez Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia)

Resumen

El diseño de organizaciones efectivas está ligado a la labor del ingeniero industrial que interviene en la concepción de dichos sistemas sociales. Lograr que el ingeniero se desempeñe apropiadamente en la habilidad de identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería requiere propuestas innovadoras en metodologías de aprendizaje. Teniendo en cuenta lo anterior, este artículo propone un modelo de aprendizaje activo para estudiantes que les permite integrar diferentes habilidades para que tengan la capacidad de intervenir efectivamente en una situación organizacional reforzando sus capacidades de observación, concepción e implementación de soluciones de ingeniería. El artículo consta de cuatro partes: 1) la identificación de algunas de las habilidades requeridas por los ingenieros; 2) una propuesta de modelo de aprendizaje activo que responda a esas habilidades requeridas; 3) dos casos de aplicación del modelo en ingeniería industrial; 4) conclusiones.

Palabras clave: Competencias ABET, educación en ingeniería, aprendizaje activo en ingeniería

Abstract

The design of effective organizations is relevant to the industrial engineer role who is involved in the conception of this kind of social systems. The objective is to reinforce the identification, formulation and solving engineering problems skills. Given the above, this article proposes an active learning model for students that allow them to integrate different skills related to the capacities of observation, design and implementation of engineering solutions. The paper consists of four parts: 1) the identification of some of the skills required by engineers, 2) a proposal for active learning model that reinforces these skills, 3) two cases of application of the model in industrial engineering; 4) conclusions.

Keywords: ABET Outcomes, engineering education, active learning engineering

Introducción

Tradicionalmente el aprendizaje en ingeniería ha sido asociado a conceptos técnicos que permiten al futuro profesional la identificación de problemas reales y el diseño innovador de soluciones. Típicamente estos conceptos técnicos son enseñados desde una visión tradicional del aprendizaje, teniendo en cuenta una transmisión de conocimiento e información del profesor al estudiante. Sin embargo, en un marco de un mundo conectado globalmente, se hace necesario que el ingeniero participe no sólo en el terreno de la producción de bienes y servicios, la tecnología, la construcción de vías, donde el conocimiento tecnócrata puede funcionar adecuadamente, sino también a la gestión de las organizaciones y el diagnóstico y mejoramiento de sistemas sociales.

En este contexto, el ingeniero debe ser capaz de resolver problemas sistémicamente y tomar decisiones efectivas. Por tal motivo, el ingeniero industrial que interviene en las organizaciones debería tener habilidades fruto del desarrollo de ciertas competencias que lo tornan buenos observadores, importantes ejecutores y excelentes interventores de las organizaciones. Es por ello que el departamento de ingeniería industrial de la Universidad de los Andes busca que sus estudiantes desarrollen las competencias promovidas por ABET (2007) tales como:

- Habilidades para diseñar y conducir experimentos así como para analizar e interpretar datos.
- Habilidades para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Formación integral necesaria para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social.

Para desarrollar tales competencias, los investigadores consideramos que las metodologías de aprendizaje donde el estudiante se vuelve un ente activo y relevante en el proceso, donde el aprendiz está inmerso en su propio aprendizaje, son fundamentales. Este estilo de aprendizaje es el que se denomina Aprendizaje Activo en Ingeniería (Hernández & Ramírez, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente artículo tiene como objetivo presentar y validar un modelo que pretende reforzar en los estudiantes de ingeniería habilidades para diseñar y conducir experimentos así como para analizar e interpretar, diseñar sistemas teniendo en cuenta las restricciones y para identificar formular y resolver problemas de ingeniería.

Marco teórico

Como primera medida cabe resaltar que existen varias concepciones sobre lo que significa un proceso de aprendizaje. En el presente estudio el aprendizaje es concebido como un proceso que lidera cambios duraderos de capacidad (motora, cognitiva, etc.) y que no son debido a la madurez biológica (Illeris, 2003). El proceso de generar cambios duraderos de capacidad se da a través de la interiorización de distinciones en nuestras acciones (Reyes & Zarama, 1998). Teniendo en cuenta que el aprendizaje es concebido como un proceso, éste se puede describir a través de ciertas actividades o etapas en un ciclo continuo, donde cada una de las etapas precede y sucede a otra de manera que se crean procesos de retroalimentación que permite el cumplimiento del objetivo del aprendizaje (Kolb, 1984).

Una etapa de este proceso consiste en "Distinguir", es decir, ser capaces de hacer distinciones en un particular dominio de acción. Esta etapa va unida de una incorporación de las distinciones en nuestra experiencia, teniendo en cuenta el dominio particular de acción (Reyes & Zarama, 1998).

De la anterior etapa se desprenden dos factores que influyen en el aprendizaje: la experiencia y el dominio particular de acción. Con respecto al primero, Kolb (1984) define el aprendizaje como el proceso a través del cual se crea conocimiento, mediante la transformación de la experiencia. Esta transformación se da mediante la observación reflexiva, la conceptualización abstracta y la experimentación activa. Lo anterior implica que además de "Distinguir", el aprendiz debe "Observar" y "Experimentar", para transformar dicha experiencia en aprendizaje.

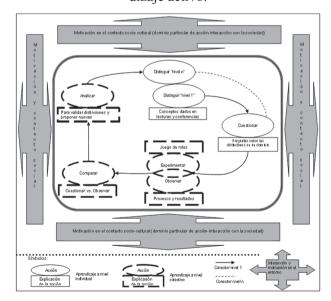
Con respecto al segundo factor, el "*Dominio* particular de acción" es definido como un espacio de interacciones sociales, donde las personas actúan y coordinan sus acciones para producir transformación en sus habilidades (Espejo *et al.*, 1996). En este

sentido, el aprendizaje puede ser visto como un proceso que se construye de manera natural en las interacciones sociales que hay entre los individuos (Laverie, 2006). De hecho, para que el aprendizaje tenga sentido, debe tenerse en cuenta la manera en que el individuo se relaciona con el "mundo real" y cómo estas experiencias personales se retroalimentan a partir de esta relación entre el individuo y el entorno (Kolb, 1984). Este espacio de interacciones sociales puede ser explorado desde dos diferentes perspectivas. Por un lado, el enfoque socio-constructivista, que se orienta a examinar la contribución del aprendiz, teniendo en cuenta el significado de las interacciones sociales. Por otro lado, el enfoque socio-culturalista que se basa en explorar la contribución de la cultura del aprendiz, teniendo en cuenta la influencia del contexto en el aprendizaje (Salkind, 2004). Aunque las dos perspectivas difieren en la forma de abordar el aprendizaje, ambas son necesarias para entender la influencia de las interacciones sociales en el aprendizaje (De Laat & Lally, 2005; Barros, 2009). Dicho aprendizaje, visto desde la dimensión social, es un proceso por medio del cual los individuos adquieren conocimiento como consecuencia de las interacciones grupales. Es decir, es un proceso construido colectivamente (Kreijns et al., 2003). En este proceso social se hace importante la motivación del aprendiz, es decir, los intereses, incentivos y emociones que tienen los aprendices en el dominio particular de acción y que es promovido por las interacciones sociales.

Adicionalmente, una condición necesaria para iniciar un proceso de aprendizaje es la declaración de quiebre (observación y reflexión de que no se conoce algo) (Reyes y Zarama, 1998). Esta declaración puede verse como una prueba o comparación de la experiencia previa con una nueva (Kolb, 1984) o un cuestionamiento (formular preguntas, hipótesis, explicaciones) sobre un fenómeno (Duque, 2006). Por lo tanto, se hace necesario que el aprendiz logre, en primera instancia, "Cuestionar" las distinciones presentadas en un particular dominio de acción. Como segunda medida, es un requisito que el aprendiz aprenda a "Comparar" y "Analizar" la información observada a través de la experimentación, para validar las distinciones, incorporarlas en sus acciones e inclusive, formular nuevas distinciones y cuestionamientos. Lo anterior garantiza el proceso de retroalimentación que evalúa las desviaciones frente al objetivo deseado de aprendizaje (Kolb, 1984).

Teniendo en cuenta el proceso de distinguir, cuestionar, experimentar, observar, comparar y analizar, unido a la influencia de la motivación y de las interacciones sociales en un dominio particular de acción, se puede propiciar el aprendizaje activo. Dicho aprendizaje está orientado a la acción, a la participación activa tanto física como intelectualmente (National Research Council, 2000). Se enfoca en desarrollar habilidades de alto nivel de pensamiento: analizar, sintetizar, evaluar. Reta a los estudiantes a pensar, hablar, escuchar, leer, escribir y reflexionar sobre el contenido del curso a través de actividades lo suficientemente complejas para que sea necesaria la construcción social del conocimiento (Laverie. 2006) y lo suficientemente cercanas al contexto del estudiante para que tengan sentido (Duque, 2006). Las actividades que propician aprendizaje activo pueden ser ejercicios de resolución de problemas, simulaciones, casos de estudios, juego de roles, actividades que requieran que los estudiantes apliquen lo que están aprendiendo, que aprendan haciendo. (Meyers & Jones, 1993). A continuación se encuentra nuestro modelo propuesto de aprendizaje activo que tiene en cuenta las condiciones planteadas previamente (Ver figura 1).

Figura 1: Modelo propuesto del proceso de aprendizaje activo.



Casos de estudio

Dentro de las actividades que propician un aprendizaje activo se encuentran los juegos de roles. Un juego de roles consiste en una actividad donde los participantes representan una situación particular, comportándose según unas reglas de acción predefinidas (Duque, 2006). Estas actividades tienen, particularmente, dos ventajas (Ma & Nickerson, 2006):

- Estudios previos han mostrado que la efectividad del proceso de aprendizaje está relacionada con las experiencias concretas en el mundo real (donde tanto experimento, como experimentadores estén presentes para resolver una tarea dada).
- 2) Estudios previos han mostrado que los juegos de roles promueven el aprendizaje desde tres niveles: conceptual, de habilidades sociales y de habilidades profesionales.

Basado en el marco teórico sobre aprendizaje activo propuesto, se diseñaron dos juegos de roles en los que cada estudiante pudiera participar activamente, no sólo con sus ideas, sino físicamente. El objetivo es que por medio de estos juegos de roles los estudiantes aprendan haciendo a identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

Caso 1: República de Terralíbera en el curso "Sistemas Públicos"

El curso de "Sistemas Públicos" tiene el propósito de contribuir al desarrollo integral de los estudiantes de ingeniería industrial en el campo de la administración pública. Este curso es parte del área de Gestión Organizacional que busca proveer a los estudiantes con las herramientas para diagnosticar, diseñar y estructurar diferentes sistemas organizacionales. Teniendo en mente esta finalidad, se diseñó un laboratorio que intenta reproducir la realidad a través de un juego de roles con una república imaginaria, donde el estudiante tiene un rol social, económico y político que jugar (Acevedo *et al.*, 2009).

Esta república democrática imaginaria fue bautizada "Terralíbera" para enfatizar la apuesta fundamental por la democracia y la libertad. Terralíbera consiste de un grupo de ciudadanos (estudiantes), con un sistema político parlamentarista, unas instituciones básicas, una constitución y cinco leyes iniciales. Estas leyes pueden ser cambiadas y otras más pueden ser propuestas por los ciudadanos durante el laboratorio,

teniendo como base el principio fundamental de la república: generar la máxima prosperidad a la nación, entendida ésta como la producción de conocimiento sobre sistemas públicos.

El sistema político parlamentario implica la creación de partidos políticos (de derecha e izquierda). El parlamento está conformado por 11 miembros elegidos por los ciudadanos afiliados a los partidos políticos establecidos

Durante el periodo académico hay tres debates públicos. Estos debates se ocurren entre los miembros del parlamento, teniendo como audiencia a toda la ciudadanía. El presidente del parlamento modera el debate. Como resultado del debate, los ciudadanos pueden registrarse en un partido político, lo que implica la elección de un nuevo parlamento. Esto a su vez puede resultar en cambios en las mayorías y por lo tanto, cambio del Primer Ministro. Lo anterior implica que un periodo de gobierno se extiende entre debates. Cada debate público envuelve un tema específico relacionado con: seguridad y orden vs. derechos políticos, problemáticas sociales y problemáticas sobre desarrollo económico. Cada tema debe ser debatido desde las posiciones opuestas de derecha e izquierda.

La expedición de nuevas leyes o los cambios a las existentes propuestas por el parlamento deben ser revisadas por la autoridad judicial pertinente, llamada "El Tribunal Supremo". El tribunal supremo está conformado por tres ciudadanos elegidos por el parlamento y dos profesores. La función del tribunal supremo es la revisión formal de las leyes a la luz del principio fundamental de la república de la máxima producción de conocimiento.

Por otro lado, la economía de Terralíbera está basada en la producción de sus ciudadanos: toda la producción académica es comprada ya sea por el sector privado (en este caso la "Cámara de Comercio de Terralíbera") o por el gobierno. Las compras del gobierno dependen de los fondos disponibles en el Tesoro, legislados a través de la ley de presupuesto y recolectados a través de impuestos (vía impuesto al valor agregado IVA, deducido de todos la producción pagada por el sector privado). Adicionalmente, existe el Banco Central, organismo encargado de llevar la

contabilidad de cada ciudadano, detallando todos los pagos recibidos. Al finalizar el curso el Banco usa una tabla de conversión establecida por ley para cambiar la cantidad de libertinos (moneda de Terralíbera, símbolo: L\$) por la nota final de acuerdo a los criterios de calificación de la Universidad.

Otro componente importante en Terralíbera es la prensa. Los grupos de prensa se pueden formar y disolver libremente durante el periodo académico y pueden escoger cualquier medio de difusión que deseen y su propia frecuencia de emisión. La prensa reporta noticias de Terralíbera, Colombia y el mundo. El trabajo de la prensa hace parte de la producción de Terralíbera.

Unido al laboratorio, existen tres tipos de trabajo académico que se convierten en producción para Terralíbera. Primero, basado en el material bibliográfico del curso, cada semana los estudiantes deben leer la referencia asignada y escribir un ensayo para ser vendido a la Cámara de Comercio, con los criterios establecidos por ley. Segundo, cada semana Terralíbera recibe la visita de conferencistas invitados (usualmente personas que han trabajado en el gobierno) y los estudiantes deben escribir un ensayo para presentar sus reflexiones sobre la conferencia y su relación con las lecturas de la semana. Tercero, cada semana se diseñan diferentes talleres donde los estudiantes participan activamente reflexionando sobre Terralíbera, Colombia y el mundo.

Por último, cabe resaltar que todo el diseño del trabajo académico y del laboratorio está apoyado por un grupo de profesores que monitorean el laboratorio, revisan y retroalimentan el trabajo académico y determinan el valor de compra de cada producto.

Descripción de cada etapa del modelo

Teniendo en cuenta las instancias de participación diseñadas para Terralíbera y el modelo de aprendizaje activo propuesto, presentamos a un nivel de detalle mayor, las fases del modelo en términos de las actividades del laboratorio.

Distinguir:

En esta etapa del proceso de aprendizaje los estudiantes realizan distinciones asociadas a libertad, democracia, capitalismo, Estado eficiente, entre otras. Estas distinciones las realizan con base en lecturas y conferencias teóricas y de actualidad. A partir de estas distinciones básicas, cada estudiante hace distinciones particulares teniendo en cuenta su rol y su ideología en Terralíbera (periodista, político, ciudadano de izquierda o de derecha), en el contexto de los talleres y los debates (social, político y económico). El laboratorio también promueve que las distinciones que se realizan estén asociadas con la actualidad tanto de Terralíbera como de Colombia.

Cuestionar:

En esta fase los estudiantes utilizan las distinciones realizadas para formular hipótesis, explicaciones, cuestionamientos y tomar posición sobre temas particulares propuestos en los talleres y debates. La metodología utilizada para promover esta etapa de cuestionamiento consiste en la realización de reflexiones críticas y discusiones por parte de los ciudadanos.

Uno de los temas sobre los cuales los estudiantes se cuestionan consiste en la razón de ser de la república. Aunque ellos se rigen por la constitución, todo el tiempo están cuestionando la aplicabilidad de las leyes con miras a maximizar la producción y del bien colectivo en Terralíbera. Además se cuestionan qué tipos de cambios normativos se deben hacer en el sistema para lograr este propósito.

Paralelamente, los estudiantes también se cuestionan sobre situaciones problemáticas de actualidad tales como: Conflicto armado (guerrilla, paramilitares, Ejército), matrimonio entre homosexuales, legalización del aborto, el pasivo pensional, deuda externa, déficit fiscal colombiano, narcotráfico.

Experimentar y Observar:

La experimentación y observación se realizan durante todo el juego, desde que los estudiantes realizan su afiliación política y revisan la constitución y leyes iniciales de Terralíbera. Continúa esta experiencia activa cuando asumen los diferentes roles (prensa, parlamentarios, primer ministro, presidente del parlamento, magistrados, banco central, cámara de comercio).

Los estudiantes también experimentan los cambios normativos que se aprueban en la república y que traen consecuencias en la producción tanto individual como colectivamente. De igual manera, se enfrentan a observar, durante todo el laboratorio, la actualidad colombiana.

Comparar y analizar:

Con base en la experimentación, la observación y el cuestionamiento de los estudiantes sobre las distinciones realizadas, se efectúan varios tipos de comparaciones y análisis. En primera instancia comparan las distinciones realizadas teóricamente en las lecturas con sus experiencias en el laboratorio y en la actualidad colombiana. Un primer resultado es el análisis de que no hay una forma única de abordar las problemáticas públicas.

Como segunda instancia, realizan la comparación de sus cuestionamientos individuales (entre miembros adscritos a una misma ideología) para consolidar su ideología sobre uno de los temas de debate (social, político, económico). Además, comparan estos resultados entre ideologías. Estas comparaciones y análisis se hacen explícitos en un documento ideológico, en artículos de prensa y en cada debate público.

Como tercera instancia de análisis los estudiantes comparan la experiencia vivida en Terralíbera, principalmente la problemática asociada a la maximización de la producción y el desarrollo del país, con la realidad colombiana.

Por último, las anteriores instancias de comparación y análisis sirven para que los estudiantes propongan nuevas distinciones que sirven de base a discusiones sobre la gestión pública.

Resultados

Teniendo en cuenta la puesta en marcha del laboratorio Terralíbera durante los semestres académicos del 2004-2 hasta el 2006-2, los resultados que presentamos a continuación muestran, básicamente dos aspectos: a) producción de los ciudadanos por tipo de participante y b) Aumento del PIB (producto interno bruto de Terralíbera) como consecuencia de estudios detallados y cambios en la legislación del país.

Basados en la hipótesis de que el estudiante más activo, está más motivado y a su vez, produce más (genera más aprendizaje), la figura 2 muestra que los

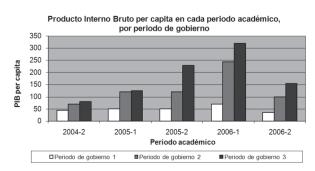
roles más activos de la república, políticos (con L\$ 360,6) y periodistas (con L\$ 333,62) generan mayor producción que los roles menos activos (ciudadanos sin participación activa).

Figura 2: Producción total por tipo de participación.



Basados en la hipótesis de que la gestión de organizaciones públicas se puede aprender a partir de un laboratorio, la figura 3 muestra que durante los periodos de gobierno en cada semestre académico se observó una evolución en la legislación de Terralíbera con miras a aumentar la productividad de los ciudadanos. Esta evolución en la legislación se fundamentó en tres vías: leyes que buscaban aumentar el número de oportunidades de producción o crear incentivos para aumentar el número de ciudadanos produciendo, leyes que buscaban aumentar la calidad de los trabajos y leyes que buscaban aumentar ambos temas (producción y calidad). La figura 3 muestra los cambios significativos que reflejan el proceso de aprendizaje activo en el laboratorio: los estudiantes hacen distinciones, cuestionan, observan, comparan, analizan la aplicación y resultados de las diferentes leyes, lo que conlleva a un aumento del PIB del país.

Figura 3: PIB per cápita por periodo de gobierno, en cada periodo académico.



Caso 2: Juego de roles sobre estructuras de comunicación y estrategias organizacionales en el marco del curso "Pensamiento Sistémico en las Organizaciones"

En el marco del curso "Pensamiento Sistémico en las Organizaciones" (PESO), del departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes se diseñó un proceso de aprendizaje activo mediante el cual los estudiantes entrañan conceptos relacionados con *estructuras de comunicación* y *estrategias organizacionales* efectivas para garantizar el buen desempeño de las organizaciones (Barros *et al.*, 2008).

Con respecto a los conceptos relacionados con estructuras de comunicación, el curso busca que el estudiante aprenda que estas estructuras se refieren al número y criterios de ordenación de los distintos canales de comunicación entre los miembros del equipo. (Shaw, 1976). Estudios previos han mostrado la influencia de diferentes estructuras de comunicación en la efectividad organizacional.

Por su parte, con respecto a estrategias organizacionales se han definido dos: cooperación y competencia. Por cooperación entendemos aquella situación social donde los individuos del equipo tienen objetivos interrelacionados de la siguiente manera: los individuos del equipo ven que sus objetivos se pueden lograr si y solo si los otros miembros del equipo pueden alcanzar sus respectivos objetivos. (Deutsch, 1968). Dicho de otra manera, si algún miembro del equipo logra su objetivo, los otros miembros, hasta cierto punto, logran sus respectivos propósitos. (Shaw, 1976). Por competencia entendemos aquella situación social donde los individuos del equipo tienen objetivos interrelacionados de la siguiente manera: los individuos del equipo ven que sus objetivos se pueden lograr sólo si los demás miembros del equipo fallan en la consecución de sus propios objetivos. (Deutsch, 1968). Dicho de otra manera, si algún miembro del equipo logra su objetivo, los otros miembros quedarán de alguna manera inhabilitados para conseguir sus respectivos propósitos (Shaw, 1976).

Descripción del caso en cada etapa del modelo

Distinguir

Las distinciones se realizan en función de dos conjuntos de conceptos organizacionales: a) Las distinciones realizadas por los estudiantes previa a la actividad: Liderazgo, Motivación, Incentivos, Habilidades de comunicación, Burocracia, Relaciones de Poder, Autorregulación, Trabajo en equipo, División del trabajo, confianza. b) Las distinciones realizadas en esta etapa del proceso las llamamos "Distinciones – Nivel 1". Estas distinciones son realizadas con base en clases y lecturas.

Cuestionar

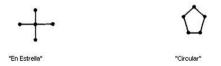
El proceso de cuestionar consiste en que los estudiantes generen hipótesis, preguntas, predicciones, explicaciones sobre el comportamiento de las distinciones aprendidas previamente en un contexto particular. Para lograr este propósito, primeramente se les informa que deben resolver un reto en grupo, bajo diferentes estructuras de comunicación y estructuras organizacionales. Luego se les dice que previo a la dinámica hagan una reflexión sobre cuáles y cómo las distinciones realizadas influyen en el desempeño organizacional. La reflexión requiere la indagación de conceptos vistos en clase y fuera de ella.

Experimentar y Observar

El propósito de la dinámica consiste en realizar en el menor tiempo posible la mayor cantidad de figuras de tangrama, teniendo en cuenta una secuencia de figuras pre-establecida, bajo diferentes *estrategias organizacionales* y *estructuras de comunicación*. A través de esta dinámica se busca que los estudiantes identifiquen las distinciones que más influyen en el desempeño organizacional, dependiendo de la estrategia y estructura de comunicación que estén analizando.

Para este juego de roles se ha tenido en cuenta dos estructuras de comunicación, tal como lo ilustra la figura 4. Cada nodo representa un participante y cada línea representa el canal de comunicación bidireccional permitido.

Figura 4. Estructuras de comunicación.



Con respecto a las estrategias los estudiantes experimentan dos tipos: la competitiva y la cooperativa. La estrategia competitiva consiste en que equipos de 5 estudiantes armen figuras de tangrama con una secuencia definida y el propósito es hacer el mayor número de figuras de la secuencia en el menor tiempo posible compitiendo entre equipos. La mitad de los equipos usan una estructura comunicacional en estrella y la otra mitad una estructura comunicacional circular. Por su parte, la estrategia cooperativa consiste en establecer 2 grupos, cada uno de 25 estudiantes que a su vez constituyen equipos de 5 integrantes para que armen figuras de tangrama con una secuencia definida. El propósito de cada *grupo* consiste en hacer el mayor número de figuras de la secuencia en el menor tiempo posible cooperando entre equipos bajo un tipo de estructura comunicacional pre-establecida. Uno de los grupos utiliza una estructura de comunicación circular y el otro una estructura de comunicación en estrella.

Comparar y Reflexionar

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en toda la dinámica, los estudiantes reflexionan con base en la comparación entre las hipótesis (preguntas) iniciales y la experiencia vivida en la dinámica. Los indicadores de efectividad organizacional que deben revisar son dos: El indicador 1 se define como el número de figuras por minuto, mientras que el indicador 2 consiste en el número de figuras por minuto por persona.

Resultados

En este caso los resultados de la dinámica muestran que según el número de figuras realizadas por minuto, la estrategia organizacional más efectiva fue la cooperativa, con una estructura de comunicación circular. Teniendo en cuenta el número de personas (número de figuras por minuto por persona), la estrategia competitiva fue mejor, independiente de la estructura de comunicación.

Para efectos de este estudio conviene mostrar cómo los estudiantes realizaron distinciones con respecto a la influencia que éstas tienen en la estrategia organizacional y la estructura de comunicación seleccionada. A continuación se presenta el análisis obtenido de la reflexión con los estudiantes y validado con los datos

y registros que se obtuvieron durante el periodo de experimentación. La Tabla No. 1 presenta los resultados por estrategia/estructura de las distinciones que resultaron significativas estadísticamente, basados en lo que evidenciaron los estudiantes.

Tabla 1. Distinciones significativas.

		Distinciones significativas
Estrategia organizacional	Liderazgo	
	Motivación	
	Incentivos	
	Habilidad de comunicación	**
	Relaciones de poder	
	Autorregulación	
	Trabajo en equipo	**
	División de trabajo	
	Confianza	**
Estructura de comunicación	Liderazgo	**
	Motivación	++
	Incentivos	
	Habilidad de comunicación	
	Relaciones de poder	**
	Autorregulación	++
	Trabajo en equipo	++
	División de trabajo	
	Confianza	++
++	Distinciones que los estudiantes evidencian como "significativas" en la estrategia competitiva o en la estructura circular	
**	Distinciones que los estudiantes evidencian como "significativas" en la estrategia cooperativa o en la estructura en estrella	

En el caso se observa que tienen una mayor influencia en la estrategia cooperativa distinciones organizacionales como la habilidad para comunicarse, el trabajo en equipo y confianza. En la estrategia competitiva no se encontraron aspectos altamente significativos. En cuanto a la estructura de comunicación, la confianza y el trabajo en equipo, sumados a la motivación y autorregulación tienen mayor relevancia en la estructura de comunicación circular. En la estructura de comunicación en estrella las distinciones significativamente relevantes fueron el liderazgo y las relaciones de poder.

Dados los resultados de la aplicación del Modelo propuesto en este caso de estudio, se realizó un nuevo juego de roles el semestre posterior cuyo objetivo principal era comparar el impacto de este tipo de aprendizaje en los estudiantes de ingeniería industrial, frente al aprendizaje tradicional donde el estudiante asume un rol pasivo en la clase (Ramirez *et al.*, 2008). De los resultados obtenidos en este nuevo estudio se pudo observar que para ambas estrategias organizacionales y estructuras de comunicación los estudiantes que participaron en el juego de roles basado en el modelo de aprendizaje propuesto, fueron más enfáticos que los estudiantes que no participaron. Este énfasis se evidenció en las distinciones "habilidades de comunicación", "trabajo en equipo", "liderazgo" y "confianza", que los estudiantes analizaron como aquellas que presentan mayor impacto en el desempeño organizacional.

Conclusiones

Con el Modelo de Aprendizaje Activo propuesto se pretende que el estudiante participe en un proceso dinámico de distinción, cuestionamiento, experimentación y comparación-análisis que le permita identificar, formular y resolver problemas típicos de ingeniería industrial. Los casos en los que se ha validado el modelo han contado con la participación de alrededor de 800 estudiantes del curso de Sistemas Públicos y 1400 estudiantes del curso de Pensamiento Sistémico en las Organizaciones.

Este Modelo es replicable en otro tipo de curso de ingeniería industrial donde, como en los casos pre-

sentados, los estudiantes adquieren habilidades para resolver problemas sistémicamente y tomar decisiones efectivas en un ámbito de Aprendizaje Activo. Así mismo se observa cómo el Modelo es aplicable en un curso completo, como en Sistemas Públicos, o en una actividad particular, como la presentada en Pensamiento Sistémico en las organizaciones.

En estos dos casos presentados, el diseño de los juegos de roles implica que el estudiante inicie el proceso de aprendizaje activo a partir de la etapa de "Distinguir". Sin embargo, cabe resaltar que dado que el Modelo de Aprendizaje en Ingeniería propuesto involucra un ciclo continuo de retroalimentación, se pueden diseñar otros casos o cursos donde los estudiantes inicien su proceso a partir de otra etapa (por ejemplo desde la "Experimentación" en un contexto real o desde el "Cuestionamiento" basado en restricciones del entorno).

Aunque con este Modelo se ha pretendido hacer énfasis en que el estudiante afiance sus habilidades para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería, por medio del mismo se potencia también la habilidad para diseñar y conducir experimentos sociales así como para analizar e interpretar datos. Adicionalmente este Modelo promueve el entendimiento del impacto de las soluciones de ingeniería frente a un contexto global, económico, ambiental y social.

Referencias

- ABET. (2007). Criteria For accrediting engineering programs. Engineering accreditation commission [en línea]. Consultado el 30 de octubre de 2008 en: http://www.abet.org.
- Acevedo, J., Barros, R., Ramírez, C., Realpe, N. (2009-enviado para publicación). Engineers and their role in public policy: An active learning experience for enhancing the understanding of the State. European Journal of Engineering Education, Vol., x, No. x, pp. xx-xx.
- Barros R., Ramírez, C., Stradaioli, K. (2008). Learning about the influence of certain strategies and communication structures in the organizational effectiveness. SEFI 36th Annual Conference, Aalborg, Dinamarca, Julio.
- Barros, R. (2009-enviado para publicación). Making computer-supported collaborative learning inclusive to improve students' mathematical problem-solving skills. Ubiquitous Learning: An International Journal, Vol. 1, No. x, pp. xx-xx.
- Cohen, A., Ennis, W., Wolkon, G. (1961). The Effects of Continued Practice on the Behaviors of Problem-Solving Groups. Sociometry, Vol. 24, No. 4, pp. 416-431.
- De Laat, M., & Lally, V. (2005). Investigating group structure in CSCL: some new approaches. Information Systems Frontiers, Vol. 7, No. 1, pp. 13-25.
- Deutsch, M. (1968). The Effects of Cooperation and Competition upon Group Process. In: Cartwright and Zander (eds). Group Dynamics: Research and

- Theory. Third Edition. Harper & Row, Publishers. New York.
- Duque, M. (2006). Competencias, Aprendizaje Activo e Indagación: Un caso práctico en ingeniería. Revista Educación en Ingeniería. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI. No. 2, pp. 7-18.
- Espejo, R., Schuhmann, W., Schwaninger, M., & Bilello U. (1996). Organizational transformation and learning: A cybernetic approach to management. Chichester, UK: Wiley.
- Hernández, J., Ramírez, M. (2008). Innovation and Teamwork Training in Undergraduate Engineering Education. The fair and the contest: milestones of innovation. 8th International Workshop ALE 2008, Bogotá, Colombia, Junio.
- Illeris, K. (2003). Towards a contemporary and comprehensive theory of learning. International Journal of Lifelong Education, Vol. 22, No. 4, pp. 396-406.
- Kolb, D. (1984) Experiential Learning: experience as the source of learning and development. Upper Saddle River, NJ:Prentice-Hall.
- Kreijns, K. Kirschner, P., & Jochems, W. (2003). Identifying the pitfalls for social interaction in computersupported collaborative learning environments: a review of the research. Computers in Human Behavior, Vol. 19, pp. 335-353.

- Laverie, D. (2006). In-Class Active Cooperative Learning: A way to Build Knowledge and Skills in Marketing Courses. Marketing Education Review, Vol. 16, No. 2, pp. 59-76.
- Ma, J., Nickerson, J. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. ACM Computing Surverys, Vol. 38, No. 3, Article 7.
- Meyers, G., Jones, T. (1993). Promoting Active Learning Strategies for the College Classroom. San Francisco: Jossey-Bass.
- National Research Council. (2003). Inquiry and the national science educational standards. National Academy Press.
- Ramírez C., Bermeo J., Barros R., Hernández R., Díaz F. (2008). Evaluating the impact of role-playing game in active learning in engineering education: a case study. 8th International Workshop ALE 2008, Bogotá, Colombia, Junio.
- Reyes, A., Zarama, R. (1998). Learning by playing: An application of the process of embodying distinctions. In: World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics: SCI98, Orlando, FL.
- Salkind, N. (2004). An introduction to theories of human development. California: Sage Publications.
- Shaw, M. (1976). Group Dynamics: The Psychology of Small Group Behavior. Second Edition. McGraw Hill Book Company. United States of America.

Sobre los autores

Ricardo Barros

Ingeniero Industrial y Magister en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes. Actualmente es estudiante doctoral de la facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia) y trabaja como Asistente Graduado Doctoral en el departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes. Sus áreas de investigación incluyen educación en ingeniería, ambientes virtuales de aprendizaje colaborativo, enfoque sistémico, teoría de redes sociales y gestión organizacional. r-barros@uniandes.edu.co

Catalina Ramírez

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 y Coordinadora del Programa de Ingeniería General en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia) mariaram@uniandes.edu.co

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