



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

MODELO DE INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Constanza Montoya Restrepo

**Universidad Nacional de Colombia
Manizales, Colombia**

Resumen

La educación de hoy para el desarrollo del mañana, requiere transformaciones profundas en función de una formación cada vez más integral. La universidad debe quebrar los esquemas habituales de enseñanza para la construcción de un currículo que signifique un verdadero rompimiento con los métodos tradicionales, concebidos desde la convencional división de los saberes, hacia la articulación de diversos conocimientos en forma orgánica, e interdisciplinaria.

Hacia este propósito en la Universidad Nacional Sede Manizales, se implementó el “taller” como alternativa metodológica en la formación de Ingenieros Industriales, definiéndolo como: *“Método de enseñanza-aprendizaje integrado, heurístico e interdisciplinario, en el cual estudiantes y profesores de las diferentes áreas del conocimiento interactúan para el estudio y construcción de conocimientos y la solución de problemas.”*

El modelo implementado en Ingeniería Industrial se diferencia del denominado “taller” utilizado en diversas experiencias pedagógicas cuyo enfoque es eminentemente práctico; se fundamenta en el planteamiento del aprender haciendo, integra profesores de varias disciplinas para visualizar un problema desde diversos ángulos e intentar soluciones integrales; parte de un propósito común a otros métodos activos, como es la búsqueda de formas más efectivas de enseñanza; es esencialmente activo, propicia la integración teórico-práctica, el descubrimiento, la participación y el desarrollo de la inventiva, e induce al estudiante hacia la investigación. Esto supone no partir de las soluciones acabadas y descontextualizadas, para abordar situaciones nuevas y necesidades completamente definidas en un entorno social, económico y cultural.

El “taller” fue implementado hace más de diez años en la carrera de Ingeniería industrial, sin embargo, no puede considerarse como algo concluido, sigue siendo una experiencia en construcción que día a día se enriquece con el aporte y experiencia de todos los profesores que participan en su puesta en marcha; ha sido calificado por estudiantes, profesores y pares evaluadores del programa como una experiencia metodológica innovadora y exitosa, por lo que el principal objetivo de esta ponencia es documentarlo y

transferirlo a otros programas de ingeniería, considerando que su aplicación compartida entre las diferentes ramas de la profesión, permitirá el salto cualitativo que en la formación de ingenieros requiere el país.

Palabras clave: formación ingenieros; integración conocimientos; métodos de enseñanza

Abstract

Today education for tomorrow's development requires deep changes in integral training terms. The university must break the habitual educational patterns in order to build a curriculum that mean a real change in comparison with the traditional methods, from the conventional division of knowledge towards the articulation of interdisciplinary structures.

For that purpose the Universidad Nacional in Manizales, has implemented the "workshop" as a methodological alternative in the Industrial Engineers' training. The workshop, in this context, could be defined as an integrated, interdisciplinary and heuristic teaching-learning method in which students and teachers, with diverse experience, interact to construct knowledge and solve problems.

The "workshop" model is based on the approach of learning by doing, integrates teachers from different disciplines with the objective to view a problem from different angles and try integral solutions, as a part of a common purpose from other active methods, such as the search for more effective education ways. The "workshop" is mainly active because develop the theory and practice integration, the invention and the creativity, besides it has the property of inducing the student to make research.

The "workshop" was implemented ten years ago in the Industrial Engineering's teaching, however, it can not be regarded as a finished job. It is still an experience in construction that is enriched every day by the contribution and expertise of all the involved teachers. This methodology has been rated by students, teachers and auditors, as a successful and innovative methodological experience. That is why the main objective of this paper is to document the "workshop" methodology and to transfer it to other engineering programs in order to allow the qualitative leap in engineering's teaching way and give to the country the professionals it needs.

Keywords: *teaching; engineering's teaching; innovation in education*

1. Introducción

En las últimas décadas, la humanidad ha experimentado cambios sin precedentes en diversos ámbitos del mundo social y tecnológico, generando inmensos desafíos tanto a las personas, como a las organizaciones, quienes deben desenvolverse en escenarios más complejos, dinámicos e inciertos. Diferentes estudios sobre el rol de la educación en el siglo XXI la definen como el instrumento fundamental para preparar las próximas generaciones, con capacidad para dar solución a los numerosos desafíos que la humanidad enfrentará.

Para atender tales retos, se requieren reformas estructurales en los sistemas educativos de tal manera que puedan dar una respuesta actualizada y pertinente; específicamente en la formación de profesionales con las competencias requeridas para el ejercicio en la sociedad del conocimiento.

Frente a estos nuevos escenarios, las Instituciones de Educación Superior en Colombia si bien muestran avances significativos en materia de investigación, en formación de ciclo superior(maestrías y doctorados) en cualificación de sus docentes, etc., aún presentan debilidades pues enfrentan también desafíos internos, entre los cuales son recurrentes la baja capacidad de gestión universitaria y de liderazgo para impulsar y conducir procesos de mejoramiento del desempeño académico y específicamente en la formación del pregrado en sus currículos y en los métodos de enseñanza empleados, ausencia de investigación y de estímulo a la creatividad y a la innovación. La problemática en ingeniería no se distancia sustancialmente de la situación general y poco ha cambiado con referencia a la detectada hace aproximadamente 20 años (Misión Nacional para la Modernización de la Universidad Pública, 1995), lo que se deduce del estudio desarrollado en época relativamente reciente por la Universidad de los Andes y el CIDE de Medellín, (Duque M. et. al, 2005), en el que se realiza una evaluación global sobre las facultades de Ingeniería, identificando problemas como currículos recargados de contenidos, enciclopedistas, acumulación de cursos, carga académica alta, falta de claridad en los objetivos, aprendizaje descontextualizado, excesiva profesionalización, escasas actividades conducentes a desarrollar habilidades y a generar conciencia hacia los graves problemas nacionales, ineficacia de los métodos de enseñanza aprendizaje empleados, etc.

Es imperativo entonces realizar cambios académicos a las Facultades de Ingeniería, algunos de ellos de carácter radical, para que respondan al reto de formar profesionales con capacidad de asumir un rol directamente ligado a la generación, uso y gestión intensiva del conocimiento, con capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno, con capacidad de imaginar e inventar cosas nuevas, con capacidad para moverse con agilidad creativa en situaciones diversas y cambiantes, que se capaciten para aprender a aprender, se ejerciten en la crítica para evaluar y renovar lo aprendido; mantener abierto el espíritu a la experiencia intelectual caracterizada por altos niveles de complejidad, que requieren para su desarrollo enlazar saberes, habilidades y aptitudes con profesionales de diferentes disciplinas a través de aproximaciones flexibles, dentro de procesos bien articulados, y abiertas en modo efectivo a la innovación.

Lo anterior exige un trabajo interdisciplinario en el cual el ingeniero puede desempeñar un papel decisivo en la solución de gran parte de los problemas del país, que atañen a su profesión, profesión, sosteniendo un diálogo respetuoso con otros saberes, y al mismo tiempo aportando, en especial, su capacidad de buscar soluciones óptimas o cercanas al óptimo no sólo en lo técnico económico sino también en lo político, social, ambiental.

Hacia tales propósitos, el programa de Ingeniería Industrial de la UN sede Manizales, se enfocó hacia la innovación curricular, encaminada por un lado a buscar alternativas metodológicas en las cuales se pudiera lograr una mayor actividad y compromiso del estudiante en su formación, un entrenamiento desde el inicio de la carrera en la formulación y discusión de problemas del conocimiento en su campo; de otro lado se reformuló el plan de estudios que estaba compuesto por múltiples asignaturas y una serie de contenidos pluri o multidisciplinares, tan extensos y diversos, que conllevaban inexorablemente a su atomización, para ser reemplazados por una concepción integradora de los diversos campos y áreas del conocimiento requeridos para resolver los complejos problemas que se presentan.

2. Presentación general del modelo de Taller en Ingeniería Industrial

El modelo expuesto está inspirado en importantes métodos históricamente desarrollados, como el denominado Project Based Learning (PBL) o Project-Oriented Based Learning, “Aprendizaje basado en los

proyectos” y Aprendizaje basado en problemas, método de investigación -acción, que tienen un propósito común, como es la transformación de las prácticas actuales de enseñanza aprendizaje en prácticas más efectivas, para aplicarlas a la enseñanza de la ingeniería.

El Taller fue definido para el Programa curricular de Ingeniería Industrial UN Sede Manizales (Comité Asesor de Carrera, 1998): como “*Método de enseñanza-aprendizaje integrado, heurístico e interdisciplinario, en el cual estudiantes y profesores de las diferentes áreas del conocimiento interactúan para el estudio y construcción de conocimientos y la solución de problemas.*”.

Se fundamenta en el planteamiento de “aprender haciendo”; se propone actuar concretamente en el campo de la realización efectiva, con participación activa del estudiante a lo largo de todo el proceso; por sus aspectos constitutivos, se convierte en un campo propicio para la asimilación crítica del aprendizaje, el desarrollo de la capacidad de análisis y de síntesis, se favorece la creatividad, la iniciativa y el desarrollo intelectual enfatizando en el aprender a pensar, aprender a aprender y el saber hacer; se estimula la responsabilidad por el aprendizaje autónomo, despierta en el estudiante inquietudes e interrogantes para generar una actitud investigativa y lo induce hacia la búsqueda de soluciones concretas a los problemas planteados, teniendo en cuenta el contexto cultural, socioeconómico, tecnológico y ambiental en el que se plantea el problema.

La interdisciplinariedad entendida como concurrencia simultánea o sucesiva de saberes, sobre un mismo problema, proyecto, o área temática, se convierte en uno de los objetivos pilares del modelo, por lo cual en cada taller deben interactuar profesores de diversas disciplinas.

Dentro de este marco, el modelo se identifica como un proceso cualitativo que exige rigor lógico en su diseño metodológico e implementación; una formulación teórica seria y adecuada del objeto de estudio y una reflexión crítica permanente en cada una de las fases del proceso.

Sugiere este modelo, en un desarrollo más elaborado y maduro del mismo, ***el renunciar al menos parcialmente, a un currículo organizado por asignaturas, hacia un currículo articulado en torno a problemas y proyectos de investigación y aplicación.***

3. El concepto de integración en el taller

Se entiende por integración la unión entre los diferentes elementos que intervienen en el Plan de estudios y específicamente en los Talleres, como son: Las áreas, las asignaturas, los actores y el método. La integración en el taller se ha considerado desde cuatro ángulos diferentes:

- a. **Integración vertical**, entre las asignaturas de fundamentación y complementarias que se cursan parte de cada semestre académico de manera paralela al taller y que están estrechamente relacionadas con la temática del mismo, a través de problemas comunes o el desarrollo de trabajos que puedan ser orientados desde las diversas asignaturas y/o en el seno del Taller, con asesorías de los profesores de las diferentes áreas. La idea principal es poder resolver el problema concreto de manera integral a partir de los conocimientos de la matemática, la física y las ciencias de la ingeniería, planteando una profundidad, complejidad y magnitud para cada ejercicio, acorde con el semestre en que se encuentre.

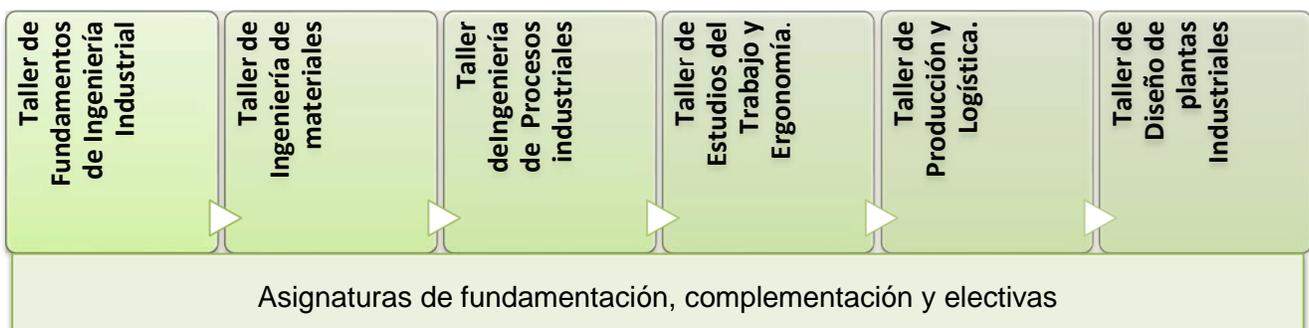
- b. **Integración Horizontal.** Se realiza en los talleres a partir de los conocimientos que conforman el componente disciplinar o profesional propio de la ingeniería industrial, distribuidos a lo largo de los diez semestres académicos a través de una secuencia lógica, ordenada, dosificada y progresiva.
- c. **Integración entre las diferentes disciplinas: interdisciplinariedad.** El objeto de estudio de la Ingeniería Industrial establece la necesidad de abordar los problemas propios de su profesión desde las diferentes disciplinas que se especializan en partes del todo estudiado por el Ingeniero Industrial; por lo tanto, se ha buscado que las diferentes áreas que conforman el pensum de la Carrera se entretrejan mediante la interdisciplinariedad auxiliar, y en áreas de formación profesional (concentrada básicamente en los talleres) se busca interdisciplinariedad compuesta, a través de la intervención directa de profesores de las disciplinas más estrechamente relacionadas con el área temática de cada taller, e indirecta, a través de asesorías de especialistas de otras disciplinas cuando se requiera para un problema determinado.
- d. **Integración Teoría – Práctica – Realidad.** En el caso particular del Ingeniero, los problemas que debe enfrentar son concretos y requieren para su comprensión igualmente de relaciones concretas con el mundo, que se acompañan de sistemas simbólicos y de elementos y relaciones conceptuales. El proceso de conocimiento está constituido por dos elementos que se conjugan como si fueran uno solo, la teoría y la práctica, el trabajo y la reflexión; se requiere posibilitar el conocimiento de la realidad a partir de la inserción en ésta, actuando, haciendo generalizaciones y abstracciones que le permiten mejorar el conocimiento teórico inicial, para manejarla mejor y si es posible transformarla.

Para lograrlo en cada uno de los talleres semestrales en los primeros semestres, se elige un problema o proyecto tomado de escenarios que evoquen y emulen los contextos de ejercicio profesional, para luego en la medida que se avanza en conocimientos se aborden problemas reales vinculación con el medio social y productivo. Adicionalmente y de manera paralela la teoría que se desarrolla en el taller se complementa para una mayor comprensión y asimilación con ejercicios realizados por cada área temática, laboratorios de comprobación y experimentación, estudio y análisis de casos reales, estadías en el medio, visitas, simulaciones. Cada una de estas actividades debe estar convenientemente concebida, diseñada, planificada y ejecutada para un óptimo avance y logro de los aprendizajes esperados en los estudiantes.

4. Funcionamiento y Operatividad de los Talleres

El taller se despliega en forma secuencial durante seis semestres académicos de la carrera; (figura 1), entre 3° y 8° semestre; en cada semestre se desarrolla una área temática denominada objeto de estudio y se define un objeto de trabajo (problema o proyecto), los cuales van aumentando en complejidad a medida que se avanza en la carrera.

Figura N° 1



Internamente cada taller se encuentra dividido en 5 fases cronológicamente establecidas a lo largo del semestre, tiene una intensidad de 10 horas semanales presenciales, 160 al semestre, (5 créditos), adicionalmente el estudiante debe desarrollar un trabajo autónomo por fuera de clase y recibe asesoría de su trabajo por parte del profesor u orientador. (Ver figura N°2)

- Fase programática. Antes de iniciar el semestre. Tiene como fin planear y programar las actividades a realizar en cada taller y definir los núcleos- problema a abordar en el semestre, con la participación de los diferentes profesores que intervienen en los talleres.
- Fase Introdutoria. Primera semana de clase. En la cual además de presentar el contenido del taller a los estudiantes, se establece la delimitación y alcance del proyecto o problema a abordar en el semestre y las condiciones para su realización.
- Fase de desarrollo entre las semanas 2 y 13; se dividida en cuatro cuerpos a saber: **un cuerpo teórico** a cargo del profesor sobre los aspectos teóricos y conceptuales de la asignatura; **cuerpo de aplicación teórica**, donde el estudiante desarrollará ejercicios, estudio de casos, aplicación de herramientas, técnicas y laboratorios, que le permitan la comprensión de la teoría. Un tercer cuerpo dedicado al estudio de **la teoría específica** necesaria para abordar el proyecto o problema elegido por el estudiante o subgrupo a la cual debe ser investigado por el estudiante con la orientación del profesor; por último, un cuerpo de **aplicación práctica** desarrollado totalmente por el estudiante con la asesoría y acompañamiento de los docentes que intervienen en el taller; se inicia con la selección del problema o proyecto a partir de los núcleo- problema definidos por los profesores, se elabora durante las 13 semanas programadas y en lo posible será común para varias de las asignaturas integradas del mismo semestre académico, pero se desarrollará en el seno del taller.

En esta fase el estudiante o grupo de estudiantes abordan las diferentes etapas del método de diseño en ingeniería, como son documentación, información, análisis, planteamiento de alternativas de solución y diseño. En casos especiales, puede establecerse la continuidad de los trabajos o investigaciones en los diferentes semestres, de acuerdo con la profundidad, magnitud y complejidad del tema elegido.

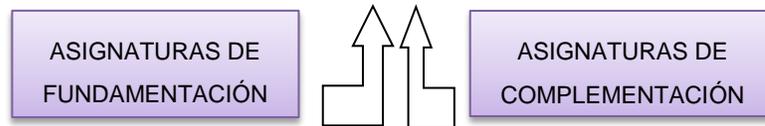
- Fase de evaluación, síntesis y retroalimentación. En la cual todos los estudiantes exponen los resultados de sus trabajos, con participación de profesores de otros talleres

Metas propuestas para las diferentes etapas del proceso

- Plantear problemas de intervención concretos y convertirlos a términos conocidos en oposición a términos desconocidos.
- Descubrir la fundamentación científica en la que se apoye el conocimiento tecnológico y establecer la naturaleza del problema, para al menos aspirar a profundizar en la conexión entre el conocimiento básico y aplicado.
- Desarrollar procesos de intervención rigurosa sobre las soluciones conocidas que evidencien los procesos, su configuración, las relaciones, y el impacto sobre el medio.
- Generar problemas y procesos de simulación creativa en torno a la reformulación del problema y soluciones presentes y futuras.
- Valorar críticamente el uso de algunas soluciones
- Incentivar la capacidad de diseño y producción con el desarrollo del espíritu creativo, abierto e intelectual.

Figura N° 2

1. FASE PROGRAMÁTICA	2. FASE INTRODUCTORIA	3. FASE DE DESARROLLO	A. ÁREA TEMÁTICA – CUERPO TEORICO	4. FASE DE SÍNTESIS , EVALUACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN
			B. APLICACIÓN TEORICA <i>Ejercicios – laboratorios – visitas – estudio de casos</i>	
			C. TEORÍA PARA ESTUDIO DEL OBJETO DE TRABAJO	
			C. APLICACIÓN PRACTICA- OBJETO DE TRABAJO (Problema o proyecto central)	
Semana 0	Semana 1	Semanas 13 a 15		Semanas 16 y 17



5. Implementación del modelo en Ingeniería Industrial

El modelo expuesto viene siendo aplicado en Ingeniería Industrial desde hace algunos años y para su puesta en marcha se realizó una reforma curricular profunda que implicó la reducción sustancial del número de asignaturas tradicionales y la agrupación de contenidos temáticos estrechamente relacionados que eran dictados como asignaturas independientes, de tal manera que pudiera cumplirse con uno de los propósitos fundamentales, como era la integración de conocimientos; por ejemplo, asignaturas del pensum anterior como Estática, Resistencia de materiales, Química de los materiales y Laboratorio de materiales, se integraron en el denominado “Taller de Ingeniería de materiales” , lo cual exigió a los docentes un trabajo de reflexión profunda para adaptar las asignaturas, sintetizando contenidos y reelaborando los objetivos de las asignaturas

Algo sustancial en el taller es definición clara de los objetivos que se quieren lograr en cada etapa del proceso a partir de los cuales se realiza la selección de los núcleos problema y dentro de éstos los problemas u objetos de trabajo a abordar, que permitan articular los conocimientos hacia el objeto de estudio buscando que todas las iniciativas converjan hacia una tarea única. Los proyectos pueden extenderse más de un semestre en casos especiales, de acuerdo con el nivel de avance del estudiante y el grado de complejidad del problema. Se plantean a partir de situaciones concretas de diferente complejidad dependiendo del semestre, que exigen que el profesor guíe al estudiante en la búsqueda de nuevos conocimientos alrededor del mismo, el estudio y el planteamiento de alternativas que deben concretarse en un resultado final y en el diseño de la solución.

El problema se convierte entonces no en el fin, sino en el medio para alcanzar unos objetivos deseados, para afianzar y asimilar conocimientos y el proyecto o diseño en el medio para integrar teoría-práctica-realidad.

Finalmente vale la pena anotar que para poner en práctica el taller fue necesario limitar los grupos de estudiantes a un máximo de 40 alumnos, lo cual permite llevar a cabo un seguimiento personalizado de cara a posibilitar una retroalimentación y “evaluación continua” de los mismos.

6. Referencias

Libros

- López, N. (1995). La reestructuración curricular de la Educación Superior. ICFES Universidad Surcolombiana, Bogotá.
- Misión Nacional para la Modernización de la Universidad Pública. (1995). Informe final,

Impresos universitarios

- Universidad Nacional de Colombia. Comité asesor de Ingeniería Industrial. (1989). Propuesta de reforma curricular.

Fuentes electrónicas

- Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia), Corporación para el Desarrollo de la Investigación y la Docencia Económica, CIDE, Medellín (2005), Mauricio Duque, Alain Gauthier, Rafael Gómez, Jaime Loboguerrero y Álvaro Pinilla, Rafael Aubad, Hugo López. Formación de ingenieros para la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia. Consultado el 1 de abril del 2013 en: www.iered.org/archivos/...CTS.../2005-02-21_Formacion-Ingenieros.pps

Sobre los autores

- **Constanza Montoya Restrepo:** Ingeniera Industrial. Especializada en Administración de Sistemas de información UN de Colombia. Especializada en Creación y Desarrollo de Empresas. Profesora Asociada UN de Colombia.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)