



## PREPARARSE PARA EL CAMBIO, UNA APROXIMACIÓN A LA INVENTIVA EN INGENIERÍA

Boccardo, Renzo<sup>(p)</sup>, (Universidad Simón Bolívar, Venezuela, [rboccard@usb.ve](mailto:rboccard@usb.ve))  
Lloveras, Joaquim, (Universidad Politecnica de Cataluña, España, [J.Lloveras@upc.edu](mailto:J.Lloveras@upc.edu))

### Resumen

El curso de “Metodología del Diseño” es impartido como una asignatura obligatoria dentro del plan de estudios de Ingeniería Mecánica en la Universidad Simón Bolívar, desde hace más de 20 años. En este curso se cubren temas sobre el diseño en general, la creatividad y las diferentes metodologías de diseño.

Como complemento a este curso, se ofrece además una asignatura de carácter optativo llamada “Teoría de la Invención”, de reciente creación, en donde se tocan con mayor profundidad tópicos referentes a la inteligencia, la creatividad, la fisiología del cerebro, el pensamiento humano y se presentan casos de estudio del pensamiento creativo en la ingeniería de diseño, en el diseño de productos y en los procesos de producción.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar de manera cualitativa, el cambio en el potencial creativo de los estudiantes cursantes de ambos cursos, con miras a resolver el siguiente cuestionamiento: ¿El conocer, comprender y ejecutar las diferentes técnicas, métodos y metodologías para el trabajo creativo, de alguna manera ayuda significativamente a la resolución de problemas concretos?

La metodología empleada es la evaluación inicial y final del potencial creativo, a fin de esbozar los resultados preliminares sobre la influencia, que sobre esta variable tiene, el conocimiento de las diferentes técnicas, métodos y metodologías para el trabajo creativo y la comprensión de los procesos internos de pensamiento. Para esta evaluación se cuenta con la prueba “Crea, una medida cognitiva de la creatividad”.

Como resultados preliminares se observa un crecimiento del potencial creativo de los estudiantes, producto de conocer y comprender las diferentes técnicas metodológicas directamente aplicadas al diseño, y los procesos de pensamiento involucrados en la obtención creativa de soluciones. Estos cambios se evidencian en los resultados cuantitativos de las pruebas realizadas con el “Crea”.

Palabras Clave: Formación, diseño, creatividad

### Abstract

The course on “Design Methodology” has been taught as an obligatory subject in the Mechanical Engineering curriculum at the University Simón Bolívar, for more than 20 years. These courses comprise general topics on the design creativity and the main design methodologies.

This course offers Invention Theory as a complementary subject. Recently, this course also offers an optional subject on “Invention Theory” where several topics related to intelligence creativity, brain



physiology, human thinking process are taught showing at the same time study cases on creative thinking in engineering design, product design and production processes.

The main goal of this work is to study qualitatively the students' creative potential change, taking both subjects (courses) the following question: Does knowing, understanding and executing the different techniques, methods and methodologies to perform creative work, helps in anyway significantly concrete problem solving?

The employed methodology entails initial and final evaluation of creative potential in order to outline preliminary results of the effect that knowledge of the different techniques methods and methodologies for creative work, and understanding the thinking processes has on such variable. To perform this evaluation we rely on "Crea, a cognitive measure of creativity".

We have observed a growth of the students' creative potential as a byproduct of knowing and understanding the different methodological techniques applied to design, and the thinking processes involved in creative problem solving. These changes are evident in the quantitative results of the test carried out with "Crea" measurement.

Key words: Education, design, creativity.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La ingeniería esta enfocada en resolver problemas de índole técnico, aplica los conocimientos provenientes de las ciencias puras a fin de generar nuevos productos, procesos o servicios necesarios, para el mejoramiento de la calidad de vida. Para ello una de las ramas de las que se vale la ingeniería es el diseño, el cual "*... es un proceso cuyo objetivo es transformar los recursos en sistemas o productos para la satisfacción de necesidades de cualquier índole*" (Milani, 1997).

Actualmente, dada la velocidad a la que ocurren los cambios, el ingeniero necesita una sólida base conceptual generalista, específicamente en principios físicos y matemáticos, que lo ayuden a soportar los conocimientos de las materias profesionales, base conceptual que adquiere en su tránsito por todas y cada una de las asignaturas del ciclo profesional.

Así mismo, es necesario proporcionarle una base sólida en cuanto a procesos mentales, es decir, que aprenda a aprender, que pueda adquirir conocimientos y habilidades por sí mismo, para ello son necesarias asignaturas de corte metodológico, que le proporcionen además de la información, la formación metodológica necesaria para resolver problemas de variada índole. Es imposible suponer que se pueda proporcionar todo el conocimiento y habilidades necesarias para una vida productiva durante el breve paso por la academia. Es por ello que las herramientas cognitivas resultan de gran



importancia, si el ingeniero aprende a aprender, aprende a conocer, aprende a hacer y aprende a ser (Delors, 1996) será un profesional integral preparado para afrontar cualquier situación que se le presente en su vida profesional y personal.

Dentro del plan de estudios de Ingeniería Mecánica, en la Universidad Simón Bolívar, (USB), se ofrecen dos asignaturas diseñadas a este fin, metodología del diseño, de carácter obligatorio, y teoría de la invención, la cual es optativa o electiva por los estudiantes.

El presente artículo intenta, de manera preliminar, evaluar el impacto que tienen estas asignaturas sobre la creatividad individual del estudiante, para ello se plantea una medición inicial y otra al final de la creatividad como parámetro de estudio, en los cursos anteriormente señalados. Con los datos obtenidos se establecen los promedios respectivos que permitirán realizar las comparaciones necesarias. Se ha seleccionado la prueba “Crea. Inteligencia creativa. Una medida cognitiva de la creatividad”, dada la facilidad de aplicación, y la existencia de baremos para poblaciones latinoamericanas.

## 2.- LA NATURALEZA DEL CAMBIO

*“No hay signo más claro de locura que repetir lo mismo una y otra vez esperando resultados distintos”* Albert Einstein (Thorpe, 2001). Lo único constante es el cambio, lo cual refleja lo complejo del mundo en que habitamos; nuestro mundo de hoy es diferente del de ayer y lo será del de mañana. Lo que hoy se da por un hecho certero, mañana puede ser mentira, *“...muchos conocimientos son reformulación de otros anteriores, corrección de los mismos, refutación y hasta demostración de su falsedad”* (Martínez, 1999).

Miguel Martínez Mígueles, ejemplifica el proceso dinámico del cambio de la manera siguiente, *“Hace dos mil años, al principio de nuestra era, había en Occidente un cierto volumen de conocimientos heredados de la cultura universal y, sobre todo, de la civilización grecoromana. La historia de la ciencia señala que estos conocimientos se duplicaron, más o menos, hacia el año 1000, que se volvieron a duplicar hacia 1750 y que igualmente lo hicieron en los años 1900, 1950 y 1964, aproximadamente. De ahí en adelante, los plazos de duplicación se han ido acortando aún más: hoy ese crecimiento sigue una curva totalmente exponencial.”* (Martínez, 1999).



En un mundo estable las soluciones anteriores pueden ser aplicadas una y otra vez, con muchas posibilidades de éxito, no son necesarias la creatividad y la innovación; por el contrario, en un mundo dinámico los problemas son inéditos y es necesaria la búsqueda de nuevas soluciones, incluso para los problemas viejos. Los cambios son mayormente producidos por el propio ser humano, por su capacidad creativa, por su inventiva, por su inteligencia, capacidad de discernir y por su insaciable búsqueda de las explicaciones de todo aquello que lo rodea, por su curiosidad. Lo paradójico resulta en que el hombre es un *animal de costumbres*, “...a las personas en su mayoría les gusta lo que es familiar,... Una vez que la gente se ha acostumbrado a hacer las cosas de un determinado modo, a menudo tiene problemas para poder imaginarse haciéndolo de otro modo” (Sternberg, Lubart, 1997).

Son necesarios profesionales preparados para el cambio, profesionales con el conocimiento y la formación adecuada para generar mejoras en todos los campos, con una base sólida en los conocimientos generales y específicos del área de su formación, y una base metodológica que le permita aprender en cada una de las situaciones en las cuales se vincule.

### **3.- CREATIVIDAD, CONCEPTOS Y MODELOS**

Actualmente existe un relativo consenso en la comunidad que investiga la creatividad, el cual indica que esta surge cuando alguien crea un producto original y útil. Sin embargo, hay una falta de consenso en cuanto a los hechos básicos: la creatividad se refiere a un producto, proceso o persona; si es personal o social; si es común o poco común; si es de un campo general o específico; y si es cuantitativa o cualitativa (Mayer, 1999).

En la bibliografía especializada existen diferentes intentos de definirla desde diversas direcciones, el estudio de la personalidad creativa representa una de estas direcciones centrada en la búsqueda y la descripción de cualidades cognitivas de aquellas personas que son consideradas creativas. Una segunda vía de acercamiento la representa el estudio del producto creativo, pudiendo ser material y concreto o abstracto e intangible (López, 1999). El producto creativo es la respuesta del proceso creativo, la tercera de las vías de acercamiento, que inicia con la interpretación de la situación problemática, para dar paso a la generación de soluciones, que son comparadas con la meta



preestablecida, hasta encontrar la respuesta más acertada. Así mismo, la cuarta vía de acercamiento es representada por los factores ambientales o contextuales, que rodea e influyen a la creatividad.

Todo esto lleva a pensar que la creatividad es un fenómeno multifacético (Sternbreg, 1998) (Torrance, 1988), e interdisciplinar, *“hay muchos lugares y muchas disciplinas en donde la gente se siente autorizada, y con toda la razón del mundo, a hablar con propiedad de este tema; y la prueba está en que en aquellos foros donde se busca una visión más global de la creatividad, acuden profesionales muy diversos”*(Romo, 1997).

Llevar una idea a la práctica requiere grandes esfuerzos, pero es indispensable la idea, representada en la *ecuación de Edison*, 1% de inspiración y 99% de transpiración, como el 1%. La creatividad es un paso primordial en el proceso innovativo. Sin una buena idea, sin una idea creativa, no hay innovación por más esfuerzo que se haga, esta es la importancia de la creatividad para el progreso.

Varios autores complementan su acercamiento conceptual a la creatividad al proponer modelos que buscan mejorar la comprensión del fenómeno. Entre ellos, Teresa Amabile propone su modelo de los componentes de la creatividad, que surge de la integración de la motivación y el ambiente social, con los aspectos personales referentes a la creatividad previamente estudiados por otros psicólogos, (Hill, Amabile,1993) y considera que existen tres elementos que deben estar presentes, sin excepción, para llevar a cabo un proceso de creación, estos elementos son la pericia o habilidades de dominio, el pensamiento creativo o habilidades creativas y la motivación. Esta teoría sugiere que el nivel creativo alto está directamente asociado a niveles altos en cada uno de los componentes nombrados anteriormente (Amabile,1997) (Hill, Amabile,1993).

Este modelo, ilustra que es posible mejorar el potencial creativo de las personas influyendo en cada uno de los componentes. La pericia se mejora fortaleciendo los conocimientos asociados al campo de estudio o de trabajo, la motivación es un compendio de factores ambientales y personales, y las habilidades creativas, representadas por un conjunto de herramientas metodológicas o heurísticas, pueden ser aprendidas en asignaturas diseñadas con este fin, tal es el caso de la asignatura Metodología del Diseño.



#### **4.- EL DISEÑO COMO APLICACIÓN DE LA CREATIVIDAD EN LA INGENIERÍA**

El diseño es una de las manifestaciones de la creatividad humana, mediante el cual, el hombre crea los objetos, las máquinas o los procesos, que buscan mejorar su calidad de vida (Boccardo, 2003), *“esto significa sobre todo adaptarlos a las circunstancias nuevas. En un mundo que cambia, también los productos tienen que cambiar”* (Aicher, 2002).

Dado el poder transformador que puede llegar a tener el diseño como valor, éste puede desempeñar un papel protagónico en el desarrollo cultural y social de un país, si el público en general prefiere productos mejor concebidos, mejor pensados, con un valor agregado en diseño mayor que otro, los productores e industriales se verán obligados, en consecuencia, a incrementar en ese valor sus productos, procesos o servicios, y eso pondrá en marcha los diferentes procesos productivos que encaminan el desarrollo de un país (Boccardo, 2003).

#### **5.- METODOLOGÍA DEL DISEÑO Y TEORÍA DE LA INVENCION, ASIGNATURAS DEL PLAN DE ESTUDIOS DE ING. MECÁNICA EN LA UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**

Metodología del diseño es una asignatura con carácter obligatorio del último año, del plan de estudios de Ingeniería Mecánica de la USB, que cierra la cadena de diseño y resistencia de materiales iniciada durante el segundo año de carrera, que comprenden conocimientos y habilidades para el cálculo de la resistencia de materiales y los diversos elementos de máquinas, conocimientos necesarios e indispensables para el ejercicio profesional del ingeniero.

En metodología del diseño se cubren los siguientes contenidos: diseño, creatividad y métodos de diseño, especificaciones de diseño, confiabilidad, factibilidad, toma de decisiones; y su evaluación se realiza en base al desarrollo de un proyecto en el cual se busca que el estudiante aplique las competencias adquiridas, en la resolución de un problema de mediana complejidad, con la intención de lograr una mejor comprensión de las herramientas metodológicas y cognitivas aprendidas.

Teoría de la invención es un curso con carácter optativo o electivo que complementa el curso anteriormente descrito, al proporcionar una base teórica acerca del proceso creativo empleado en el diseño. En esta asignatura se tratan los siguientes temas: la naturaleza del proceso de cambio,



inteligencia, creatividad, fisiología del cerebro humano, pensamiento humano, y estudios de casos en la ingeniería de diseño. Su objetivo principal es contribuir a la comprensión del proceso creativo desde el punto de vista sistémico, así como también el desarrollar habilidades en el uso de las técnicas de pensamiento efectivo en la solución de problemas.

## 6.- CREA, UNA MEDIDA COGNITIVA DE LA CREATIVIDAD

La prueba “Crea. Inteligencia creativa. Una medida cognitiva de la creatividad” desarrollada por Corbalán, Martínez y Donolo, y publicada por TEA Ediciones en 2003, ha sido elaborada y validada tanto en el contexto español como en el latinoamericano. Este instrumento tiene como finalidad la *“apreciación de la inteligencia creativa a través de una evaluación cognitiva de la creatividad individual según el indicador de generación de cuestiones, en el contexto teórico de búsqueda y solución de problemas”* (Corbalán, 2003).

Esta prueba tiene como eje fundamental la capacidad de cuestionamiento del individuo, para valorar su creatividad. Tal y como lo menciona el autor, diversos investigadores destacados en el área han enfatizado “la pregunta” como un elemento determinante para generar la acción creativa, de hecho es considerada como un producto cognitivo del individuo, el autor señala al respecto, *“hacer preguntas no es una tarea cualquiera. ...preguntar es la fórmula que acelera y dispara el crecimiento exponencial de los niños permitiendo una vertiginosa recopilación comprensiva de información tal que en unos pocos años consigue un sistema de representación del conocimiento compacto y sólido, capaz de desenvolverse con soltura en una sofisticadísima red de información como la que suponen las culturas hiperdesarrolladas”* (Corbalán, 2003).

Esta prueba es de fácil aplicación y corrección, y cuenta con un baremo que permite establecer la puntuación percentil de un individuo, lo que permite establecer comparaciones directas para el estudio propuesto. Cuenta con dos tipos de prueba diferentes, lo cual permite disminuir el posible error ocasionado al resolver la misma prueba.



## **7.- RESULTADOS**

Grupos de estudiantes de diversos períodos académicos comprendidos entre septiembre de 2004 y marzo de 2006, tomaron la prueba antes y después de cursar las asignaturas de Metodología del Diseño y Teoría de la Invención, con los resultados mostrados en la tabla 1 “Resultados preliminares de la prueba CREA en Metodología del Diseño” y la tabla 2 “Resultados preliminares de la prueba CREA en Teoría de la Invención”.

Los resultados iniciales, mostrados en la tabla 1, correspondientes al curso de Metodología del Diseño, indican un incremento de 21 puntos porcentuales promedio, entre las mediciones iniciales y finales del factor “creatividad”. Así mismo, la tabla 2 indica un incremento de 12 puntos porcentuales promedio en este mismo factor relacionado con el curso de Teoría de la Invención.

Con la finalidad de observar la convergencia del cálculo del promedio y las correspondientes desviaciones estándar de los datos obtenidos, se graficó el promedio contra la cantidad de datos tomados en cuenta, con lo cual, en la Fig. 1, “Variación del promedio en función de la cantidad de datos considerados para el curso de Metodología del Diseño”, se observa la tendencia al valor reportado en la tabla 1. De igual manera, la Fig. 2 “Variación del promedio en función de la cantidad de datos considerados para el curso de Teoría de la Invención” ilustra la tendencia al valor reportado en la tabla 2. En cuanto a las desviaciones estándar, las figuras 3 y 4 ilustran este comportamiento en función de la cantidad de datos considerados para ambas asignaturas. En las figuras, Fig 3 y 4, se observa una disminución de la desviación estándar del cálculo del promedio de los resultados de las pruebas iniciales en comparación con los resultados de las pruebas finales, ello indica una mejor nivelación luego de cursar las asignaturas señaladas en este estudio.

## **8.-CONCLUSIONES**

Desde el punto de vista cuantitativo, y aun tomando los resultados anteriormente expuestos como preliminares, se observa una tendencia de aumento de la creatividad medida según la prueba “Crea. Inteligencia creativa. Una medida cognitiva de la creatividad”, para estudiantes cursantes de las asignaturas de metodología del diseño y teoría de la invención, la primera obligatoria, y la segunda electiva del plan de estudios de Ingeniería Mecánica de la USB. Así mismo, se observa, que las





puntuaciones promedio iniciales y finales de los estudiantes que tomaron el curso de teoría de la invención, son más altas que las del curso de Metodología de Diseño, esto puede deberse al factor motivacional presente al seleccionarla como asignatura dado su carácter electivo. No obstante, la asignatura Metodología del Diseño produce mayor impacto, debido a que la diferencia en las mediciones iniciales y finales son mayores que las del otro curso.

Esto indica, la respuesta afirmativa para la interrogante planteada al inicio de esta publicación, es decir, el conocer, comprender y ejecutar las diferentes técnicas, métodos y metodologías para el trabajo creativo, de alguna manera ayudan significativamente a la resolución de problemas concretos. Las pruebas realizadas reportan un aumento significativo en la creatividad y con ello en el potencial para la resolución original, útil y adecuada de los diversos problemas enfrentados.

Son necesarias e indispensables las asignaturas básicas y aplicadas que proporcionen los conocimientos y habilidades de cálculo necesarias para la formación del ingeniero, y es también necesario e imprescindible aquellas otras asignaturas que proporcionan una base metodológica que le permitan una adecuada comprensión y aplicación de los conocimientos adquiridos. Este estudio demuestra, aunque de manera preliminar, la incidencia de estas asignaturas en la creatividad individual, competencia ampliamente deseada para el progreso y la innovación.

## **Referencias**

MILANI, R.; (1997); Diseño para Nuestra Realidad; Editorial Equinoccio; Caracas.

DELORS, J.; (1996); La Educación Encierra un Tesoro; Editorial Santillana; Madrid.

THORPE, T.; (2001); Cómo pensar como Eistein; Editorial Norma, Bogota.

MARTINEZ, M; (1999); La Excelencia en la Docencia Universitaria de Hoy; Discurso de orden en el Otorgamiento al Premio a la destacada Labor Docente (1997-98) y Premio al mejor libro de texto (1999); Universidad Simón Bolívar.

STERNBERG, R.; LUBART, T.; (1997); La Creatividad en una Cultura Conformista;



Editorial Paidós, Barcelona.

MAYER, R.; (1999); Fifty Years of Creativity Research; en Sternberg R. (ed.) Handbook of creativity; Cambridge University Press; New Cork

LÓPEZ, R.; (1999); Prontuario de la creatividad; Bravo y Allende Editores; Santiago

STERNBERG, R.; (1998); A three-facet model of creativity; en Nature of Creativity; Sternberg R. (ed); Cambridge University Press

TORRANCE, E. P.; (1988); The Nature of creativity as manifest in its testing; en Nature of Creativity; Sternberg R. (ed); Cambridge University Press

ROMO, M.; (1997); Psicología de la Creatividad; Paidós; Barcelona

HILL, K; AMABILE, T.; (1993); A Social Psychological Perspective on Creativity: Intrinsic Motivation and Creativity in the Classroom and Workplace; en Understanding and Recognizing Creativity: The Emergence of a Discipline; Scott, I; Murdock, M. (ed); Firestien, R.;Treffinger, D.; Ablex Publishing Corporation; USA

AMABILE, T.; (1997); Motivating Creativity in Organizations: on doing what you love and loving what you do; California Management Review, Vol. 40 Issue 1, p39, 20p.

BOCCARDO, R.; (2003); Creatividad en la Ingeniería de Diseño, Equinoccio, Caracas

AICHER, O.; (2002); El Mundo como Proyecto; Ediciones G. Gili, SA; Barcelona

CORBALÁN, F.; MARTÍNEZ, F.; ALONSO, C.; DONOLO, D.; TEJERINA, M.; LIMIÑANA, R.; (2003); Crea. Inteligencia creativa. Una medida cognitiva de la creatividad. TEA Ediciones



## **CURRICULUM VITAE**

Renzo Boccardo, Ingeniero Mecánico, MSc en Ingeniería Mecánica, profesor nivel asociado, adscrito al Departamento de Mecánica en la Universidad Simón Bolívar desde 1990. Jefe de la Sección de Desarrollo de Modelos y Prototipos del Laboratorio “A”, Jefe de la Sección de Diseño y Resistencia de Materiales del Dpto. de Mecánica. Miembro del Consejo Asesor de la Coordinación de Mecánica y del Consejo Asesor de la Coordinación de Postgrado en Ingeniería Mecánica. Premios y distinciones: Excelencia Docente USB años 1994-95 y 1998-99, Premio Inelectra a la mejor tesis de grado en Ingeniería Mecánica 1998. Premio a la excelencia docente Procter&Gamble-USB 2005.

Joaquim Lloveras: Ingeniero Industrial, Phd. Profesor adscrito al Departament de Projectes d'Enginyeria, Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, España. Coordinador y responsable del programa doctoral en Projectes D'innovació Tecnològica en L'enginyeria de Producte i Procés. Autor de numerosos artículos en revistas y en congresos, director de numerosas tesis doctorales en el área de la creatividad, la innovación y el diseño ecológico.