



Aplicación de la TRIZ en el Desarrollo de un Método para la Enseñanza de Ingeniería

Flores Herrera Jorge, Coello Pisco Silvia

Universidad Laica Vicente Rocafuerte, ULVR. Guayaquil, Ecuador
Universidad Estatal de Guayaquil, UG. Guayaquil, Ecuador,

ARTICLE INFO

Received: January 22, 2017
Accepted: February 21, 2017
Available on-line: May 1, 2017

Keywords: TRIZ, SoTL, Conceptual understanding, Multiple external representations, Teaching.

E-mail addresses:

ifloresh@ulvr.edu.ec,
silvicoell@gmail.com
silvia.coellop@ua.edu.ec

ISSN 2007-9842

© 2013 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The purpose of this study was to apply the TRIZ in combination with the SoTL to develop a teaching methodology to improve conceptual understanding of students in the Engineering. Conceptual understanding is the lynchpin of the entire teaching-learning process, which is to be achieved using multiple external representations. The development of this methodology has required the review of research in this area to have a scientific basis. It is hoped that this methodology conceptual understanding is achieved and that this approach is used by teachers of engineering career working as a guide to develop their classes and instructional materials.

El propósito de este estudio fue aplicar la TRIZ en combinación con el SoTL para desarrollar una metodología de enseñanza que mejore la comprensión conceptual de los estudiantes en la carrera de Ingeniería. La comprensión conceptual es el eje central de todo proceso de enseñanza- aprendizaje, el cual se va a conseguir utilizando las representaciones externas múltiples. El desarrollo de esta metodología ha requerido la revisión de trabajos de investigación en esta área para que tenga una base científica. Se espera que con esta metodología se logre la comprensión conceptual y que este enfoque sea utilizado por los profesores de la carrera de ingeniería como una guía de trabajo para desarrollar sus clases y los materiales instruccionales.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, nuestro avance científico y tecnológico ha permitido que la sociedad cambie continuamente su modelo de pensar y vivir y por consiguiente, las instituciones de educación superior están obligadas a cambiar: la admisión de una gran diversidad de estudiantes, la aplicación de las nuevas tecnologías de la comunicación e información y la adaptación a las diferentes prioridades educativas están presentes hoy en día (Huber & Hutchings, 2005). Por otro lado, para enfrentar este reto se requiere mejorar los procesos enseñanza- aprendizaje que se presentan en las aulas de clases de los diferentes niveles de educación, desde el nivel básico al superior. No obstante, esto se puede lograr aplicando el *Scholarship of Teaching and Learning* (SoTL) el cual se inició en los Estados Unidos y se expandió a diferentes países desarrollados. Adoptar el SoTL significa ver el trabajo en el aula con una actitud investigativa para dar respuesta a la pregunta ¿Cómo mejorar el aprendizaje de los estudiantes? y de esta manera lograr adelantos en los métodos de enseñanza (Huber, 2002).

Para dar respuesta a la pregunta ¿Cómo innovar los procesos enseñanza-aprendizaje en las instituciones de educación superior? La respuesta está en aplicar la Teoría Innovadora para la Solución de Problemas (TRIZ por sus siglas en ruso). La TRIZ es una metodología para resolver problemas de inventiva que no solo se puede aplicar en las áreas técnicas sino también en las áreas sociales (Oropeza, 2010). Por lo tanto, el propósito de este trabajo fue aplicar la TRIZ en combinación con el SoTL para desarrollar una metodología de enseñanza que mejore la comprensión conceptual.

SOTL

Para comprender el significado de SoTL es necesario definir que es la enseñanza y el aprendizaje. “Enseñanza es cualquier actividad que tiene la intención consciente y el potencial para facilitar el aprendizaje de los estudiantes” (Leamson, 1999). De acuerdo a la frase descrita, en el párrafo anterior la enseñanza es un acto intencional que crea las condiciones para que los estudiantes aprendan entonces ¿Cuál es la definición de aprendizaje? “Aprendizaje es un cambio relativamente permanente en el conocimiento de la persona o comportamiento debido a la experiencia” (Mayer, 1982). Según la cita anterior, el aprendizaje consiste en adquirir nuevos conocimientos, habilidades, actitudes y destrezas que posibiliten el cambio.

La definición de SoTL es: Observar el aula e identificar un problema relacionado con la enseñanza o el aprendizaje de los estudiantes. Investigar el problema aplicando los métodos de investigación científica apropiados, y finalmente aplicar y comunicar los resultados (Hatch, 2006). A manera de ejemplo. La observación del salón de clase muestra que los estudiantes no vienen preparados para la asignatura de “Resistencia de Materiales”. Tal situación, se presenta porque a los estudiantes no les gusta leer y lo que es más grave, no poseen el texto para estudiar. Para remediar esta situación se propuso entregarle el contenido de los conceptos centrales de la disciplina acompañado de una serie de preguntas que tienen que contestar después de la lectura. Esta actividad se decidió hacerla en clase para una mejor supervisión de la misma. Después de la actividad de lectura se explicó el concepto, encontrándose que la comprensión conceptual mejoró ostensiblemente y por supuesto la resolución de problemas. Se examinaron las respuestas y se encontró que ellos tienen fallas en la lectura comprensiva y que han olvidado los prerrequisitos de los conceptos bajo estudio porque no fueron capaces de definirlos. Todo está debidamente documentado y en el próximo semestre se realizará la investigación utilizando el enfoque cuantitativo en esta asignatura. Luego se compartirán los resultados con los colegas para hacerlos públicos. Se puede afirmar que el profesor: “investigo sobre su propia práctica, y reflexionó sobre su propia práctica.” (Hatch, 2006).

TRIZ

La TRIZ fue desarrollada por el ingeniero ruso Genrich Altshuller, quien al analizar las patentes presentadas encontró que solo existían 40 principios de inventiva. La definición de TRIZ es: *La TRIZ es una herramienta única, rigurosa y poderosa que guía a los ingenieros para comprender y resolver sus 'problemas...* (Gadd, 2011). Un problema es una brecha entre la situación inicial y la situación deseada. Resolución de problemas es transformar la situación existente a la situación deseada. Los problemas son rutinarios cuando todas las etapas críticas de la solución son conocidas. Los problemas son: no- rutinarios cuando por lo menos una etapa crítica de la solución no es conocida y de inventiva cuando por lo menos una etapa crítica y la solución misma son desconocidas (Savransky, 2000). Las características de una buena solución son: (1) Resolver una contradicción. Incrementar la idealidad del sistema. (3) Usar los recursos disponibles (Rantanen & Domb, 2008). La contradicción es una situación en donde al intentar mejorar una característica del sistema se desmejora otra característica del sistema (Terninko, Zusman & Zlotin, 2010).

COMPRESIÓN CONCEPTUAL

Debido a las múltiples interpretaciones que se le dan al término comprensión es importante dar sus características, entre las cuales se tienen: (1) conexiones, (2) estructuras, (3) desempeños, (4) construcción de conocimientos y (5) profundidad y tipo de conocimiento. La conexión es evidente ya que el estudiante trata de conectar la información nueva con la que ya posee. La estructura se construye a partir de la organización del conocimiento. El desempeño se lo observa por la capacidad de explicar, razonar, analizar, interpretar, relacionar, comparar, hacer analogías, inferir y generalizar. La construcción del conocimiento resulta cuando el estudiante construye su visión personal de aquello que está aprendiendo. La profundidad y el tipo de conocimiento se manifiestan cuando los estudiantes adquieren el conocimiento declarativo y el conocimiento procedimental a un nivel de profundidad que les permite pasar de novicio a experto (Pellegrino, 2006; Newton, 2000; Carpenter & Lehrer, 2006; Perkins, 1998; Star, 2005).

Para propiciar una enseñanza que promueva la comprensión conceptual se requiere que los profesores apoyen el proceso de aprendizaje significativo por medio de las siguientes acciones: (1) Creando tareas que sean significativas para los estudiantes. (2) Promoviendo el aprendizaje activo. (3) Estableciendo conexiones con el conocimiento previo que tienen los estudiantes. (4) Apoyando el proceso de aprendizaje. (5) Evaluando continuamente el aprendizaje de los estudiantes. (6) Brindando retroalimentación constantemente. (7) Promoviendo la aplicación del pensamiento metacognitivo y de las estrategias metacognitivas (Darling-Hammond, 2008).

OBJETIVOS INSTRUCCIONALES

Los objetivos instruccionales son una descripción detallada de lo que los estudiantes serán capaces de hacer al finalizar una unidad instruccional (Dick & Carey, 1985). El propósito de comunicar los objetivos a los estudiantes es crear en ellos una expectativa de lo que van a aprender y sobre lo cual su desempeño será evaluado y de igual manera contribuir a su autoeficacia (Gagne, 1985; Gagne & Driscoll, 1988).

REPRESENTACIONES MÚLTIPLES

Las representaciones múltiples externas “se refiere a la capacidad del discurso de la ciencia para representar el mismo concepto o procesos de diferentes modos” (Praire, Tytler, & Peterson, 2009). Además, las representaciones múltiples externas tienen el potencial de crear una comprensión conceptual profunda que es el propósito de este trabajo (Ainsworth, 1999; Ainsworth, 2006). Las representaciones múltiples externas se clasifican en representación verbal, representación pictórica, representación matemática, representación gráfica y representación simbólica. La representación pictórica ayuda a la comprensión de la representación verbal que involucra el concepto (Van Meter, Alesi, & Gardner, 2006). En lo que se refiere al orden de presentación unos estudios dicen que se mejora la comprensión conceptual cuando la representación verbal va primero que la representación pictórica, en tanto que otros estudios indican que es lo contrario.

EVALUACIÓN

La evaluación tiene dos componentes la evaluación formativa y la evaluación sumativa. La evaluación formativa acompañada de la respectiva retroalimentación es la que mejora el aprendizaje de los estudiantes y es la que mayor énfasis se le da en este trabajo. La evaluación formativa es proveer evidencia utilizada por los profesores y estudiantes para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje (Shute, 2009).

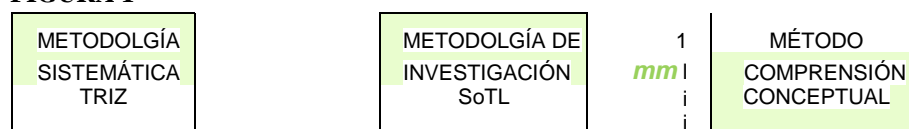
II. METODOLOGÍA

Esta metodología se desarrolló en primer lugar utilizando los 40 principios de inventiva de la TRIZ y se implementó siguiendo los lineamientos del SoTL y cumpliendo con el mismo se está haciendo pública para someterla a la crítica de los profesores. Para ello se fusiona dos metodologías, en primera instancia el TRIZ junto con SoTL en el cual utilizando la capacidad de creatividad del estudiante junto con los ambientes idóneos y las técnicas correctas de aprendizaje estamos generando un nuevo proceso de enseñanza cuyo fin es mejorar la comprensión conceptual de los participantes. Tal proceso lo ilustramos en la Figura 1 adjunta.

El núcleo de esta metodología son las representaciones externas múltiples, las cuales han probado no solamente ser útiles para lograr la comprensión conceptual sino también para representar los problemas que enfrenta en el ejercicio de su profesión el ingeniero.

PROCESO DE ENSEÑANZA

FIGURA 1



CREATIVIDAD; AMBIENTES DE; INNOVACIÓN; I APRENDIZAJE j; APRENDIZAJE; I DIDÁCTICAS
 TÉCNICAS DE J; ESTRATÉGIAS

III. RESULTADOS

Para crear una solución innovadora se revisaron los 40 principios de inventiva y se seleccionan los apropiados de acuerdo al problema que se va a resolver. En el presente caso se seleccionó el (1) Principio 1. Segmentación. Dividir un objeto en componentes individuales. (2) Principio 10. Acción contraria anticipada. (3) Principio 35. Transformación de propiedades. (4) Principio 38. Oxidación acelerada (Oropeza, 2010; Gadd, 2011; Savransky, 2000; Rantanen & Domb, 2008; Terninko, Zusman, & Zlotin, 2010). En la Tabla 1 se muestra la aplicación de los principios

TABLA I. Principios TRIZ aplicados a la metodología.

Principios aplicados	
Principio	Acción
Principio 1	Dividir el contenido en tres partes: Representación verbal, Representación, pictórica y Representación matemática
Principio 10	Entregar al estudiante el contenido de los conceptos centrales de la disciplina y preguntas para contestar
Principio 35	Adaptar el tiempo para cubrir el contenido a las necesidades de los estudiantes.
Principio 38	Crear un ambiente interactivo para mejorar el rendimiento de los estudiantes.

Las principales contradicciones son: la renuencia de los profesores a aplicar un nuevo método de enseñanza en el que tienen que invertir tiempo para aprenderlo; la lectura del contenido en la clase les quita tiempo para otras actividades que ellos realizan durante la misma y finalmente la falta de apoyo de las autoridades de la universidad (Hannan, English & Silver, 1999).

MODELO DE LA INTERVENCIÓN

El modelo de la intervención consta de las siguientes fases: la fase preinstruccional, la fase instruccional y la fase de evaluación (Flores & Briones, 2016). La misma que se muestra en la Tabla 2.

TABLA II. Fases de la Instrucción

Fase	Estrategia	Actividades
Preinstruccional	Presentación de los objetivos de aprendizaje.	
Instruccional	Presentación de la representación verbal del concepto.	Activación del conocimiento previo
	Presentación de la representación pictórica del concepto.	Activación del conocimiento previo.
	Presentación de la representación matemática del concepto	Activación del conocimiento previo.
Evaluación	Evaluación formativa.	Resolución de problemas
	Evaluación sumativa.	Resolución de problemas cualitativos y cuantitativos

Al aplicar esta nueva fusión metodológica se ha logrado mejorar la comprensión conceptual, ya se ha experimentado esta metodología en un curso de física y en curso de matemáticas y en los dos los resultados han sido significativos a un valor $p < 0.05$. Y lo que es más importante los profesores se han dado cuenta de que su implementación es fácil. En un principio se complementó la lectura del texto con las explicaciones del profesor, pero más adelante se pueden presentar animaciones, simulaciones, entre otras.

IV. CONCLUSIONES

La enseñanza es un proceso complejo que demanda de los profesores el conocimiento de métodos de enseñanza para lograr que los estudiantes al final del curso logren los objetivos instruccionales propuestos. Conocimiento que los profesores de estas cámaras no tienen. Por lo tanto, es importante poner a disposición de ellos una metodología de enseñanza bien fundamentada que les permita lograr que sus estudiantes alcancen la comprensión, en cualquiera de las disciplinas que ellos están dictando.

Para simplificar, el fin es promover el aprendizaje del estudiante y los resultados deseados se dan cuando el mismo estudiante muestra su grado de satisfacción por la metodología idónea empleada por parte del docente el cuál también en este proceso desarrolla su experiencia pedagógica, en otras palabras, el profesor debe pensar siempre en cómo enseñar mejor a los estudiantes de las diferentes cámaras de ingenierías en el campo o permitir su aprendizaje. Esta es sin lugar a dudas un punto importante para cerrar la conclusión.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos cordialmente a las autoridades de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, como a los estudiantes de la cámara de Ingeniería que hicieron posible este estudio y de los docentes que colaboraron en el mismo.

REFERENCIAS

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131-152.
- Ainsworth, S. (2006). DEFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198.
- Carpenter, T. & Lehrer, R. (2006). *Teaching and learning mathematics with understanding*. En E. Fennema & T. A. Romberg (Eds.), *Classrooms that promote mathematical understanding*, Mahwah, NJ: Erlbaum, 1999.
- Darling-Hammond, L. (2008). *Powerful learning: What we know about teaching for understanding*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Dick, W. & Carey, L. (1985). *The systematic design of instruction*. Glenview, IL: Scott, Foresman and Company.
- Flores, J. & Briones, C. (2016). *La Comprensión Conceptual y la Resolución de Problemas en el Aprendizaje de los Conceptos Desplazamiento, Velocidad y Aceleración*. Trabajo presentado en LASERA 2016.
- Gadd, K. (2011). *TRIZ for engineers: Enabling inventive problem solving*. London: John Wiley & Sons, Ltd.
- Gagne, R. & Driscoll, M. (1988). *Essentials of learning for instruction*. Englewood Cliff, NJ: Prentice Hall.
- Gagne, R. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction*, New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Hannan, A., English, S. & H. Silver, H. (1999). Why innovate? Some preliminary findings from a research project on innovations in teaching and learning in higher education. *Studies in Higher Education*, 24(3), 279-289.
- Hatch, T. (2006). *Into the classroom: Developing the scholarship of teaching and learning*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Huber, M. T. (2002). *Disciplinary styles in the Scholarship of teaching: Reflections on The Carnegie Academy for the scholarship of teaching and learning*. En M. T. Huber & S. Morreale (Eds.) *Disciplinary styles in the scholarship of teaching and learning: Exploring common ground*. Washington, DC: American Association for Higher Education.
- Huber, M.T. & Hutchings P. (2005). *The advancement of learning: Building the teaching commons*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

- Leamson, R. (1999). *Thinking about teaching and learning: Developing habits of learning with first Year College and university students*. Sterling, VA: Stylus.
- Mayer, R. (1982). *Learning*. En H. E. Mitzel (Ed.). *Encyclopedia of Educational Research*. New York: The Free Press.
- Newton, D. P. (2000). *Teaching for understanding: What it is and how to do it?* London: Routledge Falmer.
- Oropeza, R. (2010). *Creatividad e innovación tecnológica mediante TRIZ*. México: Editorial Panorama.
- Pellegrino, J. W. (2006). Rethinking and redesigning curriculum, instruction, and assessment: What contemporary research and theory suggest. *Paper commissioned by National Center on Education and the Economic for the New Commission on the skills of the American workforce*.
- Perkins, D. (1998). What is understanding? En M. S. Wiske, Ed. *Teaching for understanding: Linking research with practice*. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1998.
- Praire, V., Tytler, R. & Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6), 787-808.
- Rantanen, K. & Domb, E. (2008). *Simplified TRIZ: New problem solving applications for engineers and manufacturing professionals*. Boca de Raton, FL: Auerbach Publication.
- Savransky, S. (2000). *Engineering of creativity: Introduction of TRIZ methodology of inventive problem solving*. Boca de Raton, FL: CRC Press.
- Shute, V. (2009). Simply Assessment. *International Journal of Learning and Media*. 1(2), 1-11.
- Star, J. (2005). Reconceptualizing procedural knowledge. *Journal for Research in Mathematics Education*, 36(3), 404-411.
- Terninko, J., Zusman, A. & Zlotin, B. (2010). *Systematic innovation: An introduction to TRIZ*. Boca de Raton, FL: CRC Press.
- Van Meter, P, Aleksic, M. & Garner, J. (2006). Learner-generated drawing as a strategy for learning from content area text. *Contemporary Educational Psychology*, 31, 142-166.