

# DISEÑO EN INGENIERÍA, UNA MENTE CREATIVA

**Adolfo León Arenas Landínez**

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, aleon@uis.edu.co

**Kelly Johana Gómez Jiménez**

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, ceducar2@uis.edu,  
kellyjohanagomez@gmail.com

## RESUMEN

*Diseño en Ingeniería, una mente creativa*, es una experiencia interdisciplinaria afín con unos de los tópicos de LACCEI' 2012: mejora de la Educación en Pregrado. Esta experiencia se llevó a cabo en el marco del curso Diseño básico, busca implementar estrategias para el desarrollo de habilidades de pensamiento que estimulen la capacidad de diseño, razonamiento divergente, y pensamiento creativo en estudiantes de Ingeniería Mecánica, esfuerzo que implicó más allá de promover el estudio del conocimiento tecnológico del diseño en Ingeniería, pensar cómo llevar a los futuros ingenieros, a través de un proceso consiente e intencionado, al nivel cognitivo que les permita diseñar.

A lo largo del texto se muestran tres momentos que agrupan el trabajo que se desarrolló, se parte de una breve exposición de un estudio denominado “la creatividad en el diseño Ingenieril” donde se exploró esa visión psicológica que nos permitió comprender qué ocurre a nivel cognitivo cuando diseñamos, luego se conectó esa visión con el enfoque del conocimiento como diseño, es decir la práctica del diseño en un contexto específico y finalmente se mostró estas aproximaciones conceptuales cómo se tradujeron en la planificación curricular y pedagógica del curso y sus implicaciones durante la práctica.

**Palabras clave:** Diseño, creatividad, cognición, pedagogía, Ingeniería

## ABSTRACT

Engineering Design, a creative mind, is an interdisciplinary experience akin to some of the topics of LACCEI '2012: Enhancing Undergraduate Education. This experiment was carried out under the Basic Design course, seeks to implement strategies to develop thinking skills that encourage the design capacity, divergent thinking and creative thinking in students of Mechanical Engineering, an effort that involved more than promote the study of technological knowledge in engineering design, think about how boost the future engineers, through a conscious and deliberate process, to the cognitive level that allows them to design.

Throughout the text are three moments that bring together the work that was developed, starting with a brief summary of a study called "creativity in engineering design" where we explore the psychological insight that allowed us to understand what happens at the cognitive level when designing, then connect that vision with the approach of knowledge as design, ie design practice in a specific context and then show how these conceptual approaches resulted in curriculum planning and teaching the course and its implications for practice.

**Keywords:** Design, creativity, cognition, education, Engineering

## Introducción

El horizonte de la presente propuesta le apunta a pensar cómo trabajar por la mejora continua de la formación de ingenieros, visión que entre otros asuntos implica la revisión de las prácticas de aula. La experiencia interdisciplinar a la que se hace referencia a lo largo del presente texto se enmarca en el curso *Diseño básico*, el cual forma parte del plan de estudios del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander; curso que se estructuró, a partir de un estudio que desarrollado desde la Psicopedagogía denominado “*la creatividad en el diseño Ingeniería*” en donde se trataron temas como: cómo funciona la mente humana, la creatividad como proceso mental y el pensamiento creativo vs el conocimiento como diseño.

Esta mirada del diseño como un proceso cognitivo que supone la activación y paso por ciertas fases del acto mental y de diversas operaciones psicológicas, ofreció elementos que permitieron estructurar curricular y pedagógicamente el curso pensando en desarrollar en los estudiantes su capacidad de diseño, su pensamiento creativo y su razonamiento divergente, sin desconocer en ningún momento la relevancia del conocimiento tecnológico como objeto de estudio a lo largo del curso.

En un primer momento de este texto se pondrá de manifiesto esa mirada del diseño desde la dimensión cognitiva, allí se expondrán de manera breve aspectos relacionados con lo que pasa en la mente ante un proceso de gran complejidad como es el de ser capaz de producir ideas y soluciones distintas y creativas a problemas, en este caso, en un contexto profesional. En un segundo momento se muestra cómo a partir de esa mirada del diseño como proceso cognitivo se tomaron decisiones a nivel pedagógico, cómo se desarrolló el diseño micro-curricular del curso y las estrategias de aula para el estudio de los ejes temáticos y así mismo se hará un breve recuento de lo que se percibió durante las clases con los estudiantes.

## **El diseño, una mirada desde lo cognitivo**

Lo primero que es preciso tener en cuenta para poder entender cómo se promueve un pensamiento creativo, clave para estar al nivel de diseñar, es **cómo funciona la mente humana**, cómo se forman los esquemas mentales, las representaciones, los conceptos en la mente, elementos estrictamente necesarios para la producción de nuevas ideas.

Un escritor antes de poder definir un estilo propio y grandes producciones literarias ha tenido que leer mucho a otros e incluso analizar e identificar el estilo de los otros para hallar el propio, este ejemplo para desvirtuar la premisa que cree que todo acto creativo es producto de una musa inspiradora. La imaginación, la creatividad, la capacidad de diseñar son reconstrucciones distintas que podemos hacer gracias a una serie de ideas previas que podemos modificar, re-acomodar, transformar, re-presentar, re-crear.

La respuesta convencional de la psicología frente a cómo experimenta un sujeto el mundo, es que lo hace por medios de los órganos sensoriales, el cuerpo recibe (aspecto pasivo) una información, una señal o un estímulo que el cerebro (¿el sujeto? ¿La mente?) procesa (aspecto activo) por medio de una percepción que no es concebida simplemente como una suma de sensaciones, sino como una elaboración cognitiva que reorganiza la información nueva en una especie de archivo mental pre-existente.

De manera básica, al cerebro ingresan los estímulos que provienen del mundo exterior, estímulos que puede ser de todo tipo: datos, conceptos, experiencias, señales, olores, sonidos, imágenes; estos estímulos los incorporamos a través de los sentidos. Tal información se transmite al cerebro, sometiéndose a un proceso de elaboración automática a través del cual se asimilan los nuevos datos y se adaptan a las estructuras cognitivas, reestructurando aquellos esquemas previos, posteriormente el estudiante estará en la capacidad de utilizar la información aprendida en futuras ocasiones.

Existen muchas teorías provenientes de la Psicología, la neurología y la biología que nos aportan al entendimiento del tema que nos ha interesado, qué ocurre a nivel cognitivo cuando una persona aprende, para luego identificar qué y cómo alcanzamos la capacidad de diseñar. A continuación se resumen algunos de los referentes que se han tenido en cuenta:

Tabla 1: autores de referencia en torno a los procesos cognitivos de aprendizaje

Autor	Teoría	Procesos cognitivos que destacan
Ausubel (1968)	Los procesos cognitivos se basan en el constructo de “estructura cognitiva” como conjunto organizado de ideas que pre-existen al nuevo aprendizaje. Para él en el aprendizaje debe existir una conexión entre lo que el estudiante ya conoce y entre lo nuevo.	Recepción activa Construcción de conocimiento Diferenciación progresiva Reconciliación integradora
Guilford (1977)	Considera que la estructura del intelecto está compuesta por 3 categorías: las operacionales, las de contenido, las productivas. Este autor parte del supuesto que la inteligencia es una capacidad versátil, flexible y sujeta a desarrollo.	* Operaciones mentales: Lo que el estudiante es capaz de realizar * Contenidos: Información sobre lo que se va a trabajar Producciones: Lo que es capaz de producir una persona
Feuerstein (1980)	Este autor reconoce que existen tres fases en acto mental, que son la fase de entrada, de elaboración y de salida.	Fase de entrada Fase de elaboración Fase de salida

Las teorías que se acaban de exponer nos permiten tener claridad que como seres humanos tenemos la capacidad de producir, re-producir, crear, re-crear, formar y trans-formar ideas a partir de los códigos que procesamos y a partir de los patrones aprendidos gracias a la experiencia, frente a esta forma de funcionamiento de la mente cabe entonces la pregunta ¿en qué momento el ser humano está en la capacidad de crear? ¿Cuál es el lugar de la creatividad entendida como proceso mental?

A partir de las teorías que se presentaron antes, puede decirse que el momento de creación del ser humano se da posterior a la recepción y elaboración de esquemas mentales, pues es un proceso que implica la producción de nuevas ideas en torno a un tema que ya se conoce. La creatividad de acuerdo con la propuesta de teóricos como Bloom es un proceso de gran complejidad, Bloom reconoce seis niveles de procesamiento mental que de menor complejidad a mayor complejidad van de la memorización a la comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación, en este último nivel es precisamente que este autor ubica la capacidad de crear.

De acuerdo a la edad, los conocimientos y la formación general de una persona se puede revisar qué tan creativo es, por ejemplo los niños suelen ser muy creativos en su forma de explorar y representar el mundo, articulando aquello que saben con elementos poco convencionales, salidos de

la forma regular en que se presentan las cosas, innovando así en la mirada del mundo. Ahora, sí se está hablando de estudiantes de Ingeniería Mecánica, de quienes se espera que diseñen sistemas mecánicos, ser creativos en este caso tiene que ver con la capacidad de estudiar, pensar y representar sistemas mecánicos, proceso que a partir de los postulados de Bloom implica que primero el estudiante haya entendido, comprendido, aplicado, analizado, sintetizado y evaluado el conocimiento tecnológico disciplinar.

Queda claro a este punto que para que un sujeto esté en la capacidad de crear, un estado en el que se producen nuevas ideas, debe tener muy bien consolidados conocimientos relacionados con el área disciplinar, es decir haber interiorizado representaciones, conceptos, declaraciones y proposiciones relacionadas con el mundo teórico y contextual en que va a trabajar.

Alrededor del diseño como proceso cognitivo es necesario referirse al pensamiento divergente, entendido como una de las operaciones mentales que considera Feurstein, entendidas como las operaciones mentales son el conjunto de acciones interiorizadas, en función de las cuales llevamos a cabo la elaboración de la información que recibimos. El pensamiento o razonamiento divergente se refiere según este autor a la capacidad de establecer nuevas relaciones sobre lo que ya se conoce, de modo que se generen nuevas ideas.

Teóricos afirman que aptitudes como la fluidez, la flexibilidad, la originalidad y la elaboración se ven comprometidas en torno al pensamiento creativo (Guilford, 1977), veamos a qué hace referencia cada una de ellas.

- Fluidez: cantidad, flujo de ideas o soluciones ante un problema
- Flexibilidad: capacidad de reestructurar. Diferentes soluciones
- Originalidad: respuestas o soluciones infrecuentes
- Elaboración: no basta con tener una buena idea, hay que saber llevarla a cabo

### **El conocimiento como diseño**

En el apartado anterior se expuso que el diseño está relacionado con las facultades cognitivas, ahora bien en este punto se abordará la capacidad de diseñar en un área determinada como es la Ingeniería Mecánica, para ello se cita al investigador David Perkins quién plantea que el conocimiento puede ser considerado un diseño, es decir, una estructura que tiene argumentos y propósitos, diferente del concepto tradicional de conocimiento como acumulación de la información.

La visión de Perkins aplica en este caso, ya que su premisa es que el conocimiento como diseño debe contribuir a solucionar problemas concretos, en otras palabras, a aplicar el conocimiento. Hablar del diseño en Ingeniería en cierta medida es hablar de cómo darle forma al conocimiento tecnológico en aplicaciones concretas que sirvan para resolver problemas, en palabras de Perkins, el diseño se refiere a dar cuerpo al conocimiento bajo la forma de una herramienta para lograr algo, haciendo uso del conocimiento simbólico, figurativo, semántico o conductual acumulado.

De acuerdo con Perkins, los datos y códigos que llegan a nosotros los aprendemos como información pero no como diseño, su visión del **conocimiento como diseño** le apunta de cierto modo a la aplicabilidad y generación de nuevas ideas a partir de lo que se aprende, postura que difiere de lo que algunos psicólogos han considerado como “conocimiento inerte” ese conocimiento que no se puede aplicar creativamente, aquel que no se utiliza y se convierte en datos aislados.

Perkins menciona que para diseñar se deben tener claros, \* los propósitos del diseño, \* la conexión de los que se va a diseñar con modelos ya existentes, la utilidad práctica de tal diseño en el campo en el que tendrá lugar, \* la estructura del diseño, las características de lo que se va a crear, \* La formulación de los argumentos del tipo de diseño, su justificación.

Este mismo autor, propone una serie de pasos para promover el conocimiento como diseño. Los cuales se resumen a continuación:

- Presentar claramente la teoría del conocimiento: no hay necesidad que la educación mantenga el conocimiento en secreto, especialmente cuando esa teoría es asequible y está orientada a la acción. Es necesario enseñarles a los estudiantes la noción del conocimiento como diseño, la aplicabilidad del mismo.
- Presentar el conocimiento desde la perspectiva de diseño: se debe poner en práctica la epistemología presentando el conocimiento desde la perspectiva de diseño, lo cual significa ser explícito sobre el propósito, la estructura, los casos modelo y los argumentos concernientes a cada diseño.
- Tratar el conocimiento como funcional: se debería ver y tratar el conocimiento como algo que se emplea de la misma manera como se emplea un martillo. Para hacer justicia al conocimiento y al aprendiz, tiene que promoverse que el aprendiz siga utilizando el conocimiento adquirido.
- Enfocar el conocimiento hacia el desempeño, no hacia la información: escoger objetivos de desempeño en vez de objetivos de información. Estos desempeños pueden incluir la formulación de argumentos nuevos o la derivación de conclusiones y su sustentación.
- Agregar conocimiento estratégico: el conocimiento como diseño mantiene que todo conocimiento tiene el carácter de herramienta. Sin embargo, algunos conocimientos son explícitamente como herramientas, diseñadas para manipular otros conocimientos y facilitar varias clases de actividades de pensamiento y solución de problemas.

Ya expuesto hasta este punto que el diseño compromete una serie de habilidades de pensamiento y teniendo claros algunos elementos que nos permiten pensar cómo orientar la enseñanza y llevar a los estudiantes a que aprendan y entiendan el conocimiento como diseño, se ahonda con mayor detalle cómo se planificó el curso diseño básico y qué ocurrió en la práctica pedagógica.

### **La experiencia pedagógica: Diseño en Ingenierías**

Así como lo sugiere Perkins lo primero por definir en el marco del curso *Diseño básico* fue el propósito que se tiene, para ello se realizó un micro diseño curricular de la asignatura bajo un enfoque por competencias, de este modo se definieron las metas de aprendizaje de la asignatura con sus respectivos indicadores de desempeño y los ejes o medicaciones temáticas a trabajar en cada caso, elementos que se presentan a continuación.

Tabla 2: Micro-diseño curricular del curso

<b>Metas de aprendizaje</b>				
Estimular en el estudiante el desarrollo de procesos cognitivos complejos que le permitan crear y diseñar sistemas mecánicos, a partir del reconocimiento de una situación problemática del entorno.				
Conocer, comprender y aplicar etapas del proceso de diseño para el desarrollo de sistemas mecánicos en la manufactura y los servicios.				
<b>Indicadores de desempeño</b>				
1. Consolida las estructuras mentales que requiere para el desarrollo de sistemas mecánicos	2. Genera una estructura metodológica para el proceso de diseño	3. Identifica la situación problemática para generar un diagnóstico, basado en necesidades, requerimientos, restricciones y establece especificaciones para la propuesta de diseño	4. Propone y analiza alternativas técnicamente viables y estructura la solución	5. Aplica conocimientos tecnológicos para desarrollar diseño en detalle
<b>Mediaciones temáticas</b>				
*La creatividad en el diseño Ingenieril  *Normas técnicas de dibujo	*Marco conceptual del proceso de diseño	*Proceso de Diseño Etapa 1. Diagnóstico	Proceso de diseño	

En simultáneo a la planificación curricular del curso se empezaron a pensar las estrategias pedagógicas a implementar, es decir, qué hacer para que los estudiantes caminaran por cada uno de los indicadores de desempeño y alcanzaran las metas de aprendizaje propuestas, pero además qué recursos serían necesarios y de qué manera se evaluaría a los estudiantes.

Se definieron cuatro estrategias pedagógicas principalmente y en cada una se crearon los recursos necesarios, se describe brevemente la dinámica de trabajo que se propuso a los estudiantes.

- Utilización de una plataforma virtual: Los estudiantes tenían acceso a una serie de recursos que les permitieron explorar, estudiar y consolidar sus esquemas mentales en torno al diseño de sistemas mecánicos. Algunos de los recursos que se suministraron fueron una librería de imágenes de elementos y sistemas mecánicos clasificados, documentos varios (artículos, normas técnicas, etc).
- Consulta dirigida: Los estudiantes permanentemente se remitieron a fuentes bibliográficas confiables, según el desarrollo de la clase y las indicaciones dadas por el profesor.
- Aprendizaje basado en proyectos: Los indicadores de desempeño 3, 4 y 5 se abordaron proponiendo a los estudiantes el desarrollo de un proyecto en el que debían atravesar las etapas mínimas de diseño.

- Prácticas empresariales: la experiencia de aprendizaje se complementó con visitas a empresas desarrolladoras de sistemas mecánicos, en donde los estudiantes debían observar, identificar y reportar la relación entre lo aprendido a lo largo del curso en contraste con lo observado en la empresa.

Otro aspecto que vale la pena mencionar como parte de la experiencia pedagógica tiene que ver con la manera en que se evaluó el progreso de los estudiantes. Teniendo en cuenta que nos interesaba principalmente poder ver esa evolución y progreso cognitivo de los estudiantes para llegar al nivel de diseño, se diseñaron rejillas de valoración a través de las cuales fue posible observar los niveles que alcanza un estudiante frente a lo que se espera de él, este modo de evaluar le permitió al estudiante tener claridad en qué se le estaba evaluando, qué se esperaba de él y cómo mejorar sus niveles de desempeño a lo largo del semestre y con cada entrega de los trabajos, a continuación se presenta un ejemplo de una de la rejilla que se diseñó para el indicador 3.

Indicador de desempeño 3			
Identificar la situación problemática para generar un diagnóstico, basado en necesidades, requerimientos, restricciones y establecer especificaciones para la propuesta de diseño			
Criterios	Niveles		
	Desempeño Alto 4,0-5,0	Desempeño Medio 3,0- 3,9	Desempeño bajo 0,0 - 2,9
Identifica las necesidades del usuario o define una situación problemática	Se basa en evidencias para definir una situación problemática clara y las necesidades de los usuarios	Analiza las condiciones del contexto y usuarios e identifica la situación problemática y necesidades	Observa con detenimiento las condiciones del contexto para el cual se va a generar la propuesta de diseño
Reconoce restricciones, estructura requerimientos y formula especificaciones.	Reconoce las restricciones, estructura los requerimientos y Formula las especificaciones técnicas propias de la propuesta a desarrollar en el contexto de ejecución.	Determina las restricciones, los requerimientos y las especificaciones, que tienen incidencia en la definición de su propuesta.	Identifica restricciones, requerimientos y especificaciones.

Tabla 3: Rejilla de valoración del indicador 3

Para hacerle seguimiento al impacto de la propuesta, así como para observar las evoluciones y dificultades de los estudiantes en el aprendizaje del diseño y en la implementación de los elementos que han sido expuestos, se llevaron a cabo registros escritos, diarios de campo diligenciados por un estudiante monitor de la asignatura que va en semestres más avanzados y por el docente de la asignatura, gracias a estos registros fue posible identificar que al principio a los estudiantes se les dificultó adaptarse a un esquema de trabajo distinto en el que ellos debían construir a partir de las herramientas suministradas en clase y generar ideas, propuestas, diseños, sin embargo a lo largo del curso y gracias a las rejillas, documentos y orientaciones fueron demostrando mejor desempeño y asumiendo mejor su rol como Ingenieros en formación.

Se considera que estos enfoques y formas de trabajo son pertinentes de socializar con la comunidad académica internacional de Educación en Ingeniería, porque muestran cómo apuntarle al desempeño, al desarrollo de las habilidades de pensamiento en el marco de un campo conceptual específico. Una forma de trabajo que además le implica al estudiante ocuparse mucho más de desarrollar sus habilidades y no sólo acumular conocimientos en un área.

### **Conclusión**

En resumen, la experiencia implementada nos permitió trabajar en pro del desempeño, estimular las habilidades de pensamiento para promover la capacidad de diseño, el razonamiento divergente, el pensamiento creativo, incorporar a la práctica mecanismos que implicarán la aplicabilidad del conocimiento y contribuir a que los estudiantes entiendan mucho más el ejercicio de diseñar y de ser propositivos, resolver problemas en el ejercicio de la Ingeniería y las exigencias cognitivas que ello implica.

### **AUTORIZACIÓN Y RENUNCIA**

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresando en el escrito.*



## BIBLIOGRAFÍA

- Perkins D. N. “*Conocimiento Como Diseño*”. (1989). 1ª Edición en Español: Facultad de psicología Universidad Javeriana Bogotá
- Ausubel, D., Novak, J. D. y Hanesian, H. “*Psicología Educativa*” Un Punto de Vista Cognoscitivo. Segunda Edición. México, D.F.: Editorial Trillas S.A. 1993. P. 46-71
- Guilford J.P. “*la naturaleza de la inteligencia humana*”. Editorial PAIDOS. 1977. Argentina.
- Pozo J. I. (1994) “*La solución de problemas*”. Edición Española, para todos los países, Grupo Santillana de Ediciones, S.A.
- Pozo, J. I. (1998) “*Aprender y Enseñar ciencia, del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*”. Ediciones Morata, S.L.
- Ocaña Velázquez E; Izquierdo Orozco I; Aceves Estrada V; Fuentes Arana J. C. Universidad Nacional Autónoma De México. Campus Iztacala. Tutorías II Prof.: Roque Olivares Vázquez. La memoria. Definiciones de la memoria <http://www.robertexto.com/archivo6/memoria.htm>
- Publicado por: Rossi, S. ¿Qué es la memoria humana? Artículo de la revista [ojocientifico.com](http://www.ojocientifico.com). Enero 15, 2011. <http://www.ojocientifico.com/2011/01/15/que-es-la-memoria-humana>
- Piedra García, L. Á (2011) *Propuesta de la memoria en psicología: un estado de la cuestión y sus implicaciones en la enseñanza universitaria*. Ciencias Económicas 29-Nº, 1:2011/ 259-274 / IAAN: 0242-9521. Pág., 266.