



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

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

# DEL AULA A LA REALIDAD. LA IMPORTANCIA DE LOS LABORATORIOS EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO. CASO DE ESTUDIO: INGENIERÍA AERONÁUTICA – UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

Germán Urrea Quiroga, Juliana Andrea Niño Navia, Jorge Iván García Sepúlveda, Juan Pablo Alvarado Perilla, Germán Alberto Barragán de los Ríos, Omar Hazbón Álvarez

Universidad Pontificia Bolivariana  
Medellín, Colombia

## Resumen

Los laboratorios han sido utilizados como un mecanismo de enseñanza-aprendizaje, un puente entre la teoría y la práctica real. La facultad de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana centra su modelo pedagógico en la metodología CDIO (Concebir – Diseñar – Implementar – Operar). La cual permite una mejor apropiación del conocimiento ya que estimula la interacción con un entorno real, que permite corroborar las teorías y modelos aprendidos durante el recorrer de los cursos.

El comité del currículo de la facultad realizó un estudio sobre la importancia de los laboratorios y proyectos finales de cursos en el fortalecimiento de los conceptos y el aprendizaje. El objetivo principal era definir la percepción del estamento docente de la facultad, sobre la efectividad de estas estrategias metodológicas en su proceso de aprendizaje. Se encontró como resultado una percepción favorable y una mejora considerable en el aprovechamiento de los cursos por parte de los estudiantes. Esto conlleva a alteraciones en la malla curricular del programa, elaboradas dentro de un proceso de transformación que está siendo implementada en la actualidad.

**Palabras clave:** laboratorios; aeronáutica; currículo

## Abstract

*Laboratory experiences have been used as a reliable knowledge acquisition method, they are considered as important links between theoretical classes and real practices. The Aeronautical Engineering Faculty at Universidad Pontificia Bolivariana in Medellin, has developed its pedagogic project based in the CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) methodology. This methodology allows a better procurement of*

*knowledge, since it stimulates the interaction with real world case scenarios, which allows students to corroborate the theories and models learned during the courses.*

*The faculty curriculum committee made a study about the significance of laboratories experiences and final course projects in strengthen basic concepts and learning. The main objective was to evaluate the perception of the student community, about the effectiveness of these methodological strategies in their learning process. It was found that students have a positive perception on laboratories and final course projects, undergraduates also consider that by using these schemes the courses are more valuable and they get the most of them. As a conclusion, the curriculum of the undergraduate program it is being modified and implemented as part of a transformation process undergoing at the university.*

**Keywords:** laboratories; aeronautics; curriculum

## 1. Introducción

Dentro de los objetivos de la formación profesional en el campo de la ingeniería debe estar el permitir a los estudiantes desde las primeras etapas, experimentar la ciencia y la tecnología de tal manera que les de la capacidad de una activa construcción de ideas y de explicaciones que conllevara al aumento de las oportunidades para desarrollar, aprovechar y generar nuevas tecnologías.

En las últimas décadas se han adelantado investigaciones sobre las prácticas de laboratorio, que permiten renovar los trabajos prácticos tradicionales (Hodson; et al 1994); generando un amplio consenso en torno a la orientación del trabajo experimental como una actividad investigativa que juega un papel primordial en la familiarización de los estudiantes con la metodología científica.

Por lo anterior se propuso un estudio que demostrara a partir de un referente teórico y un análisis de percepción la importancia de las clases teórico-prácticas, laboratorios y proyectos finales de cursos en el fortalecimiento de los conceptos y el acercamiento de los estudiantes a la realidad de su vida profesional.

El presente documento se estructura presentando el referente teórico que soporta el análisis realizado, el estudio de caso específico sobre la facultad de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana y unas conclusiones sobre los resultados encontrados.

## 2. Referente teórico

Sin duda, el trabajo práctico y, en particular, las actividades de laboratorio constituyen un hecho diferencial propio de la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Hace casi trescientos años que John Locke propuso la necesidad de que los estudiantes realizaran trabajo práctico en su educación, y a finales del siglo XIX ya formaba parte integral del currículo de ciencias en Inglaterra y Estados Unidos (Gee et al, 1992); (Layton, 1990); (Lock, 1988). Desde entonces, se ha mantenido una fe inamovible en la tradición que asume la gran importancia del trabajo práctico para la enseñanza de las ciencias. (Barberá y Valdes 1996)

El National Research Council, (1995) afirma que enseñar efectuando investigaciones y prácticas ofrece al personal docente la oportunidad de que sus alumnos desarrollen aptitudes para enriquecer el conocimiento técnico y científico. Lo anterior apoya la importancia de la construcción y documentación de un marco

teórico para la enseñanza y el aprendizaje de la Ciencia y la Tecnología a través de una docencia basada en el trabajo práctico y la investigación.

La aplicación de las diferentes alternativas de aprendizaje es una opción frente al desarrollo de la enseñanza tradicional, en la que prevalece la clase magistral, según Scoles y Pattacini (2012). La enseñanza tradicional no resulta completamente eficaz para un aprendizaje significativo, recomendando el empleo de métodos menos pasivos para el estudiante, afirmando que los mismos perciben el laboratorio como un lugar donde están activos. Por su parte Hodson, (1994) remarca que innovar en las prácticas de laboratorio teniendo en cuenta lo que el alumno ya sabe juega un papel fundamental en lo que este aprende. Lo anterior sustenta la afirmación de que las prácticas de laboratorio juegan un papel primordial en la familiarización de los estudiantes con la metodología científica (Torres et al, 2013).

### **3. Estudio de caso**

#### **3.1. Contexto**

El presente estudio de caso se llevó a cabo dentro de la facultad de Ingeniería Aeronáutica perteneciente a la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana, a continuación se presentarán los aspectos más relevantes sobre la concepción metodológica de los entes en cuestión así como la metodología empleada para la realización del estudio.

#### **3.2. Modelo pedagógico y Estrategias metodológicas**

El Modelo Pedagógico integrado de la Universidad Pontificia Bolivariana privilegia el aprendizaje y la posición activa del estudiante en la construcción de su propio conocimiento (Universidad Pontificia Bolivariana, 2009); Igualmente la metodología técnica de enseñanza es un aspecto de eficiencia insuperable dentro del aparato tecnológico y científico moderno. T.S. Kuhn, (1995) afirma: en “La Estructura de las Revoluciones Científicas” los métodos de la “ciencia normal” para auto-enseñarse tienen una eficacia difícilmente mejorable.

La metodología de enseñanza responde por los procedimientos generales de exposición y transmisión de los saberes a partir de la propuesta de estructuras lógicas para su desarrollo, en este sentido es necesario hacer notar la diferencia entre el método de construcción de una ciencia o disciplina y su método de presentación, cuando el propósito es la enseñanza (Tabares et al, 2012).

Existen dos pasos fundamentales que conforman el método de enseñanza técnica: en el primero se suministra un marco fundamental de conocimientos y metodologías. Este marco conceptual, implica el dominio de herramientas de análisis y síntesis que se aplican a la solución de problemas y situaciones de muy diversa naturaleza. En el segundo se pone a prueba ese marco, enfrentando otros problemas y situaciones, ante los cuales no basta con tomar posiciones, opinar ni reflexionar, sino dar soluciones concretas, en lo posible optimizadas de alguna forma.

El método de enseñanza científico-técnico queda enmarcado dentro de uno más genérico que engloba toda la actividad científica: “El Método Científico”.

En la Escuela de Ingenierías de la UPB siempre se ha tratado de respetar ese marco de enseñanza, que se resume en el binomio: “Informar sobre el marco teórico-metodológico y evaluar por dominio en el planteamiento y solución de problemas”. En cuanto a los aspectos secundarios de presentación de

contenidos y de criterios de calificación se han aplicado los métodos, de acuerdo con las tendencias y las vicisitudes de todas las épocas. (Universidad Pontificia Bolivariana, 2012).

En la facultad de Ingeniería Aeronáutica de la UPB, se hace particular énfasis en la línea sujeto - medio - objeto de la educación en sus aulas. Para la definición del sujeto, se establecen los perfiles del estudiante y del docente. Para explicar el medio se describen el modelo y las estrategias metodológicas. El objeto se encuentra plasmado en el plan de estudios de la facultad.

El modelo pedagógico de la facultad de ingeniería aeronáutica está orientado a la apropiación e implementación de la metodología de enseñanza CDIO que es la abreviatura de *Concebir – Diseñar – Implementar – Operar*, la cual se tomó como ejemplo exitoso del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Esta es una metodología de trabajo en ingeniería que pretende dar a los estudiantes las herramientas necesarias para enfrentar de manera innovadora y flexible los problemas complejos de la sociedad (Ramírez et al., 2008). Este es un marco educativo innovador dirigido a producir la próxima generación de ingenieros, concebidos con los conocimientos, el talento y la experiencia que necesita la industria.

La metodología CDIO sienta las bases de una planificación curricular y de resultados basados en evaluaciones que se pueden adaptar a todas las escuelas de ingeniería. Los estudiantes mediante una gama de experiencias personales, interpersonales y de formación de sistemas sin paralelo que les permite sobresalir en equipos reales de ingeniería y producir nuevos productos y sistemas. Aplicando dicha tecnología se diseñan cursos que refuerzan este aprendizaje de la teoría a la práctica. Experiencias de concebir, diseñar, implementar y operar se entretajan en el currículo teniendo cursos específicos donde se refuerzan los conceptos teóricos por medio de prácticas de laboratorio y trabajos de final de curso. Con el desarrollo de la teoría junto con la aplicación práctica, los estudiantes aprenden la aplicabilidad y las limitaciones de la teoría.

### **3.3. Las prácticas de laboratorio en la facultad de Ingeniería Aeronáutica**

Dentro de la facultad de Ingeniería Aeronáutica para permitir que los estudiantes entiendan que concebir-diseñar-implementar-operar es el contexto de la educación, se cuentan con espacios de trabajo y laboratorios de apoyo. El establecimiento de estos ambientes de trabajo CDIO estimula la interacción con otros estudiantes para entender los requerimientos y las necesidades de diferentes problemas para lo cual se incluye el uso de recursos físicos como los equipos de laboratorio, dirigidos a estimular la reflexión y el desarrollo conceptual. El funcionamiento de estos espacios es fácil de aplicar en un entorno académico, ya que los estudiantes pueden aprender a elaborar y realizar experimentos ya sean presentados por el docente en clase o invenciones propias del estudiante que serán desarrolladas por medio de simulaciones o en entornos de operaciones reales.

#### **Experiencia del laboratorio de rendimiento de aeronaves**

Uno de los casos que demuestran la gran importancia de las prácticas en cursos teóricos es la realizada en la asignatura de Diseño Conceptual de Aeronaves en la cual se enseña el tema de rendimiento de aeronaves donde los estudiantes adquieren la capacidad de calcular diferentes tipos de parámetros de una aeronave durante una misión específica de vuelo, como por ejemplo la distancia total de avance horizontal, las velocidades de las diferentes maniobras, las distancias para el despegue y aterrizaje, entre otras. Para corroborar el cálculo de estos parámetros la facultad de Ingeniería Aeronáutica de la UPB realizó un convenio con la Academia Antioqueña de Aviación (AAA) que es un centro de instrucción aeronáutico avalado por la Autoridad Aeronáutica Colombiana para la formación de pilotos, técnicos, oficiales de operación y auxiliares de vuelo, con el fin de realizar vuelos de observación científica. Esta práctica se

adoptó en la facultad de Ingeniería Aeronáutica como elemento diferenciador dentro de la formación de ingenieros y a manera de ejemplo de otras universidades en el exterior como la holandesa DELFT, en donde utilizan una aeronave de propiedad gubernamental para realizar este mismo tipo de prácticas además de utilizarla como equipo de laboratorio. Hasta el momento no se tiene conocimiento o registro de este mismo de ejercicios en ninguna universidad latinoamericana.

**Figura 1. Experiencia real de vuelo de comprobación**



Dentro del convenio se estableció la posibilidad del uso de sus aeronaves de instrucción PIPER PA-28 Archer II, para el uso de estudiantes de Ingeniería Aeronáutica de la UPB que estén tomando el curso de Diseño Conceptual de Aeronaves con el fin de realizar una práctica real de vuelo de una hora y media a partir del cual corroboran los parámetros previamente calculados teóricamente. Las aeronaves de la AAA, cuentan con los siguientes equipos de medición:

- Indicador de giro,
- Indicador de velocidad del aire,
- Altímetros,
- Indicador de velocidad vertical,
- Giroscopio de altitud,
- Compas magnético,
- GPS (sistema de posicionamiento global).

Los procedimientos realizados en la práctica son de gran importancia debido a que la idea es que cada estudiante se familiarice con la aeronave, los equipos e instrumentos dispuestos en la ella, al igual que entienda el procedimiento de operación de vuelo teniendo en cuenta la medición de los diferentes parámetros y la obtención de datos. Lo interesante de este tipo de práctica es que el estudiante de octavo semestre no solo contrasta lo aprendido en el desarrollo del semestre, sino que también corrobora de manera directa muchos aspectos relacionados con la carrera como por ejemplo temas de aerodinámica, dinámica de vuelo, estructuras y los sistemas propulsión.

En el desarrollo de la práctica las maniobras en vuelo son las siguientes:

- Maniobras en vuelo lento.
- Procedimientos en plataforma.
- Chequeo de superficies.
- Maniobras de pérdida y giros.
- Perdidas de potencia.
- Rendimiento de la aeronave en vuelo.
- Distancias de despegue y tasas de ascenso.

Para cada práctica, el docente encargado debe diseñar una misión de vuelo en conjunto con el piloto, asegurando que estas sean distintas para cada grupo de estudiantes. Para el diseño de las misiones se tienen en cuenta los siguientes procedimientos:

- Encendido de motores,
- Despegue,
- Aterrizaje,
- Circuitos de espera,
- Crucero,
- Ascensos,
- Virajes suaves, medios y cerrados,
- Vuelo nivelado con mínima potencia de los motores.

La percepción por parte de los estudiantes que han realizado esta práctica ha sido satisfactoria, debido a que tienen una experiencia completa ya que interactúan con una aeronave afianzando los temas aprendidos en diferentes cursos, además de realizar un proceso completo de planeación de la operación de la práctica teniendo contacto directo no solo con la aeronave sino también con el personal encargado de la operación y del mantenimiento que ayudan al éxito del ejercicio.

### **3.4. Desarrollo de la encuesta**

Con el objetivo principal de conocer la percepción del estamento discente de la facultad, sobre la importancia de los laboratorios como estrategia metodológica, se realizó una encuesta, con las siguientes características.

#### **Muestra**

La población discente del programa de Ingeniería Aeronáutica en el primer semestre del 2013 es de doscientos noventa (290) estudiantes, sin embargo, el grupo objetivo de este estudio corresponde a los alumnos que ya han tenido un contacto directo con las prácticas de laboratorio ofrecidas por el programa, por tanto se reduce a tan solo 87 individuos; de los cuales se obtuvo una muestra poblacional constituida por sesenta (60) estudiantes.

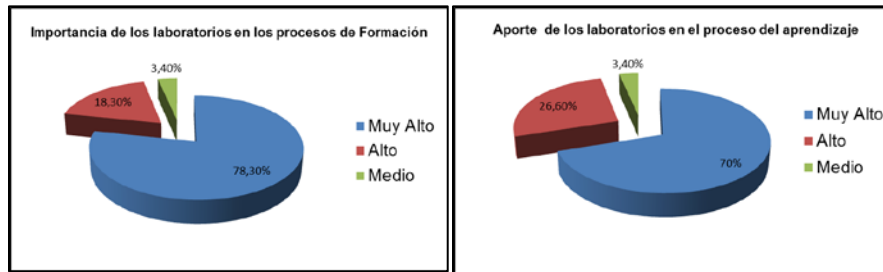
#### **Diseño de la Investigación**

Durante el segundo semestre del año 2012 se realizó la fase diagnóstica con profesores y estudiantes del programa de Ingeniería Aeronáutica, sobre las concepciones que tienen acerca de las prácticas de laboratorio. En dicha fase se aplicaron entrevistas semiestructuradas, cuyos resultados permitieron la construcción de una encuesta, la cual fue aplicada al inicio del 2013, y contó con un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5%. A continuación se presentan los resultados de las encuestas.

#### **Resultados**

Los resultados obtenidos de las encuestas muestran que más del 78% de los estudiantes consideran que los laboratorios son muy importantes en el proceso de formación como ingeniero y su aporte en el proceso del aprendizaje es muy alto alcanzando un 70%, ya que les permite contrastar y afianzar los conocimientos adquiridos en el aula. Adicionalmente lo consideran como una oportunidad única de acercarse a la realidad.

**Gráfica 1. Importancia y aporte de los laboratorios en los procesos de Formación y aprendizaje**



El programa de Ingeniería Aeronáutica cuenta con líneas de formación optativas que permiten al estudiante realizar una profundización en algún área de interés, dentro de los cursos ofrecidos en esta modalidad se encuentra la práctica profesional, este curso permite al estudiante realizar labores propias del ingeniero en un entorno real bajo la supervisión tanto de un empleado de la organización como de un docente del programa, lo anterior posibilita que los estudiantes contrasten su formación frente a la realidad manteniendo un entorno académico de aprendizaje.

De 93 estudiantes que han finalizado sus estudios de Ingeniería Aeronáutica 67 han realizado prácticas empresariales, durante su proceso de seguimiento y evaluación se analizó la importancia de la práctica en su formación como ingeniero, el 100% de los practicantes indicó que esta les permite afianzar y contrastar sus conocimientos teóricos, además considera que es importante para su formación integral como Ingeniero.

#### 4. Conclusiones

El estudio confirmó la relevancia de las prácticas de laboratorio como metodología de enseñanza-aprendizaje, acompañando lo presentado por la literatura académica internacional. Adicionalmente se encontró que no solo los laboratorios permiten una mayor apropiación del conocimiento, si no que estrategias tales como: los proyectos finales de curso y la práctica empresarial también ayudan en esa tarea.

Como consecuencia de los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que al interior de la Universidad se está llevando a cabo el proceso de transformación curricular, la facultad de Ingeniería Aeronáutica decidió darle mayor relevancia a la parte de práctica, dando como resultado la creación de cursos netamente prácticos.

#### 5. Referencias

- Barberá, O. Valdés, P. (1996) El Trabajo Práctico en la Enseñanza de las Ciencias: Una Revisión. Revista Enseñanza de las ciencias 14(3) págs. 365-379.
- Gee, B. Clackson, S.G. (1992) The Origen of Practical Work in the English School Science Curriculum. School Science Review, 73 (265), pp. 79-83
- Hodson, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, (1994). Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 12. No. 3. Págs. 299 – 313.
- Hodson, D. The Ontario Institute for Studies in Education, (1994). Toronto (Canadá) Investigación y experiencias Didácticas: Hacia un enfoque más crítico del trabajo de Laboratorio. Enseñanza de las ciencias, 12.(3), 299-313.

- Kunh, T.(1995). La Estructura de las Revoluciones Científicas. Ed. Fondo de la Cultura Económica.
- Layton, D. (1990) Student Laboratory practice and the history and philosophy of science en the student Laboratory and the science curriculum. Editado por Elizabeth Hegarty-Hazel. Londres: Routledge.
- Lock, R.(1988) A history of practical work in schools and universities: structures and strategies still largely unexplored. The Australian Science teachers Journal, 32, pp. 31-39.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, (1996). National Science Education Standards. Washington: National Academy Press.
- Proyecto Educativo Programa de Ingeniería Aeronáutica. (2012) Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín.
- Ramírez, C. Plazas, J. Torres, C. Pacheco, JF. (2008) Proyecto de innovación comunitaria-PIC: Una experiencia de trabajo de ingeniería multidisciplinar e interuniversitario para la comunidad. Memorias de la Reunión Anual ACOFI.
- Scoles, G. Pattacini, H. (2012) Innovación de una práctica de laboratorio docente en la asignatura química orgánica. III Jornadas de Educación Mediada por Tecnología. Sistemas de Educación Abierta y a Distancia (SEADI).
- Tabares, J. Londoño, B. (2012). Propuesta para innovar en unas metodologías de enseñanza universitaria. Documento presentado durante el seminario taller: “La práctica pedagógica en la universidad y las reformas académicas”. Universidad Nacional de Colombia.
- Torres, L. Villareal M. Zapata, P. Rodríguez, J. Colmenares, E. Moreno, S. (2013) Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en la educación superior. Universidad Autónoma de Barcelona, Instituto de Ciencias de la Educación. Consultado en: enero 20 de 2013. Ddd.uab.cat

### Sobre los autores

- **Juan Pablo Alvarado Perilla:** Ingeniero Aeronáutico. Profesor Asociado. [juan.alvarado@upb.edu.co](mailto:juan.alvarado@upb.edu.co)
- **Germán Alberto Barragán** de los Ríos: Ingeniero Aeronáutico, MSc. Transporte Aéreo y Aeropuertos. Profesor Asistente. [german.barragan@upb.edu.co](mailto:german.barragan@upb.edu.co)
- **Jorge Iván García Sepúlveda:** Ingeniero Aeronáutico, MSc. Thermal Power (Gas Turbine Technology). Profesor Asociado. [jorge.garcia@upb.edu.co](mailto:jorge.garcia@upb.edu.co)
- **Omar Hazbón Álvarez:** Ingeniero Mecánico: MSc. Aerospace Engineering. Profesor Asociado. Director Facultad Ingeniería Aeronáutica. [omar.hazbon@upb.edu.co](mailto:omar.hazbon@upb.edu.co)
- **Juliana Andrea Niño Navia:** Ingeniera Aeronáutica, MSc. Ingeniería Aeronáutica y Mecánica. Profesor Asistente. [juliana.nino@upb.edu.co](mailto:juliana.nino@upb.edu.co)
- **Germán Urrea Quiroga:** Ingeniero Aeronáutico. Profesor Asociado. [german.urrea@upb.edu.co](mailto:german.urrea@upb.edu.co).

---

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)