

SOPORTE A LA CREATIVIDAD EN EL PROYECTO DE SEMESTRE UTILIZANDO TRIZ

Aguilar-Zambrano, J.^(p); Valencia, M.; González-Cruz, M^aC.

Abstract

This article presents a qualitative analysis of the effectiveness of the use of TRIZ, a systematic creativity strategy, as a tool to support the creative competency within the Semester Project in the curriculum of Electronic Engineering. The analysis is based on an experience carried out with second year students from the Pontificia Universidad Javeriana in Cali, Colombia. The Semester Project is a pedagogical activity seeking to boost different student competencies. The project is based on the formulation of a problem that must be solved by using more than one curriculum course currently taken by the students. The project is evaluated by a set of teachers throughout the semester. The results obtained show that the proposal of ideas using TRIZ is higher compared to those generated by trial and error without creativity technique. TRIZ's potential for engineering work is corroborated because it uses the accrued knowledge of designers over the years helping new generations attain this knowledge. It addresses, from the curriculum, the formation of professionals with abilities to face the new, oriented to projects, enterprises.

Key words: Creativity, TRIZ, Formation competences, integrated curriculum

Resumen

En esta comunicación se presenta un análisis cualitativo de la efectividad del uso de la estrategia de creatividad sistemática TRIZ como herramienta de soporte a la competencia creativa dentro del Proyecto de Semestre en el currículo de Ingeniería Electrónica. El análisis se realiza a partir de una experiencia llevada a cabo con estudiantes de segundo año de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali, Colombia. El Proyecto de Semestre es una actividad pedagógica para potenciar diversas competencias de los estudiantes. El proyecto parte de la formulación de un problema que debe ser resuelto utilizando más de una asignatura del currículo que están siendo cursadas por los estudiantes en ese momento y es evaluado por un conjunto de profesores a lo largo del semestre. Los resultados encontrados muestran que la proposición de ideas utilizando TRIZ es más alta comparada con las generadas por ensayo y error, sin técnica de creatividad. Se verifica el potencial de TRIZ para el trabajo de ingeniería porque se aprovecha del conocimiento acumulado de diseñadores a lo largo de los años para ser apropiado por las nuevas generaciones. Se atiende desde el currículo la formación de profesionales con capacidades para enfrentar las nuevas realidades organizacionales orientadas a proyectos.

Palabras clave: Creatividad, TRIZ, Competencias de formación, currículo integrado.

1. Introducción

Los procesos de formación de los estudiantes en ingeniería están enfocados actualmente al desarrollo de competencias que se entiende como el saber hacer en un contexto [1]. Por otro lado, se exige que las estructuras curriculares respondan explícitamente a los nuevos retos laborales del entorno [2] y que debe tenerse una mirada integral del currículo como un todo en contraposición de un agregado de asignaturas en el tiempo guiado por intereses

académicos [3]. El reconocimiento del contexto y la aplicación del conocimiento pertinente en ese contexto exige nuevas metodologías de enseñanza como también nuevas actitudes de los profesores y estudiantes para estos propósitos. El Proyecto de Semestre es una de esas nuevas metodologías que buscan mirar el currículo como un todo y formar profesionales con aptitudes para enfrentarse a la solución de problemas, con experiencias concretas realizadas desde la Universidad [4].

La creatividad es un elemento preponderante en el desarrollo de productos porque permite la generación de ideas que pueden posteriormente ser materializadas para el mejoramiento o la generación de nuevos productos. Existen diversas técnicas que potencian la creatividad, algunas enfocadas a una búsqueda interna personal para la inspiración (brainstorming, pensamiento analógico, listas de atributos, SCAMPER, y muchas mas) y otras, como TRIZ, que invitan al ingeniero diseñador a utilizar un conjunto de conocimientos ya elaborados por otros diseñadores para potenciar su inspiración [5].

El artículo se inicia con la presentación del Proyecto de Semestre, a continuación se describe en un forma global la estrategia de creatividad sistemática TRIZ y por último, se presenta la experiencia piloto realizada con los estudiantes de segundo año de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali, Colombia.

2. El Proyecto de Semestre

Desde el año 1996 en la carrera de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana seccional Cali, Colombia, se ha trabajado una estrategia pedagógica conocida como el Proyecto de Semestre. El Proyecto de Semestre es una estrategia en la formación de los futuros ingenieros que a partir de la enunciación de un problema práctico, el cual tiene relación con las asignaturas que el estudiante está cursando en el semestre, busca desarrollar un conjunto de competencias que serán de utilidad profesional tanto en la parte disciplinar como también en la actividad laboral. El proyecto de semestre se realiza cada semestre durante tres años de la carrera, desde el cuarto semestre al octavo semestre. En el cuarto semestre sólo involucra una asignatura y es la preparación del estudiante a este tipo de aprendizaje, basado en la enseñanza por proyectos, que en los semestres superiores va teniendo un mayor número de asignaturas asociadas.

En el Proyecto de Semestre se busca fomentar los siguientes tipos de competencias: las académicas, orientadas a fortalecer la formación disciplinar; las argumentativas, que le permitan proponer y defender una idea; las comportamentales, que le permitan reconocer los diferentes contextos para actuar adecuadamente en ellos; las comunicativas, que le permitan interactuar adecuadamente a través de diferentes medios de expresión; las conceptuales, que recogen los elementos fundamentales de los fenómenos para hacer un uso adecuado de ellos; y las creativas que le permiten proponer nuevas ideas para la búsqueda de soluciones [1].

2.1 Características del Proyecto de Semestre

El Proyecto de Semestre se inicia a partir del trabajo colectivo de los profesores de cada semestre académico. Estos profesores, antes de iniciar el semestre, definen el problema que será planteado al semestre en particular, eligen a un profesor coordinador del proyecto de semestre el cual se encarga de la coordinación del proyecto a lo largo del semestre y quien actúa como el contacto, alrededor de los asuntos del proyecto, con los estudiantes. Los profesores, al estilo de una Junta Directiva, interactúan con los estudiantes en tres momentos del semestre para recibir los resultados del proyecto y para orientar a los estudiantes en el proyecto. Se reconocen los siguientes elementos característicos dentro del Proyecto de Semestre:

- Formulación de un proyecto de complejidad media por parte del colectivo docente del semestre.
- Solución planificada del problema.
- Evaluación colectiva de los informes en forma periódica y programada.
- Documentación formal de los reportes técnicos que presentan los estudiantes.
- Verificación práctica y sustentada de los resultados del proyecto.

En la Tabla 1 se muestra la forma de evaluación del proyecto de semestre con base en los instrumentos que se utilizan y en función de los propósitos de la actividad académica.

Actividad	Instrumentos	Competencias Comunicativas, Argumentativas, Comportamentales	Competencia Académica	Competencia Conceptual, Metodología de la Investigación
Presentación de propuesta de solución al problema y cronograma	Documento escrito			X
Primera entrega y Segunda entrega	Documento escrito, Defensa oral	X X	X X	X
Entrega final	Paper Documento Defensa oral Ejecución	X X X	X X X	X X

Tabla 1. Características de evaluación del Proyecto de Semestre

3. La estrategia de creatividad sistemática TRIZ

La teoría de la resolución de problemas de inventiva TRIZ fue desarrollada por Genrich Altshuller y sus colegas en la antigua Unión Soviética en el año de 1946. Esta metodología, que combina principios y algoritmos, es actualmente utilizada en todo el mundo. La investigación de TRIZ parte de la hipótesis que hay principios universales de invención los cuales son la base para las innovaciones creativas que favorecen el avance de la tecnología [6]. Cuando esos principios son identificados y codificados pueden hacer los procesos de invención más predecibles. La investigación del equipo de Altshuller ha analizado a través de 50 años mas de dos millones de patentes, las ha clasificado por el nivel de inventiva y las ha analizado para identificar los principios de innovación. Los conceptos claves en la teoría TRIZ son la Idealidad, ARIZ, las Contradicciones, el Análisis Campo-Sustancia, las leyes de Evolución de los Sistemas y la Base de Conocimiento de los Efectos y Principios Inventivos [7]. En la actualidad, existen diversos trabajos del uso efectivo de TRIZ con otras metodologías de diseño de ingeniería como el Diseño Axiomático [8][9] que permiten ayudar al ingeniero en la solución efectiva de problemas.

En el trabajo de Altshuller se presenta un conjunto de herramientas para resolver problemas donde la noción de contradicción es un punto clave de la teoría TRIZ. Se afirma que mediante el análisis profundo de un problema se pueden identificar sus contradicciones inherentes. Las herramientas que provee TRIZ deben ser aplicadas cada vez que una contradicción ha sido identificada [10]. En la Figura 1 se muestra un panorama general del trabajo de Altshuller.

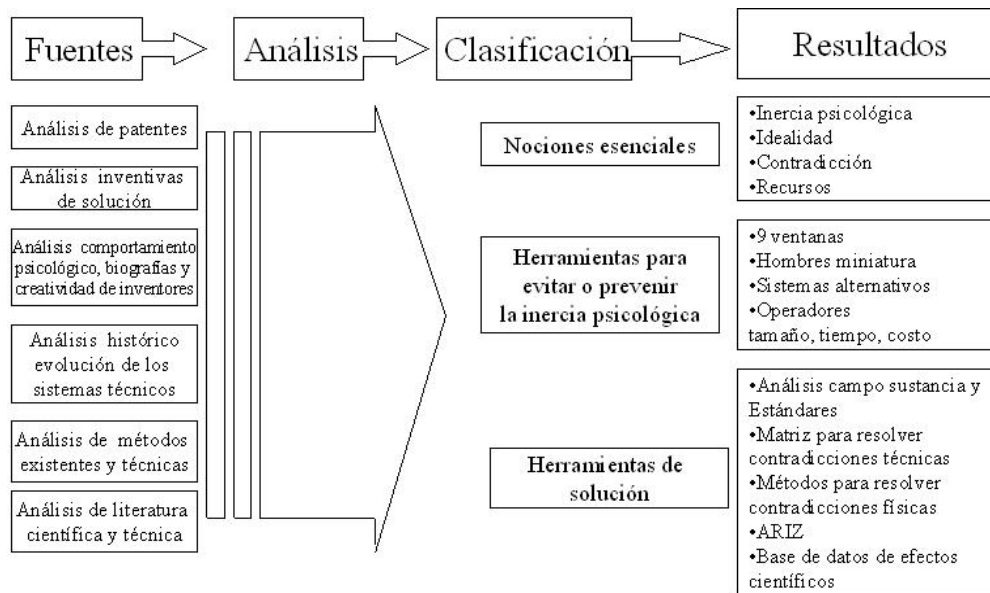


Figura 1. Campos analizados por Altshuller y sus resultados. Fuente: TRIZ, the Altshullerian approach to solving innovation problems. Cavallucci, D. Engineering Design Synthesis. Chackrabarti, A. (Ed). Springer 2002

A través de la metodología TRIZ, un equipo diseñador convierte inicialmente su problema de diseño específico en un problema general de diseño TRIZ (ver Figura 2). El problema general de diseño TRIZ proviene del análisis y clasificación de un gran número de problemas en diversos campos de la ingeniería y apunta a un conjunto de soluciones generales de diseño. Desde las soluciones generales de diseño, el equipo diseñador puede derivar soluciones particulares para su problema específico. Por lo tanto, la potencia de TRIZ está en su inherente habilidad para traer soluciones desde diferentes y aparentemente inconexos campos de conocimiento para llevarlas a un problema de diseño particular de tipo innovador.

Salamatov [6] afirma que *“los ingenieros usualmente piensan concretamente pero no sistémicamente. Después de establecer un problema a menudo concentran su atención sobre un objeto particular que debe ser mejorado. Por ejemplo: si el problema describe un árbol, sólo considera el árbol. En el pensamiento de sistema es necesario imaginar no sólo el árbol en sí mismo sino simultáneamente el bosque (supersistema) y separar las ramas y las hojas (subsistemas). Posiblemente la madera, el clima, las células de las hojas”*. En torno a este aspecto, que impide tener una visión amplia del problema, aparece el concepto de inercia mental que se refiere a las características internas y externas de las personas que les impide salirse de una forma predefinida de pensamiento convencional para acceder a operaciones mentales no convencionales.

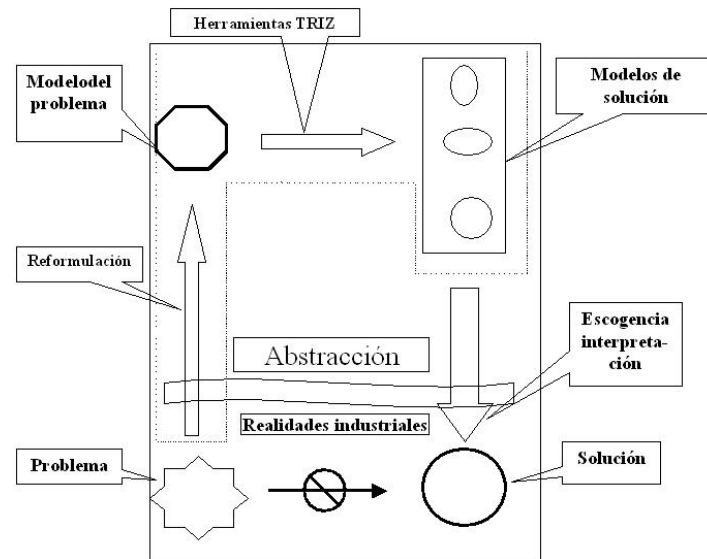


Figura 2. Característica de la metodología TRIZ para la solución de un problema

La Figura 3 muestra el diagrama de las nueve ventanas o multiventana que permite ampliar la visión de un problema y es una estrategia que se sugiere dentro de la teoría TRIZ para vencer la inercia mental. El eje horizontal está asociado con el tiempo donde se analiza un problema y el eje vertical con la estructura del problema. Se sugiere hacer un seguimiento de la estrategia según la numeración indicada en las ventanas para poder identificar las contradicciones asociadas con el problema [12].

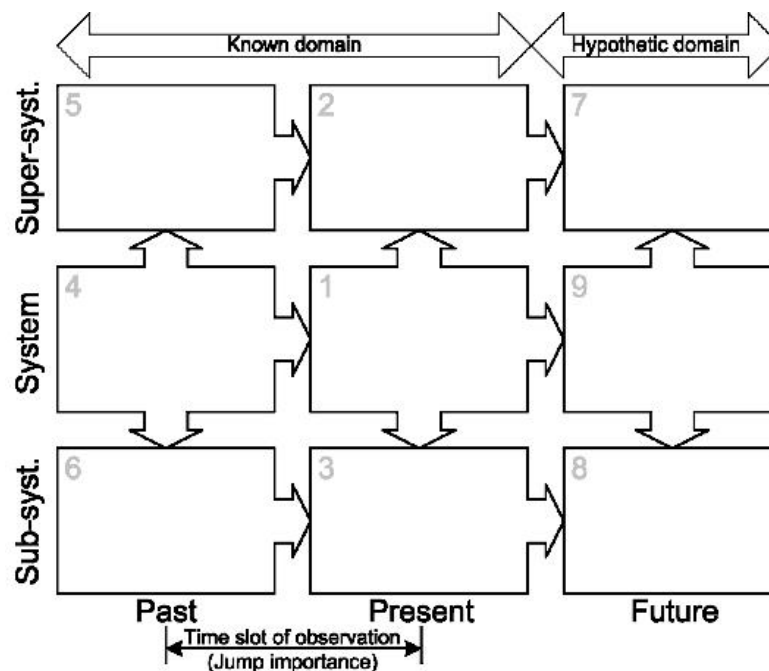


Figura 3. Diagrama de las nueve ventanas. Fuente: INSA.

3.1 La Matriz de Contradicciones

Una contradicción es una situación en la cual un parámetro se ve afectado negativamente por querer mejorar otro en el análisis de un problema. Por ejemplo, si se quiere hacer un dispositivo de medida muy **rápido**, la **seguridad** de la medida se ve afectada con los

métodos tradicionales. En este caso, el parámetro que se desea favorecer es la rapidez, pero el que se afectaría negativamente sería la seguridad.

Altshuller sugirió una matriz de parámetros que permite encontrar principios inventivos de solución de problemas a partir de la identificación de contradicciones en esos parámetros que resultan del análisis de un problema. Los parámetros originalmente propuestos fueron 39 y los principios inventivos 40. Los parámetros se pueden clasificar en tres grupos [11]: Parámetros comunes físicos y geométricos, Parámetros negativos independientes de la técnica y parámetros positivos independientes de la técnica. Las contradicciones se clasifican en contradicciones técnicas y contradicciones físicas. Una contradicción técnica es aquella que tiene los dos parámetros diferentes y una física es aquella que los tiene iguales.

Para el uso de la matriz de contradicciones debe identificarse inicialmente la Función Principal del sistema que se quiere diseñar y a partir del análisis de la Función Principal se encuentran las contradicciones. Con las contradicciones identificadas, se busca en la matriz la celda con los principios inventivos sugeridos para superar dicha contradicción. La celda resulta de la intersección del parámetro que se favorece (columna 1 de la Figura 4) con el parámetro que se desfavorece (fila 1 de la Figura 4). Las nueve ventanas permiten la identificación tanto de la Función Principal del Sistema como de las contradicciones del problema. Las contradicciones son identificadas en las transiciones de estado en el tiempo de las ventanas en un nivel del sistema, por ejemplo entre la ventana 1 y la 9 (ver Figura 3), puesto que para alcanzar un nuevo estado una o varias contradicciones deben ser superadas.

Con las contradicciones encontradas se procede a generar ideas particulares a partir de los principios inventivos sugeridos. La Figura 4 muestra un ejemplo del uso de la matriz de contradicciones, para una contradicción encontrada en el análisis de un problema que podría ser el diseño de una mesa resistente de bajo peso. El parámetro que se desea favorecer es el esfuerzo (14), pero el parámetro que se empeora es el peso del objeto estacionario (2) para el caso de una mesa tradicional. En la celda de la intersección aparecen los principios sugeridos para superar la contradicción y ayudar en el proceso de diseño. Para el ejemplo, los principios sugeridos son: 40, 26, 27 y 1 correspondientes al uso de materiales compuestos (40), Utilizar copias (26), Objetos desechables (27), y Segmentación (1). El orden de los principios sugeridos está asociado con la mayor frecuencia de uso en situaciones similares en otro tipo de problemas. Una posible solución podría ser construir una mesa con materiales compuestos como fibra de vidrio que posee alta resistencia y es de bajo peso aprovechando la sugerencia del principio 40.

	Worsening Factor->	Weight of Moving Object	Weight of Stationary Object	Length of Moving Object
	Improving Factor	1	2	3
1	Weight of Moving Object			15,8,29,34
2	Weight of Stationary Object			
3	Length of Moving Object	8,15,29,34		
4	Length of Stationary Object		35,28,40,29	
5	Area of Moving Object	2,17,29,4		14,15,18,4
6	Area of Stationary Object		30,2,14,18	
7	Volume of Moving Object	2,26,29,40		1,7,4,35
8	Volume of Stationary Object		35,10,19,14	19,14
9	Speed	2,28,13,38		13,14,8
10	Force	8,1,37,18	18,13,1,28	17,19,9,36
11	Stress or Pressure	10,36,37,40	13,29,10,18	35,10,36
12	Shape	8,10,29,40	15,10,26,3	29,34,5,4
13	Stability of object's composition	21,35,2,39	26,38,1,40	13,15,1,28
14	Strength	1,8,40,15	40,26,27,1	1,15,8,35
15	Duration of Action of Moving Object	19,5,34,31		2,19,9
16	Duration of Action of Stationary Object		6,27,19,16	
17	Temperature	36,22,6,38	22,35,32	15,19,9
18	Illumination Intensity	19,1,32	2,35,32	19,32,16
19	Use of Energy by Moving Object	12,18,28,31		12,28
20	Use of Energy by Stationary Object		19,9,6,27	
21	Power	8,36,38,31	19,26,17,27	1,10,35,37
22	Loss of Energy	15,6,19,28	19,6,18,9	7,2,6,13
23	Loss of Substance	35,6,23,40	35,6,22,32	14,29,10,39

Figura 4. Ejemplo de uso de la Matriz de Contradicciones

4. El uso de TRIZ en el Proyecto de Semestre

Se llevó a cabo una experiencia piloto para evaluar el potencial de TRIZ en el soporte a las competencias creativas dentro del Proyecto de Semestre. No se había trabajado anteriormente con estrategias de creatividad y los estudiantes utilizaban conocimiento extraído de textos de estudio, consultas de Internet y el brainstorming utilizado de manera intuitiva. La primera experiencia se realizó con estudiantes de segundo año de Ingeniería Electrónica que se inician en esta experiencia pedagógica y sólo involucra una asignatura correspondiente a Circuitos Eléctricos. El proyecto planteado fue la elaboración de un equipo que permitiera vaciar y pesar café en polvo en unos pesos definidos. El problema surge de una necesidad real en los pequeños productores de café orgánico en Colombia, que requieren de sistemas automáticos para este tipo de labor y poseen pocos recursos para adquirir una máquina automática para tal propósito.

Los estudiantes participaron en unas jornadas de instrucción de TRIZ, básicamente en el uso de la matriz de contradicciones y las nueve ventanas, y se complementó la instrucción con el uso del software CREAX Innovation Suite®. Las jornadas de orientación se realizaron en forma remota a través de video conferencia desde Valencia, España.

Para guiar el trabajo, en el uso de la matriz de contradicciones, se les solicitó a los estudiantes realizar una actividad acorde con el esquema de solución de problemas con TRIZ siguiendo los siguientes pasos:

- Clarificación del problema. Cada grupo debía afinar los requerimientos del sistema propuesto en el enunciado del Proyecto de Semestre.
- Reformulación del problema. Identificación de contradicciones. Cada grupo debía identificar tres parámetros que puedan favorecer el cumplimiento de los requerimientos del problema y a partir de ellos los que se perjudicarían. Se sugirió el uso de las nueve

ventanas con el propósito de ampliar la visión del problema e identificar las contradicciones..

- Solución genérica. A partir de las contradicciones, los grupos deberían encontrar los principios para solución utilizando la matriz de contradicciones
- Solución específica. Con los principios identificados cada grupo debería generar al menos dos ideas por cada uno de ellos para la solución del problema.

5. Los resultados obtenidos

Participaron en la experiencia de forma voluntaria 16 estudiantes organizados en cuatro grupos. Los grupos llevaron a cabo las tareas propuestas, identificaron las contradicciones a partir del análisis del problema, seleccionaron los principios sugeridos por TRIZ y generaron un conjunto de soluciones para su problema.

Para ilustrar el resultado del trabajo, uno de los grupos de segundo año de Ingeniería Electrónica presentó el análisis que se muestra en la Tabla 2.

Algunas ideas de los estudiantes generadas a partir de los principios fueron:

Principio 2. Separación. El circuito se debe separar por funciones de alimentación de potencia, de control de interruptores, de recepción de señales de la balanza, de visualización y de recepción de otras señales de administración y control.

Principio 5. Combinación. Utilizar una válvula solenoide que trabaje junto con los datos de la balanza para controlar el flujo de café.

Principio 35. Cambios de parámetros (estados físicos). Para una implementación industrial, el material en que se debe construir el prototipo debe ser acero inoxidable y además agregar un sistema de secado para evitar que el café se acumule e impida el flujo normal por el embudo principal.

		Factores perjudiciales		
		Consumo de tiempo (25)	Pérdida de sustancia (23)	Facilidad de fabricación (29)
Factores Favorables	Precisión de la medida (28)	28,34	10,16	6,35
	Facilidad de operación (33)	10,28	2,28	2,5
	Fiabilidad (27)	10,30	10,35	

Tabla 2. Uso de la matriz de contradicciones por un grupo de estudiantes en la experiencia con TRIZ en el Proyecto de Semestre.

Después de que los grupos entregaron los resultados de la experiencia con TRIZ, se realizó una discusión grupal para evaluar su experiencia. Se buscó indagar en los siguientes aspectos:

- El entendimiento del funcionamiento de la matriz de contradicciones de TRIZ.
- La ayuda de TRIZ al trabajo del Proyecto de Semestre.

- Las dificultades en la utilización de los principios TRIZ.

Los resultados demuestran que existe un fácil entendimiento por los estudiantes de ingeniería de la estrategia de creatividad sistemática TRIZ, particularmente de la matriz de contradicciones. Frente al apoyo que brinda la herramienta al Proyecto de Semestre los estudiantes consideran que es valiosa pero que requiere de mayor tiempo para entender la extensión de los principios. De acuerdo con esto se pudo verificar que los estudiantes restringían el uso de principios a la generación de ideas para aspectos asociados a los circuitos eléctricos en lugar de la visión general del problema.

De igual forma, los resultados han permitido generar una reflexión sobre la importancia de proveer herramientas para fortalecer la creatividad en los estudiantes de ingeniería como TRIZ. Sin embargo, en el caso particular del Proyecto de Semestre se requiere de una instrucción con mayor número de ejemplos para que el estudiante comprenda el significado de los principios inventivos y se aproveche de mejor forma su potencial, dado que por los resultados encontrados se percibe la inercia mental. Pese a que algunos autores, consideran que la escasez de conocimientos hace poco efectivo el uso de estas técnicas en los estudiantes de primeros años de ingeniería, los autores de esta comunicación consideran que estas deben ser propiciadas para favorecer la competencia creativa.

En la actualidad, los autores se encuentran realizando estudios empíricos con TRIZ para equipos de diseño multidisciplinar, lo cual permitirá analizar las características particulares de manipulación de las nueve ventanas y la identificación de contradicciones en estos equipos de trabajo.

6. Conclusiones

- De una forma cualitativa, comparado con las experiencias vividas por los autores en años pasados con el Proyecto de Semestre, se verifica que la proposición de ideas utilizando TRIZ es más alta y de mayor variedad que con la ausencia de técnicas de fomento a la creatividad. Los estudiantes, a partir de la metodología TRIZ, hacen mejor uso de la información que disponen proveniente de la revisión de sistemas similares e información disponible en Internet y se consigue mayor variedad de propuestas entre los diferentes grupos participantes.
- El conocimiento y uso de estrategias de generación de ideas en los cursos de ingeniería ayuda a fortalecer la competencia creativa de los estudiantes. Una fortaleza adicional, con el uso de TRIZ, es el cambio que se produce en la forma de generación de nuevas propuestas de solución de manera guiada y convergente que se alejan de la tradicional forma del ensayo y el error.
- Para los estudiantes de ingeniería, acostumbrados a los procedimientos y técnicas, TRIZ es una estrategia de fácil asimilación que les permite generar nuevos conceptos haciendo uso de la experiencia acumulada de muchos inventores a lo largo de la historia. Sin embargo, a diferencia de otras estrategias de creatividad más intuitivas, TRIZ requiere de un proceso de capacitación acompañado de ejemplos para apreciar mejor su fortaleza.
- El Proyecto de Semestre se ha visto enriquecido con la utilización de esta metodología que satisface una ausencia detectada dentro de la competencia creativa que no era trabajada de forma intencionada con los estudiantes.
- Las actividades pedagógicas integradoras como el Proyecto de Semestre, que tienen claramente definida su estructura de trabajo y se soportan con herramientas adecuadas para su realización, permiten atender desde el currículo la formación de profesionales

con capacidades para enfrentar las nuevas realidades organizacionales orientadas a proyectos.

7. Referencias

- [1] Aguilar, J y Rivera L. Elaboración de un currículo basado en competencias. Memorias de la XXV Conferencia Nacional de Facultades de Ingeniería ACOFI. 2005. Colombia
- [2] Yorke, Mantz and Knight, Peter. Curricula for economic and social gain. Higher Education Vol. 51:565-588. 2006
- [3] Koksai, Gulser and Egitman, Alpay. Planning and Design of Industrial Engineering Education Quality. Computers Industrial Engineering. Vol 35, Nos. 3-4, pp 639-642, 1998
- [4] Aguilar, J. El Proyecto de Semestre: una Actividad para la Formación de Líderes Académicos. Memorias de la XXI Conferencia Nacional de Facultades de Ingeniería ACOFI. Colombia, 2001.
- [5] Ogot, M y Okudan G. Systematic creativity methods in engineering education: a learning styles perspective. International Journal Education. Vol 22, No.3, pp. 566-576, 2006
- [6] Salamatov, Y. TRIZ: The right solution at the right time. Insyttec B.V. 1999. ISBN 90-804680-1-0
- [7] Goel, P y Singh, N. Creativity and Innovation in Durable Product Development. Computers Industrial Engineering Vol. 35 Nos. 1-2, pp 5-8, 1998.
- [8] Kang, Y. The method for uncoupling design by contradiction matrix of TRIZ, and case study. Proceedings of Third International Conference on Axiomatic Design, Seoul, June 21-24, 2004.
- [9] Shin, G. y Park, G. . Decoupling Process of a Coupled Design using Triz Modules. Proceedings of Fourth International Conference on Axiomatic Design. Firenze 2006.
- [10] Cavallucci, D. TRIZ, the Altshullerian approach to solving innovation problems. Engineering Design Synthesis. Amaresh Chakrabarti (Ed), 2002
- [11] Savransky, S. Engineering of Creativity. CRC Press, 2000. ISBN 0-8493-2255-3
- [12] Cavallucci, D. Theoretical grounding and principles of TRIZ. Course Handouts, Strasbourg. Insa. 2007

Correspondencia

Jaime A. Aguilar-Zambrano
Pontificia Universidad Javeriana –Cali/ Universidad Politécnica de Valencia
Dpto. de Ciencias de la Ingeniería y la Producción/ Dpto. Proyectos de Ingeniería
Calle 18 No. 118-250, Cali, Colombia. / Camino de la Vera s/n, Valencia, España
Teléfono: +57 2 3218200 / +34 963877000 ext. 75688
Correo electrónico: jaguilar@puj.edu.co; jaiagzam@doctor.upv.es