

## Educación en Ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo

Engineering Education: From traditional teaching to the active learning pedagogy

Karla Patricia Rodríguez Serrano\*  
 María Alejandra Maya Restrepo\*\*  
 Juan Sebastián Jaén Posada\*\*\*  
*Universidad de Antioquia (Colombia)*

\* Estudiante de pregrado, Universidad de Antioquia, Departamento de Ingeniería Industrial (Colombia). *karlarodriguez044@gmail.com*

\*\* Estudiante de pregrado, Universidad de Antioquia, Departamento de Ingeniería Industrial (Colombia). *alejandramayar@gmail.com*

\*\*\* Docente de tiempo completo, Universidad de Antioquia, Departamento de Ingeniería Industrial (Colombia) Doctor en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia. *jjaen@udea.edu.co*

**Correspondencia:** María Alejandra Maya Restrepo, Calle 67 No. 53 108, Of. 20-350, tel.: 219 55 75. *alejandramayar@gmail.com; alejis9@hotmail.com*

**Origen de subvenciones:** CODI: 14.000.000 (El Comité para el Desarrollo de la Investigación CODI es la instancia universitaria encargada de proponer políticas de investigación y fomentar el desarrollo de la misma en la Universidad de Antioquia, según Acuerdo Superior 204 del 6 de noviembre de 2001).

Departamento de Ingeniería Industrial: 11.177.915

Vicerrectoría de Docencia: 1.500.000

## Resumen

Ante las necesidades de un mundo cambiante que demanda el refuerzo de procesos creativos e innovadores, la formación de ingenieros se convierte en uno de los ejes estratégicos para una nación que quiera insertarse en la sociedad del conocimiento y potenciar su desarrollo. En este sentido, las metodologías activas de aprendizaje funcionan como las herramientas más adecuadas para conducir al ingeniero de hoy a un entorno educativo que lo prepare para los retos que la sociedad actual enfrenta. Este trabajo es una revisión de literatura sobre las metodologías activas más comúnmente implementadas y su uso en el proceso de enseñanza-aprendizaje en ingenierías. Se encuentra que el uso de las metodologías activas y las TIC han resultado ser muy exitosas en la formación de ingenieros y se presentan resultados de la aplicación de algunas de ellas.

**Palabras clave:** Aprendizaje activo, educación en ingeniería, metodologías activas, Tecnologías de la Información y la Comunicación-TIC.

## Abstract

In view of the needs of a changing world that demands the reinforcement of creative and innovative processes, engineering education becomes one of the most relevant issues for a nation pursuing its insertion and survival into knowledge society. In this respect, active learning methodologies are perceived as the most appropriate tools leading engineers to an educational environment that prepares them for the challenges faced by society. Our work is a review of the active learning methodologies frequently used by engineering colleges and their success like a sort of appropriate tools for inspiring motivation and creativity in student and teachers alike. Also, it finds that the implementation of active learning practices backed by technologies of information and communication has become in a recent source of good experiences and discoveries. The results of the implementation of some of them are presented.

**Keywords:** Active learning, active methodologies, Information and Communication Technologies, engineering teaching-TIC.

*Fecha de recepción:* 25 de agosto de 2011  
*Fecha de aceptación:* 13 de marzo de 2012

## 1. INTRODUCCIÓN

El mundo actual se encuentra en medio de dos tipos de sociedades: la sociedad de la información y la sociedad del conocimiento. Por sociedad de la información se entiende aquella con una creciente capacidad tecnológica para almacenar y divulgar un volumen considerable de información, a una velocidad que tiende a crecer exponencialmente [1]. Esto, de una manera técnica, es denominado la expansión del capital intangible [2]. De otro lado, la sociedad del conocimiento hace referencia a un tipo de sociedad que es capaz de hacer una apropiación crítica, y por tanto selectiva de la información que es adquirida y generada [2]. Es un tipo de sociedad que examina, analiza y crea una opinión para lograr asimilar de manera constructiva la información disponible. La sociedad del conocimiento, así mismo, es un tipo de sociedad que es abierta a compartir su saber y es capaz de reconocer el valor de su diversidad [3].

El conocimiento es sin duda una consecuencia del proceso enseñanza-aprendizaje. Por lo tanto, paralelo a una sociedad que conoce, está una sociedad que aprende y que debe indagar de manera crítica sus modelos de aprendizaje. De estas circunstancias nacen las metodologías activas de aprendizaje como una alternativa al esquema magistral de enseñanza, en la cual el estudiante es un sujeto pasivo de una educación que es presentada a través del conocimiento de un instructor. Petty, G. [4] afirma que se confunde una buena explicación con un buen aprendizaje, y que el instructor enseña básicamente con el esquema con el que este aprendió, el cual no necesariamente es el mejor. Por el contrario, las metodologías activas se refieren al ejercicio en el cual el estudiante aprende haciendo [5] e involucran un tipo de educación completamente enfocado en el rol del estudiante como constructor de su propio conocimiento [6]. Existe abundante literatura que describe el éxito de las metodologías activas como herramientas para el aprendizaje en cualquier área [7], [8] y otra en menor proporción, que prefiere ser más cauta [9]. Lo cierto es que, pese a la cantidad de trabajos que respaldan la utilización de las metodologías activas, su uso no se percibe muy generalizado en el mundo académico. El mismo término no es frecuentemente utilizado por muchos instructores, especialmente en la enseñanza en ingenierías, y a pesar de las experiencias prometedoras y la facilidad que brindan las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), el deseado cambio de paradigma hacia una educación basada en el aprendizaje activo, aún se espera.

El propósito de este trabajo es aportar al debate y conocimiento sobre el uso y la pertinencia de las metodologías activas, como una herramienta de la construcción de la sociedad del conocimiento y la educación en las ingenierías. Se presenta una revisión bibliográfica que comprende los antecedentes de las metodologías activas, así como las principales definiciones que se tienen sobre estas, y su importancia en la educación en ingenierías. Adicionalmente, se enumerarán las tipologías o metodologías más comúnmente implementadas y su apoyo en las TIC. Por ser inspirado este trabajo en una facultad de ingeniería, se dedicará una sección especial al uso de las metodologías activas en la enseñanza en ingenierías, y los resultados encontrados en su aplicación. Finalmente, se hará una discusión sobre lo encontrado en la literatura y del futuro de las metodologías activas en la educación.

## **METODOLOGÍAS ACTIVAS: TIC Y LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍAS**

El mundo de hoy, caracterizado por sus incesantes cambios, que en su mayoría se deben a los avances tecnológicos, demanda para los profesionales una constante actualización en conocimientos y educación. Se desea que la educación incorpore los contextos sociales, económicos y culturales, y que prepare personas que sean capaces de asumir nuevos retos. Los nuevos modelos de educación están en el foco de atención, pues se desea que sean diferentes de los tradicionales y que garanticen un aprendizaje de conocimientos acordes con las necesidades del momento [10]. Al respecto Sanz [10] afirma:

Quando la cultura y la sociedad cambian de manera significativa, la educación también debe cambiar para seguir desarrollando su función transmisora, de ahí que los profundos cambios que están generando, lo que llamamos *sociedad de la información* deban tener su reflejo en la educación.

Así pues, la educación que se imparte en las instituciones es atravesada por un sinnúmero de circunstancias externas a ella. A la vez, estas están impactadas por la educación, generando una interacción en la que tanto el contexto como el sistema educativo se realimentan para que la sociedad renueve sus conocimientos y se adapte a las modificaciones en las que está inmersa. Cuando se alude a los cambios a los que está sujeta la sociedad, es preciso también referir la ingeniería como un componente esencial de

esas transformaciones. Los ingenieros tienen el reto de generar bienestar a partir de la búsqueda creativa de soluciones que mejoren la calidad de vida de los demás [11]. Siendo este un gran reto, se apela también a la educación en ingeniería como un requisito indispensable para que el futuro ingeniero use el conocimiento y la creatividad en pro del cumplimiento de su misión. Así, Hazen [11] afirma:

Si queremos atraer al estudio de la ingeniería a estudiantes en la cantidad y calidad requeridas para atender a las necesidades de la sociedad futura, será necesario dar importancia a la creatividad y a la imaginación en todos los cursos, instando constantemente al estudiante a crear aplicaciones útiles de su talento.

Para desarrollar este tipo de habilidades es necesario poner en duda la efectividad absoluta de los métodos tradicionales de enseñanza y explorar otras alternativas. Frente a estos desafíos, se hace necesaria una reconceptualización de la formación del aprendizaje del alumno y el diseño de herramientas metodológicas que favorezcan la adquisición de habilidades y estrategias para la gestión, análisis, evaluación y recuperación de información [12]. Es entonces cuando empiezan múltiples esfuerzos por crear metodologías que permitan un aprendizaje más efectivo, más duradero y más adaptable, que forme un pensamiento más crítico y, por ende, más activo por parte de los estudiantes [13].

En concordancia con esos esfuerzos, actualmente se debate que las metodologías más apropiadas son aquellas centradas en el estudiante, es decir, aquellas en las que el profesor ceda su papel central al alumno, para que el aprendizaje sea un proceso constructivo y no receptivo [14], [15]. Estas nuevas metodologías son conocidas como metodologías activas, las cuales entienden la importancia de enseñarle al estudiante a “saber”, “saber ser y estar” y a “saber hacer”, es decir, se enfocan en los aspectos procedimentales, actitudinales y conceptuales del aprendizaje [16]. Además, estas estrategias promueven la adquisición de habilidades que permiten a los estudiantes juzgar la dificultad de los problemas, saber cuándo utilizar estrategias alternativas para comprender la información y poder evaluar su progreso en la adquisición de conocimientos [17]. Con el uso de las metodologías activas, según Gargallo [18], “se desea fomentar y garantizar un compromiso individual, logrando que los alumnos sean protagonistas

de su aprendizaje y lo construyan formándose criterios propios". Es este un argumento válido para considerar la importancia de estas estrategias y, fundamentalmente, para que los estudiantes comiencen a sentirse dueños de su aprendizaje a través de la implementación de aquellas en el quehacer educativo [19] - [21]. Las metodologías activas también recogen aquellas metodologías que se apoyan en la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) [22], posibilitando la realización de diferentes actividades no imaginables hasta hace poco tiempo [12].

Las TIC pueden definirse, según Castillo [23], como "todas las herramientas, procesos y apoyos orientados a mejorar y a optimizar la comunicación humana". Las TIC "facilitan la diversificación y flexibilizan las oportunidades de aprender cualquier cosa, en lugar y tiempo, así como atender a las diferencias individuales y de grupo" [23]. Un ejemplo de ellas, son las herramientas de aprendizaje conocidas como *Webquest*, las cuales están orientadas hacia la indagación, en la que la mayoría o toda la información utilizada por los alumnos se obtiene de Internet; presentaciones multimedia, que combinan diversos medios, tales como textos, gráficos, videos, animaciones y sonido para representar y transmitir información. Proyectos telemáticos colaborativos, y actividades de aprendizaje que utilizan Internet para permitir que los estudiantes trabajen en asocio con otros alumnos que se encuentran a distancia; así como discusiones *online*, las cuales brindan a los participantes la libertad de enviar y recibir información de forma eficiente desde cualquier parte del mundo.

Adicionalmente, las organizaciones manufactureras y de servicios han venido apoyándose en el uso de las TIC, con el fin de mejorar y controlar sus procesos. Las TIC están ampliamente difundidas en el campo industrial, donde las empresas han hecho inversiones importantes en estas tecnologías. Sin embargo, como lo afirman Novick M. *et al.* [24], tanto la difusión como los usos, muestran una serie de debilidades dentro de la estructura organizacional de las empresas. La razón principal para que esté ocurriendo esta situación en las compañías es que los empleados no han llegado a la empresa con una formación en el manejo eficiente de las TIC. Dicha problemática recae directamente en las instituciones de educación superior, donde se cuestiona su verdadero accionar de acuerdo con las nuevas demandas de la sociedad frente a nuevos conocimientos para el desempeño en el campo laboral. El cumplimiento de la tarea que tienen las institucio-

nes de educación de fortalecer el uso de las TIC se hace indispensable para una buena inserción del estudiante en la sociedad del conocimiento [25].

Las TIC, como lo han afirmado Solari y Germán [26], por sí mismas no producen cambios en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Su incidencia depende de la utilización que de ellas haga el docente, cómo las utilice, para qué las utilice, dónde las aplique y los criterios científicos que sustenten la aplicación, particularmente cómo se espera que ocurra el proceso de conocimiento y los efectos que se lograrán. De hecho, el gradual y cada vez acentuado uso de las TIC en la educación superior ha generado transformaciones en la estructura organizativa, clima organizacional y en la concepción tradicional de la docencia; por ello, las instituciones universitarias están llamadas a examinar la forma cómo han utilizado y utilizan estas tecnologías [27]. En términos generales, la incorporación de estas herramientas ha aportado a la construcción de cursos en línea para las materias con mayor índice de reprobación, y permiten que los estudiantes adquieran habilidades informáticas y de autoaprendizaje; también ha permitido iniciar una oferta de cursos a distancia para áreas de estudio con alta demanda [28]. De igual manera, para el logro de los objetivos de implementación de cursos a distancia se han utilizado plataformas educativas de gran relevancia en la comunidad académica, por ejemplo *E-status* que, según González [29], es una plataforma web que propone ejercicios a los estudiantes que se corrigen automáticamente.

Por otro lado, se encuentran las metodologías activas en las que las tecnologías de la información y la comunicación no cobran un papel tan relevante. Son metodologías esencialmente activas en cuanto se salen del típico modelo magistral de enseñanza donde la tarea de pensar es exclusiva del maestro e identifican una variedad de actividades que, bien dirigidas, pueden activar al estudiante y facilitarle su tarea de adquirir conocimiento. Por ejemplo, el método del caso consiste en la profundización activa de situaciones reales, detectando problemas y proponiendo estrategias de solución [30]. También se rescata el diálogo como un género que “ha demostrado ser un vehículo más eficaz para divulgar los conocimientos de cualquier disciplina que los convencionales tratados científicos” [31]. Finalmente, está el artículo de investigación como recurso didáctico orientado a cuestionar ideas inadecuadas sobre la ciencia [32].

En síntesis, el modelo de enseñanza-aprendizaje que propone el constructivismo (aprendizaje activo), sostiene la idea de que deben crearse espacios de reflexión en los que el estudiante llegue a ser más consciente de su propio aprendizaje.

## **METODOLOGÍAS ACTIVAS DE APRENDIZAJE MÁS COMÚNMENTE USADAS**

La gama de metodologías que apoyan el aprendizaje activo es amplia y se configura como un portafolio que incluye actividades con diferentes grados de complejidad. Dentro de estas se encuentran el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje cooperativo-colaborativo, el estudio de casos, el seminario de lectura y discusión o seminario alemán, y otros esquemas que potencian el aprendizaje autónomo del alumno [33]. A continuación se describirán brevemente las metodologías más representativas en el proceso de enseñanza aprendizaje en ingeniería:

- **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).** El ABP constituye una metodología activa de enseñanza-aprendizaje en la que los estudiantes abordan problemas en grupo, buscando obtener conocimientos acerca de la resolución del problema [34], [35].
- **Aprendizaje Significativo a través de la Resolución de Problemas (ASARP).** Esta es una propuesta metodológica activa, que busca facilitar la adquisición de un aprendizaje significativo a través de la resolución de problemas, la cual debe incluir actividades de aprendizaje y el uso de la teoría para resolver los ejercicios y ejemplos presentados en el aula. En el caso de las ingenierías, se centra en la interpretación del problema y no en el uso de fórmulas que se deben memorizar para resolverlo [36].
- **Videojuego y simulación.** Se utiliza la dinámica del juego para ayudar a los individuos a crecer, socializarse y aprender, ya que este permite romper barreras etarias, culturales o de comunicación y ayuda a la mejora del desempeño sociocultural [37] - [40].
- **Aprendizaje cooperativo – colaborativo.** El aprendizaje colaborativo es una técnica que se fundamenta en el trabajo en grupo, donde cada integrante deberá cumplir con la realización de una actividad con el fin



lograr un objetivo grupal. El aprender en forma colaborativa permite al individuo recibir retroalimentación y conocer mejor su propio ritmo y estilo de aprendizaje, lo que facilita la aplicación de estrategias metacognitivas para regular el desempeño y optimizar el rendimiento [41], [42].

- **Aprendizaje orientado a proyectos (AOP).** El AOP puede definirse como un método de enseñanza donde los estudiantes trabajan en forma autónoma y en grupos pequeños. El AOP consiste en involucrar a los estudiantes en proyectos reales que propicien la aplicación tanto de lo que se ha aprendido en la clase, como de las demás habilidades que cada estudiante ha adquirido durante su formación como profesional para solucionar los problemas asignados [43].

## RESULTADOS: ¿FUNCIONAN LAS METODOLOGÍAS ACTIVAS? LA EVIDENCIA

Evaluar el desempeño de las metodologías activas suscita una serie de cuestionamientos que devienen del concepto mismo de qué y cómo evaluar el aprendizaje [9]. Lo que se tiene aceptado es que el aprendizaje debería medirse considerando múltiples factores [44]. Infortunadamente, una información sólida de la evaluación de estos factores, a menudo, no está disponible, y lo que miden algunos de ellos puede tener resultados encontrados:

“El desarrollo de una determinada competencia no requiere sólo utilizar metodologías apropiadas, sino establecer métodos para poder valorar su grado de adquisición por parte de los estudiantes dependiendo de qué tipo de competencia se trate. Algunas competencias, tales como la capacidad de razonamiento crítico, o de síntesis, están más asumidas en los estudios de ingeniería, y es relativamente fácil buscar criterios para valorarlas [...]. Por ejemplo, Prince [9], citando los casos de Vernon y Blake [45] y Albanese y Mitchell [46], describe que mientras la metodología activa de aprendizaje basado en problemas mostraba el mejoramiento del desempeño clínico de los estudiantes de medicina, su desempeño en las pruebas escritas disminuía ligeramente. ¿Es esto una prueba del éxito o fracaso de las metodologías activas? Lo que es seguro es que es un resultado que tanto defensores como detractores podrían esgrimir para sostener su posición.

A pesar de las dificultades ya mencionadas, existe una gran cantidad de literatura que respalda el uso de las metodologías activas y que plantea métodos para medir su impacto [9], [47] - [50]. De hecho, trabajos como los de Froyd [47] son compilaciones de estudios que reportan casos positivos.

Muchos de estos estudios tienen una estructura bastante similar que, en la mayoría de los casos, parte de la comparación entre el desempeño académico de dos grupos de estudiantes. Los estudios, que en su mayoría son realizados en áreas relacionadas con las ciencias, ingenierías y matemáticas, casi sin excepción, reportan resultados exitosos en los que los estudiantes retienen más conceptos, desarrollan habilidades y presentan una mejor actitud hacia los contenidos. Otro aspecto común es que las metodologías que propugnan por la aplicación del conocimiento (aprendizaje basado en problemas), y que estimulan el aprendizaje cooperativo son las metodologías más frecuentemente puestas a prueba [49], [51] - [53].

A continuación se presentan algunos de los estudios típicos que ilustran la evaluación de la implementación de las metodologías activas en cursos relacionados con las ciencias naturales, ingenierías y matemáticas. Se muestra la metodología activa empleada y las áreas de enseñanza y resultados para cada una.

- **Aprendizaje cooperativo.** Hay varias experiencias relacionadas con la aplicación de esta metodología activa, cada una con áreas de enseñanza y resultados particulares. Por ejemplo, Springer *et al.* [54] mencionan ensayos realizados en el campo de las ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología, cuyos meta análisis demostraron que varias formas de pequeños grupos de aprendizaje generaban más actitudes favorables hacia este. Por su parte, Johnson *et al.* [52] trabajan sobre la enseñanza de las matemáticas e ingenierías y determina, tras estudiar una muestra de 168 grupos, que el aprendizaje cooperativo genera mejores efectos en las habilidades de los estudiantes que el aprendizaje competitivo y orientado a la competencia. Bowen [58], quien explora el proceso enseñanza-aprendizaje durante la enseñanza de la química, presenta el meta análisis como una metodología que permite encontrar qué estudiantes educados con metodologías activas tuvieron un desempeño de 14 percentiles más que la media. Sin quedarse atrás, Felder *at al.* [59], encontraron que estudiantes de ingeniería química tuvieron un mejor resultado

académico al ser ubicados en pequeños grupos de trabajo y bajo el uso de metodologías activas de aprendizaje.

- **Aprendizaje basado en problemas.** Analizando cursos de física y midiendo la ganancia promedio del aprendizaje entre los estudiantes, se encontró que 14 cursos con enseñanza tradicional obtuvieron una ganancia de  $0.23 \pm 0.04$  (SD). En contraste 48 cursos que usaron metodologías activas lograron una ganancia de  $0.48 \pm 0.14$  (SD) [49]. Rotgans y Schmidh [60] trabajan sobre la enseñanza de las matemáticas e ingenierías y miden el interés situacional de 69 estudiantes de formación politécnica. Se encontró que con el uso de metodologías activas enfocadas en el aprendizaje basado en problemas el desempeño de su interés fue mucho mayor. Adicionalmente, Tandogan y Akinoglu [48] miden el impacto del aprendizaje basado en problemas y obtienen un resultado positivo.
- **Instrucción de pares.** Matemáticas y física son las áreas de interés en este estudio. Con la implementación de la metodología *Peer Instruction* (Instrucción de pares) se encontró que los estudiantes asimilaron mejor los conceptos y se motivaron más para hacer trabajos [56].
- **Plataforma virtual E-status.** Se encontró que en estudiantes de matemáticas e ingenierías, la plataforma fomenta exitosamente el aprendizaje autónomo, además, permite al docente adaptarse a los diferentes ritmos de aprendizaje y lo libera de la tarea rutinaria de la corrección [29].
- **Plataforma web ILIAS, Web Quest.** Matemáticas e ingenierías. Aumentó en un 40% la asistencia del alumno a prácticas. En un 70% de los casos, el alumno consiguió aprobar la parte práctica de la asignatura. El ratio de alumnos que aprobaron la asignatura (es necesario aprobar por separado teoría y prácticas) fue de un 64% [66].

En la mayoría de estos trabajos, la técnica estadística más comúnmente utilizada es la de determinar el tamaño del efecto, el cual se mide como la diferencia entre los resultados de las medias de la población de control y la población sujeto, dividido entre la desviación estándar combinada [9]. Una mejora con un efecto de 1 significa que un grupo es mejor que el otro en una desviación estándar. Si bien algunos autores afirman que el tamaño del efecto debe ser al menos 0.8 [67], para ser calificado

como significativo, en la práctica, valores superiores a 0.5 pueden ser considerados como aceptables.

- **Varias metodologías.** Son diferentes autores los que indican los resultados obtenidos tras aplicar la combinación de diversas metodologías activas en la enseñanza de las matemáticas e ingenierías. Por ejemplo, según Wright [57], los estudiantes que trabajaron bajo metodologías activas presentaron muchas más habilidades que los otros que no fueron expuestos a ellas en el viejo currículo. Se encuentra además el caso del estudio que abordó la utilización del aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, trabajo cooperativo, prácticas en Matlab y exposición oral, cuyo efecto en los estudiantes se manifestó desde dudas previas y entusiasmo inicial hasta la decepción con el tiempo y el abandono de las experiencias de innovación. En general, una vez pasada la sorpresa inicial, las metodologías probadas no parece que logren por sí solas motivar al alumno que no está motivado de antemano [61]. Resultados contrastantes son mostrados por Borghi y Crescentini [62], quienes aplican metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo y resolución de problemas mediante el uso de programas adecuados (STORM, WINQSB, opciones de Excel, etc.), y logran afianzar de una mejor manera los conocimientos. De igual forma, la combinación del aprendizaje basado en problemas, uso de mapas conceptuales, estudio de caso y técnicas de aprendizaje cooperativo arroja resultados positivos, al incrementar los niveles de valoración de los métodos docentes y aprendizajes adquiridos por parte de los estudiantes [64]. Adicionalmente, Díaz [63] rescata los beneficios asociados a la utilización de los programas TREN y LEVA en estudiantes de ingenierías y matemáticas, y básicamente estos son la satisfacción del estudiante y la sensibilización del profesor sobre el esfuerzo del alumno. Existe además experiencia relacionada con la implementación del método del caso, aprender haciendo, trabajos en grupo y aula web ADD conjuntamente, con resultados positivos que se manifiestan, especialmente, en la habilidad ganada por el estudiante para afrontar su posterior vida profesional [65].
- **Ninguna.** Existen también casos en los que se prueba la enseñanza en ingeniería sin la ayuda de ninguna metodología activa. Se desarrolla un examen que mide el grado de apropiación del conocimiento que los

estudiantes tienen. Una encuesta a 900 estudiantes refleja que bajo los cursos tradicionales sólo un 20% de los conceptos son apropiados [55].

En síntesis, puede concluirse que existe una abundante literatura que defiende el uso de las metodologías activas y las sitúa como herramientas útiles que superan los resultados de la enseñanza tradicional.

## CONCLUSIONES

Sin duda alguna, las transformaciones que tienen lugar en la sociedad actual han determinado nuevas características en ella y por ende nuevas demandas. El acceso al conocimiento y a la información se ha convertido, progresivamente en una necesidad para todos los estamentos de la sociedad, pues este le ayuda a adaptarse y a construir su propio criterio, generando soluciones a problemas y retos de su propia evolución.

Las metodologías activas y las tecnologías de la información y la comunicación emergen como una alternativa para suplir eficientemente los requerimientos de profesionales bien capacitados para afrontar situaciones de la vida real en las que tengan que poner a prueba sus destrezas y capacidad de analizar, abstraer y modificar adecuadamente información de diversa índole. Es claramente anticipado por varios autores que estas estrategias no son activas en sí mismas, ni mucho menos la panacea para solventar las múltiples complejidades que los procesos de enseñanza-aprendizaje. Las metodologías activas son herramientas que iluminan una nueva manera de plantear el quehacer del maestro y del estudiante, por cuanto les permite redefinir su papel en el proceso y romper esquemas de la educación tradicionalista. En este sentido, y respondiendo al objetivo de las metodologías activas de enmarcar la educación en la problematización que active el pensamiento, es válido no sólo hablar de metodologías activas, sino también de enseñanza activa, y mejor aún, de aprendizaje activo, pues se hace referencia a un modelo que tiene que ser en su conjunto dinámico y activo.

Los resultados de las aplicaciones de las metodologías activas y las tecnologías de la información y la comunicación no pueden estandarizarse, pues dependen de múltiples variables, tales como características de la población, área del conocimiento en la que se implementan, forma de eva-

luación, capacitación por parte de los docentes, entre otras. Sin embargo, es posible encontrar referencias importantes acerca de experiencias que reportan resultados positivos en la aplicación de este modelo, verificables en el aumento de la motivación de los estudiantes hacia ciertos contenidos o en su rendimiento académico en las áreas sobre las que se experimentó, principalmente. Aunque es alentador el panorama en cuanto a lo que las metodologías activas y TIC pueden ofrecer, no lo es tanto en cuanto a la preparación que necesitan todas las instituciones en general para poder utilizarlas y aprovecharlas al máximo. Una buena educación en ingenierías, es quizá una de las necesidades más estratégicas para el desarrollo de una sociedad, y la forma como los estudiantes adquieran y apliquen esta educación será lo que determinará si la educación superior es un verdadero factor de transformación.

## REFERENCIAS

- [1] S. Siochru, and B. Girard, "Communicating in the information society", in *Information Technologies and Social Development*. Geneva: United Nations Research Inst. for Social Development, 2003, pp.180-195
- [2] P. David, and D. Foray, "Una introducción a la economía y a la sociedad del saber", *ISSJ*, vol. 171, pp.1-22, Mar. 2002.
- [3] F. Rivièr, "Towards knowledge societies". UNESCO, París, May 2005 [Online]. Available: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001418/141843e.pdf>
- [4] G. Petty, *Active learning works: the evidence*, 2nd ed. Aug. 2010 [Online]. Available: <http://www.geoffpetty.com/activelearning.html>
- [5] G., Gibbs, *Learning by Doing: a guide to teaching and learning methods* [Online]. Available: <http://www2.glos.ac.uk/gdn/gibbs/ch5.htm>.
- [6] M. Prosser, and K. Trigwell, *Understanding learning and teaching: the experience of higher education*. Buckingham: Open Univ. Press and SRHE, 1999.
- [7] J. Biggs, "Aligning assessment with intended learning outcomes: principles," in *Teaching for Quality Learning*, 2nd ed. Buckingham: SRHE and Open Univ. Press, 2003, pp. 163-194.
- [8] P. Ramsden, "The nature of good teaching in higher education" in *Learning to teach in higher education*, 2nd ed. London, England: Routledge Falmer, 2003, pp. 84-105.
- [9] M. Prince, "Does active learning work? A review of the research," *JEE.*, vol. 93, n.º 3, pp.223-231, July. 2004.
- [10] P. L. Sanz, "Metodología activa y aprendizaje autónomo con las TIC," *Rev. Dept. Didáctico de las lenguas y las Ciencias Humanas y Sociales*, vol. 24, n.º 1, pp. 1-20, 2003.
- [11] D. Hazen, "¿Está en crisis la enseñanza de la Ingeniería?," *Dyna*, vol. 52, n.º 2, pp. 47-52, Feb. 1977.

- [12] C. Ferro, A. Martínez, and M. Otero, "Ventajas del uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles". *Eduite* [Online] Available: [http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec29/articulos\\_n29\\_pdf/5Eduitec-E\\_Ferro-Martinez-Otero\\_n29.pdf](http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec29/articulos_n29_pdf/5Eduitec-E_Ferro-Martinez-Otero_n29.pdf)
- [13] B. Martínez-Cocó, J. García, and P. Robledo, "Valoración docente de las metodologías activas: Un aspecto clave en el proceso de Convergencia Europea.," *Aula Abierta*, vol. 35, pp. 49-62, 2007.
- [14] C. Begoña, N. Jesús, P. Ramón, C. Díez, M. Álvarez, J. Marbán, A. Caso, R. Fidalgo, O. Arias, D. Pacheco, and C. Rodríguez, "Valoración docente de las metodologías activas: Un aspecto clave en el proceso de convergencia europea," *Aula Abierta*, vol. 35, n.º 1,2, 2007.
- [15] C. Monereo y J. Pozo, "La cultura educativa en la Universidad", in *La Universidad ante la nueva cultura educativa: Enseñar y aprender para la autonomía*. Madrid: Síntesis, 2003, pp.15-32
- [16] A. Fernández, *Nuevas metodologías docentes*, España: Universidad Politécnica de Valencia, Feb, 2005.
- [17] R. Bruning, G. Schraw, and R. Ronning, "Cognitive approaches to science", in *Cognitive Psychology and Instruction*, 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1995, pp. 415-428.
- [18] A. Gargallo, "Metodologías activas en la dirección estratégica de la empresa: implicación de los alumnos en el análisis estratégico de la universidad," *RIE*, vol. 5, n.º 48, pp. 1-8, 2009.
- [19] R. Valdivia, "Las metodologías activas y el foro presencial: su contribución al desarrollo del pensamiento crítico", *Rev. Actualidades investig. Educ.*, vol. 10, n.º 1, pp. 1-18, 2010.
- [20] M. Roselló, "La aplicación de metodologías activas para la enseñanza de las ciencias jurídicas a estudiantes de primer curso," *RJIE*, n.º 1, pp. 95-106, 2010.
- [21] F. Tavera, "El trinomio interactivo conocimiento-profesor-alumno y su relación con la calidad de la enseñanza de la Ingeniería", in *La calidad de la enseñanza de la Ingeniería ante el siglo XXI*. México DF: Limusa, 2000, pp. 43-47.
- [22] B. Fainholc, "De cómo las TIC podrían colaborar en la innovación socio-tecnológico-educativa en la formación superior y universitaria presencial" *RIED*, vol. 11, n.º 1, pp. 53-79, 2008.
- [23] L. Castillo, "Una mirada a la academia y a la investigación en ambientes virtuales: sus características basadas en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)," *Perfiles*, vol 23, n.º 2, pp. 40-47, 2004.
- [24] M. Novick, S. Roitter y A. Erbes, "Empleo y organización del trabajo en el marco de la difusión de TIC en la industria manufacturera Argentina", en *sexto Congr. Nacional de Estudios del Trabajo*, Buenos Aires, 2003.
- [25] L. Colina, and S. Bustamante, "Educación a distancia y TIC: Transformación para la innovación en educación superior," *Redalyc*, vol. 8, n.º 1, pp. 100-122, 2009.
- [26] A. Solari y M. Germán, "Un desafío hacia el futuro: Educación a distancia, nuevas tecnologías y docencia universitaria," en *primer Congr. Virtual Latinoamericano de Educación a Distancia*, Argentina, 2004.



- [27] M. Sepúlveda y I. Calderón, "Las TIC y los procesos de enseñanza-aprendizaje: la supremacía de las programaciones, los modelos de enseñanza y las calificaciones ante las demandas de la sociedad del conocimiento," *RIE*, vol. 44, n.º 5, pp. 1-13, 2007.
- [28] J. Paredes y C. Valerio, "Evaluación del uso y manejo de las TIC'S en los docentes universitarios. Un caso mexicano," *RELATEC*, vol. 7, n.º 1, pp. 13-32, 2008.
- [29] J. González, "Plataformes digitals per aprendere activa i cooperativament, UPC, Catalunya, 2006-2007.
- [30] A. Durand, "El método del caso, una opción didáctica. Aplicación a la enseñanza de la Ingeniería Química," *Ing. Química*, n.º 426, pp. 135-141, 2005.
- [31] E. Martínez, "El diálogo, un género literario olvidado en la enseñanza de las ciencias," *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 17, n.º 2, pp. 333-341, 1999.
- [32] J. Campanario, "Algunas posibilidades del artículo de investigación como recurso didáctico orientado a cuestionar ideas inadecuadas sobre la ciencia," *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 22, n.º 3, pp. 365-378, 2004.
- [33] A. Cruz y A. Benito, "Metodologías activas: Aprendizaje cooperativo. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Método del Caso", en *Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Madrid: Narcea, 2005.
- [34] A. Trasobares y R. Gilaberte, "Aplicación del aprendizaje basado en problemas (PBL) bajo un enfoque multidisciplinar", *Conocimiento, innovación y emprendedores: camino al futuro*. Univ. de La Rioja España, pp. 30-43, 2007.
- [35] A. March, "Metodologías activas para la formación de competencias," *Educación Siglo XXI*, vol. 4, pp. 35-56, 2006.
- [36] S. Soto, I. Moreira, M. Sahelices y M. Concesa, "Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas", *Rev. INGENIARE*, vol. 17, n.º 1, pp. 27-41, 2009.
- [37] B. Marcano, "Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital," *Rev. TESI*, vol. 9, n.º 3, pp. 93-107, 2008.
- [38] G. Horacek y D. Levis, "La narrativa en los videojuegos: un espacio cultural de aprendizaje socioemocional", *Rev. TESI*, vol. 9, n.º 3, pp. 48-68, 2008.
- [39] N. Cosio, "Rompiendo mitos", *Rev. Comunic. y Pedag.*, n.º 208, pp. 35-41, 2006.
- [40] A. Cuello, "El uso de los videojuegos en la enseñanza no reglada," *Rev. Comunic. y pedag.*, n.º 208, pp. 71-74, 2005.
- [41] G. González y L. Matajira, "Aprendizaje colaborativo: una experiencia desde las aulas universitarias," *Educación y Educadores*, vol. 8, pp. 21-44, 2005.
- [42] M. Keyser, "Active learning and cooperative learning: understanding the difference and using both styles effectively", *Research Strategies*, vol. 17, n.º 1, pp. 35-44, 2000.
- [43] N. Morineaud y R. Zúñiga, "Aplicación de la Metodología Docente de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) a grupos reducidos a estudiantes," UACH, Chile. [Online]. Available: <http://sochedi2010.uach.cl/programa/ponencias/L21.pdf>.



- [44] T. Mbeki, "Education for all: meeting our collective commitments", UNESCO presented at World Education Forum, Paris, 2000.
- [45] D. Vernon, and R. Blake, "Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research", *Academic Medicine*, vol. 68, n.º 7, pp. 550-63, 1993.
- [46] M. Albanese, and S. Mitchell, "Problem-Based Learning: review of literature on its outcomes and implementation issues," *Academic Medicine*, vol. 68, n.º 1, pp. 52-81, 1993.
- [47] J. Froyd, "Evidence for the efficacy of student-active learning pedagogies", Mar. 2010. [Online]. Available: [http://ctl.iupui.edu/\\_assets/documents/nsf/2010-Mar-31\\_Efficacy\\_of\\_Research-based\\_Instructional\\_Strategies.pdf](http://ctl.iupui.edu/_assets/documents/nsf/2010-Mar-31_Efficacy_of_Research-based_Instructional_Strategies.pdf)
- [48] R. Tandogan, and O. Akinoglu, "The effects of problem-based active learning in science education on students' academic achievement, attitude and concept learning", *Eurasia J.* vol. 3, n.º 1, pp. 71-81, 2007.
- [49] R. Hake, "Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses," *AJP*, vol. 66, n.º 1, pp. 64-74, 1998.
- [50] C. Bonwell, and J. Eison, "Active learning: creating excitement in the classroom", *ERIC Clearinghouse on Higher Educ.*, Washington DC, (Sep. 1991). [Online], Available: <http://www.oid.ucla.edu/about/units/tatp/old/lounge/pedagogy/downloads/active-learning-eric.pdf>
- [51] J. Buck, and K. Wage, "Active and cooperative learning in signal processing courses", *IEEE Signal Processing Mag.*, vol. 22, n.º 2, pp. 76-81, 2005.
- [52] D. Johnson, R. Johnson, and K. Smith, "Cooperative learning returns to college: what evidence is there that it works?," *Change*, vol. 30, n.º 4, pp. 26-35, 1998.
- [53] H. Lang, and A. McBeath, *Fundamental principles and practices of teaching: a practical theory-based approach to reflective planning and instruction*, Toronto: Faculty of Education, University of Regina, 1992.
- [54] L. Springer, M. Stanne, and S. Donovan, "Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: a meta-analysis", *Review of Educational Research*, vol. 69, n.º 1, pp. 21-51, 1997.
- [55] J. Buck, M. K. Wage, C. Wright, T. Welch, "The signals and systems concept inventory", *IEEE Transactions on Education*, vol. 48, n.º 3, pp. 448-461, 2005.
- [56] C. Crouch, and E. Mazur, "Peer instruction: ten years of experience and results", *AJP*, vol. 69, n.º 9, pp. 970-977, 2001.
- [57] J. Wright, S. Millar, S. Kosciuk, D. Penberthy, B. Wampold, and P. Williams, "A novel strategy for assessing the effects of curriculum reform on student competence", *J. of Chemical Education*, vol. 75, n.º 8, pp. 986-992, 1998.
- [58] C. Bowen, "A quantitative literature review of cooperative learning effects on high school and college chemistry achievement", *J. of Chemical Education*, vol. 77, n.º 1, pp. 116-119, 2000.
- [59] R. Felder, P. Mohr, E. Dietz, and L. Baker-Ward, "A longitudinal study of engineering student performance and retention v. comparisons with traditionally-taught student", *JEE*, vol. 87, n.º 4, pp. 469-480, 1998.

- [60] J. Rotgans, and H. Schmidt, "Situational interest and academic achievement in the active-learning classroom", *Learning and Instruction*, vol. 21, n.º 1, pp. 1-10, 2011.
- [61] M. González, C. Barreiro, A. Monés, G. Manso, M. Batzán, C. Díez, B. Marcos, A. Hurtado y C. Pascual, "Aplicación de metodologías docentes activas en Ingeniería: Experiencia del grupo GREIDI", in 14.º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Madrid, 2006.
- [62] M. Borghi y J. Crescentini, "Enseñanza aprendizaje en investigación operativa," en 6.º Congreso Argentino de la Enseñanza en Ingeniería, Salta, 2008.
- [63] J. Díaz, Á. Rico y C. Jiménez, "Impacto de metodologías activas en el perfil académico y profesional del ingeniero técnico aeronáutico," en Jornadas Nacionales de Intercambio de Experiencias Piloto de Implantación de Metodologías ECTS, Badajoz, 2006.
- [64] M. Pinto, M. Matías, M. Peso, M. Fuente, A. López, A. Narros, I. Paz y J. Urreaga, "Estrategias educativas, en el contexto del ECTS., aplicadas en asignaturas de química de la titulación de ingeniero químico," en Jornadas de Intercambio de Experiencias Piloto de Implantación de Metodologías ECTS, Badajoz, 2006.
- [65] J. Fabra, J. García, J. Mazo y M. Domingo, "Experiencias docentes de metodologías activas en dos asignaturas técnicas con grupos reducidos," en 2ª Jornada de Innovación Docente, Tecnologías de la Información y de la Comunicación e Investigación Educativa en la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 2008.
- [66] S. López, "Una experiencia docente sobre el uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje de tipo activo en titulaciones técnicas," en primera Jornada sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las Titulaciones Técnicas, Granada, 2010.
- [67] J. Cohen, "The analysis of variance and covariance", in *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 386. 1988.