



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

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

# INNOVACIÓN EN ESPACIO PRÁCTICO DE LABORATORIO

Carlos Costa Posada, Diana Janeth Lancheros Cuesta, Édgar Javier Barajas Herrera

Universidad de La Salle  
Bogotá, Colombia

## Resumen

Las tendencias actuales de la educación y la transformación permanente de currículos implican mejores y nuevas apuestas en la estructura, gestión y didácticas del aprendizaje. La enseñanza tradicional en laboratorios de los diversos programas de ingeniería, orienta al estudiante hacia un seguimiento riguroso de una guía metodológica con resultados que proyectan siempre las mismas conclusiones, donde el estudiante no tiene la oportunidad de explorar y proponer nuevos modelos de experimentación que permitan dar soluciones innovadoras a las problemáticas del entorno.

La Universidad de La Salle fortaleciendo el trabajo interdisciplinar de los procesos académicos de los programas de ingeniería eléctrica, automatización e industrial, ha diseñado nuevos espacios físicos de laboratorios flexibles y apropiados a las actuales estrategias de enseñanza y aprendizaje, tales como: (a) aprendizaje basado en problemas; (b) desarrollo de proyectos integradores; (c) aplicación de metodología CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar); (d) modelo MidwiFE (Motivar, Iniciar, Facilitar, Evaluar); (e) investigación tecnológica y aplicada, entre otras. Con la utilización de laboratorios actualizados, se conciben además, espacios de interacción entre los programas académicos, que abren entre sí la expectativa y la comprensión del trabajo que se realiza en cada uno de ellos y que llevan problemas diarios de la industria a la academia, donde cada disciplina aporta la solución que le corresponde. Este horizonte involucra experiencias pedagógicas, actividades y estrategias en pro de la formación de profesionales que puedan satisfacer las necesidades del mundo actual, ingenieros con facilidad y gusto por trabajar en equipo, capaces de asumir el liderazgo para orientar a un grupo a la consecución de sus metas, entrenados en la resolución de problemas con propuestas innovadoras y que con un comportamiento ético, no improvisen sino que implementen proyectos que provengan de una adecuada planeación.

**Palabras clave:** innovación en la formación; modelo de enseñanza; laboratorio de ingeniería

## *Abstract*

*Current trends in education and permanent transformation and new curricula involve best bets in the structure, learning and educational management. Traditional teaching laboratories in the various engineering*

*programs, guides the student toward a rigorous monitoring methodology guide that project results always the same conclusions, where the student has the opportunity to explore and propose new experimental models that allow for innovative solutions to environmental problems.*

*La Salle University has strengthened the work of the academic interdisciplinary programs electrical engineering, and industrial automation, has designed new physical spaces flexible and appropriate laboratory to current teaching and learning strategies, such as: (a ) problem-based learning, (b) development of integration projects, (c) methodology applying CDIO (Conceive, Design, Implement and Operate), (d) model Midwife (Motivate, Initiate, Facilitate, Assess), (e) research technological and applied, among others. With the use of updated laboratories, well-conceived, areas of interaction between the academic programs that open each other's expectations and understanding of the work done in each of them and leading industry journals problems to the academy, where each discipline provides the solution that suits you. This horizon involves teaching experiences, activities and strategies towards the formation of professionals who can meet the needs of today's world, engineers easily and like to work in a team, able to take the lead in guiding a group to achieve its goals, trained in problem solving and innovative proposals with ethical behavior, not improvise but to implement projects that come from proper planning.*

**Keywords:** *innovation in teaching; teaching strategy; engineering laboratory*

## 1. Introducción

La autonomía universitaria ofrece la posibilidad a las instituciones de educación superior de definir su propia estructura de administración (Pulgarín Martínez & Castañeda Ruiz, 2005). En este sentido la Universidad de La Salle ha realizado el tránsito de facultades por cada programa académico a facultades que integran los programas académicos de una misma ciencia del conocimiento. Esta proyección, además de optimizar procesos académico-administrativos de la Facultad de Ingeniería, fortalece la formación del futuro profesional al integrar la práctica docente de diversas disciplinas de la ingeniería. Desde esta perspectiva, se ha remodelado la infraestructura física de los laboratorios tal que se conviertan en ambientes de interacción que facilitan la aplicación de cualquier estrategia de enseñanza y aprendizaje hacia la construcción de conocimiento a través de la puesta en marcha de soluciones básicas de ingeniería a problemas que contextualizan los propósitos de los espacios académicos. La apuesta es por un profesional de ingeniería que desde su formación se entrene en la aplicación de las competencias que exige el mundo industrial interdisciplinario y tecnológico de hoy (MIT, 2011). La Figura 1 permite identificar los aspectos diferenciales en la renovación de los laboratorios de la Universidad de La Salle.

Ahora	Antes
✓Guía conductista	✓Orientación constructivista
✓Comprobación del conocimiento	✓Comprobación del conocimiento
✓El profesor enseña	✓El estudiante aprende
✓Espacios cerrados	✓Espacios abiertos
✓Espacios disciplinares	✓Espacios interdisciplinares
✓Rigidez	✓Flexibilidad

Figura 1. Aspectos de renovación en laboratorios. (Eléctrica-Automatización, 2013)

## 2. Marco de Referencia

Los procesos educativos se basan en el desarrollo cognitivo, asociado a teorías de cognición (conocimiento) y metacognición (desarrollo del conocimiento) y referentes que a través de los años han permitido determinar cómo es en realidad que un estudiante aprende. La metacognición se refiere originalmente como el conocimiento y la regulación de las actividades cognitivas en los procesos de aprendizaje (Flavell, 1979), (Brown, 1987). Un modelo de enseñanza práctico en laboratorio, debe ser el producto de un proceso de indagación disciplinada, motivada en primera instancia por el docente, a fin de encontrar herramientas con las cuales se puede interactuar y entender los contenidos de forma conjunta con los alumnos. (Joyce & Weil, 2002) .Los modelos de aprendizaje que pueden ser aplicados en un entorno práctico de laboratorios están orientados a modelos de procesamiento de la información. A continuación se describe cada uno con las características más importantes. (Joyce & Weil, 2002)

### ***2.1 Modelos pedagógicos del procesamiento de la información***

Este tipo de modelos están caracterizados por grandes cantidades de información en ambientes educativos en donde el análisis y la argumentación son indispensables, como por ejemplo los ejercicios realizados al interior del laboratorio. A continuación se mencionan los tipos de modelos de esta categoría (Joyce & Weil, 2002).

Modelo Inductivo Básico: el proceso metodológico en el aula se evidencia por la consecución de las siguientes etapas: (1) Formación de conceptos: en el cual se llevan a cabo las tareas de enumeración/descomposición del problema o sus actividades, agrupamiento y categorización. (2) Interpretación del dato: en donde se realizan actividades como la identificación de relaciones críticas, exploración, y establecimiento de relaciones para inferir la posible solución del problema en el laboratorio. (3) Aplicación de principios: en donde se aplican actividades de predecir, explicar, y verificar por medio de casos de estudios aplicados al interior del laboratorio (Joyce & Weil, 2002) (Valcárcel, 2004) (Alvarado Martínez & Rodríguez Bulnes, 2009).

Modelo Pedagógico Basado en Formación de Conceptos: el proceso metodológico en el aula se evidencia por la consecución de las siguientes etapas: (1) Presentación de los datos e identificación del concepto. (2) Verificar la formación del concepto. (3) Análisis de las estrategias de pensamiento. Para este modelo, los procesos con los cuales se dan la asignación de actividades desarrolladas en el laboratorio son: 1) dar apoyo permanente al estudiante. 2) Enfatizar en la naturaleza hipotética de la discusión. (3) Ayudar a equilibrar hipótesis. (4) Centrar atención en características de los ejemplos comprobados en las prácticas de laboratorio. (5) Acompañar procesos de análisis y evaluación de estrategias.

(Joyce & Weil, 2002) (Valcárcel, 2004) (Alvarado Martínez & Rodríguez Bulnes, 2009).

Modelo Pedagógico de Indagación Científica: el proceso metodológico en el aula se evidencia por la consecución de las siguientes etapas: (1) Se propone un área de investigación. (2) Los estudiantes estructuran el problema. (3) Identifican el problema en la investigación. (4) Especulan sobre los métodos para aclarar la dificultad o solucionar el problema planteado. Para este modelo, los procesos con los cuales se dan la asignación de actividades desarrolladas en el aula se mencionan a continuación: (1) Fomenta la indagación con énfasis en el proceso más que en resultados. (2) Desarrollo de habilidad de formulación de hipótesis, interpretación de datos y (3) Desarrollo de constructos. (Joyce & Weil, 2002) (Valcárcel, 2004) (Alvarado Martínez & Rodríguez Bulnes, 2009) (Lancheros Cuesta, 2013).

Modelo Pedagógico Basado en el Entrenamiento para la Indagación: el proceso metodológico en el aula se evidencia por la consecución de las siguientes etapas: 1) confrontación con situación desconcertante. (2)

Recopilación de datos verificación y experimentación. (3) Formulación de preguntas de tipo si/no. (4) Organización, formulación y explicación. (5) Análisis del proceso. Para este modelo, los procesos con los cuales se dan la asignación de actividades desarrolladas en el laboratorio se mencionan a continuación: 1) formular preguntas que induzcan respuestas susceptibles de responder con sí o no. (2) Reformular preguntas y respuestas no válidas. (3) Usar lenguaje propio de indagación. (4) Estimular interacción. (5) Inducir a la formulación clara y precisa de teorías. (6) Proporcionar ambiente de libertad. Los resultados del proceso de enseñanza y aprendizaje que son evidentes en el alumno, son: (1) aprendizaje activo y autónomo. (2) Expresividad verbal. (3) Tolerancia a la ambigüedad, persistencia. (4) Pensamiento lógico. (5) Naturaleza tentativa del conocimiento. (6) Creatividad. (Joyce & Weil, 2002) (Valcárcel, 2004) (Alvarado Martínez & Rodríguez Bulnes, 2009). A continuación se describen los principales componentes del espacio práctico de laboratorio.

### 3. Espacio práctico de laboratorio

La innovación en espacio práctico de laboratorio tiene la interacción e interdisciplinariedad de diversos componentes. Ver Figura 2.

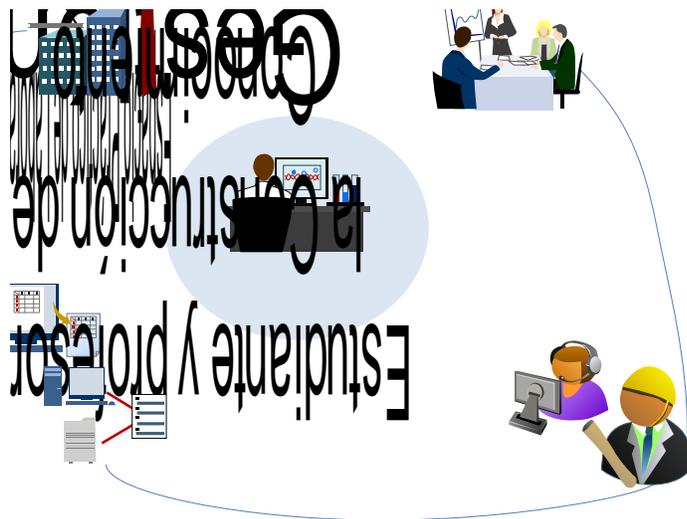


Figura 2. Componentes del espacio práctico de laboratorio

**GESTIÓN:** para garantizar un servicio de calidad en los laboratorios, se ha diseñado un sistema administrativo siguiendo en el que se destacan cuatro aspectos: organigrama, procedimientos, sistemas de información e indicadores. El recurso humano necesario para concretar los requerimientos y propósitos académicos y de investigación, parte de un director general de laboratorios de ingeniería y un coordinador de área que en este caso integra los espacios de automatización, eléctrica e industrial. La actividad específica de servicio a los estudiantes, docentes, egresados y particulares, se realiza a través de los técnicos y auxiliares de laboratorio. La orientación en el levantamiento de los procesos ha sido de disponer siempre los equipos en el tiempo solicitado y en un estado funcional. De esta manera se han unificado los procedimientos de préstamo de equipos, compras, calidad, inventario y mantenimiento, aplicando las normas ISO 9001:2005 e ISO/IEC 17025:2005. Los indicadores permiten realimentar la administración de

laboratorios para la toma de decisiones y la implementación de mejoras y en este sentido cobran importancia porcentajes como: estudiantes que hacen uso de prácticas libres, estudiantes por espacio académico, horas para uso de investigación, registro de no conformidades, quejas resueltas, sugerencias tramitadas, equipos enviados a mantenimiento. Los sistemas de información apoyan la labor humana, facilitan la administración, disponen mayor flexibilidad al usuario y otorgan seguridad al control y manejo de equipos. La Figura 3 evidencia los principales procesos en la gestión de los laboratorios, teniendo en cuenta los usuarios (clientes potenciales), y las áreas de apoyo.

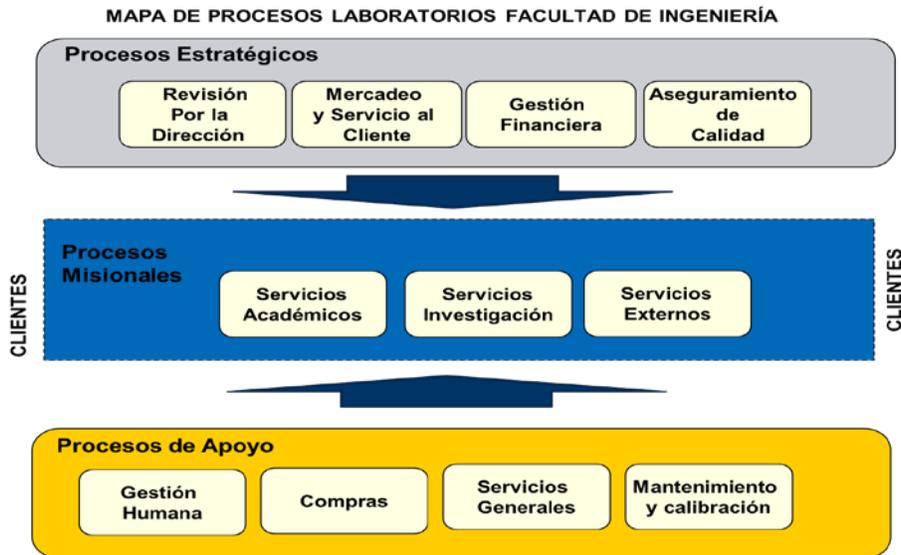


Figura 3. Componentes del espacio práctico de laboratorio

***INFRAESTRUCTURA FÍSICA:*** la modernización y constante actualización de espacios y equipos facilitan y/o promueven el desarrollo de competencias profesionales en los estudiantes. Las tendencias actuales en términos de tecnología, hacen que constantemente se renueven las prácticas con el fin de ofrecer a la industria profesionales competentes y que se ajustan a los perfiles laborales requeridos. Consciente de ello la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Salle, ha llevado a cabo una reforma estructural y la inversión en compra de equipos con las últimas tecnologías, facilitando los servicios al interior de los laboratorios (prácticas, ensayos, mediciones, investigación entre otros) a la comunidad académica (estudiantes, docentes y egresados) y el alquiler al sector externo. El nuevo espacio cuenta con una distribución de laboratorios que lleva a ambientes de simulación y modelamiento donde el estudiante realiza programación informática y observa el funcionamiento de sus diseños. Existen salas especializadas para el manejo de equipos industriales con tableros verticales que crean el panorama adecuado para el análisis de situaciones industriales. La sala de prácticas libres es el corazón de los laboratorios, es el punto de encuentro donde el estudiante intercala sus clases para avanzar en sus proyectos integradores. El sistema integrado de manufactura es una verdadera zona industrial, donde además de fortalecer las normas de seguridad industrial, se integran procesos industriales de interacción de las disciplinas de la ingeniería. Los cuartos de investigación disponen de toda la infraestructura para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto eléctrico, mecánico y electrónico, haciendo visible a la comunidad todas las etapas del proceso desde la concepción hasta la finalización de los prototipos. (Ver Figura 4). Estos laboratorios son espacios interdisciplinarios de los programas de ingeniería en automatización, eléctrica, industrial, de alimentos y ambiental.



Figura 4. Infraestructura física

**EL ESTUDIANTE EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO:** el guion tradicional del trabajo en laboratorio enmarca al aprendiz en procedimientos conductistas (Brown, 1987), con parámetros y respuestas inducidas y conocidas, que obstaculizan la experimentación práctica significativa (Dominguez Gonzalez, Fuertes Martínez, Reguera Acevedo, & Gonzalez, 2006) y la generación de conocimiento. Las actuales estrategias de enseñanza y aprendizaje (Goos & Galbraith, 2002) obligan la creación de nuevos argumentos para los actores del proceso educativo. El estudiante a partir de un reto específico definido desde una problemática del área de estudio, realiza consultas, indaga, debate e investiga alternativas de solución. Sus hipótesis se llevan a un proceso de comparación que a la vez ejercita la capacidad argumentativa (Alvarado Martínez & Rodríguez Bulnes, 2009). En este punto se motiva una práctica gerencial de la actividad, al tener en cuenta aspectos como los costos, los recursos y los diferentes tipos de riesgos, que deben llevar a una planeación de la implementación de la solución. Seleccionada la solución perfecciona su propuesta a través de la simulación y la identificación de las variables y las pruebas que debe aplicar. En la implementación de la solución, el estudiante hace uso del hardware y software de laboratorio. Durante el proceso realizado al interior del laboratorio el estudiante reflexiona sobre las causas que pueda haber llevado a fallar la hipótesis o al éxito del objetivo, integrándose así a la calificación de su trabajo.



Figura 4. Componentes prácticas de laboratorio. (Eléctrica-Automatización, 2013)

Se espera que el estudiante apropie como cultura en su ejercicio profesional, esta forma para abordar situaciones de ingeniería, siendo protagonista desde la concepción del problema pasando por la puesta en marcha de la solución y finalmente identificando las lecciones aprendidas. La Figura 4 evidencia en el las competencias generadas en espacios académicos de profundización que realizan prácticas de laboratorio.

***EL SENTIDO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO:*** Las actividades que se realizan al interior de laboratorio deben motivar y afianza el gusto y la preferencia por la profesión. De igual forma deben propender por la evidencia de la aplicabilidad de conceptos teóricos en problemáticas reales de la industria, las empresas y la sociedad. Es necesario renovar las actuales “recetas de laboratorio”, por documentos sólidos que orienten la experiencia y permitan la indagación, con el fin de confrontar resultados y validar hipótesis. Las prácticas con dispositivos y/o elementos utilizados en entornos reales, permiten al estudiante adquirir destrezas y habilidades que le facilitarán su ingreso al mundo laboral. La Figura 5 muestra los principales componentes de una práctica de laboratorio y sus formas de interacción.

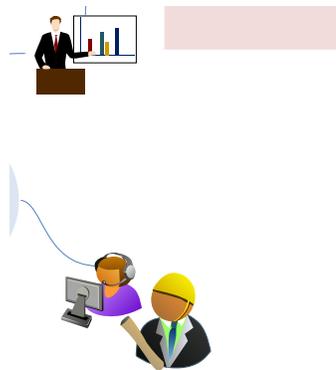


Figura 5. Componentes prácticas de laboratorio

Como se puede observar la innovación en espacio práctico de laboratorio requiere de una sinergia entre diferentes componentes que permiten la aplicación y le dan sentido a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

#### 4. Conclusiones

La constante actualización de los espacios académicos y la innovación en la práctica docente, debe presentarse de forma periódica en las instituciones de educación superior. Con el fin de concebir el laboratorio como un espacio práctico de innovación, requiere la sinergia asertiva entre la gestión, la infraestructura física, el papel del estudiante en la construcción del conocimiento y el sentido de las prácticas de laboratorio.

La Universidad de La Salle, en su búsqueda día a día de la calidad y el mejoramiento continuo en sus procesos de enseñanza y aprendizaje, ha modificado espacios y la organización de los laboratorios, con una mirada centrada en el estudiante para el desarrollo de competencias actuales (trabajo en equipo, innovación, gestión y ética) con miras a ofrecerle al país profesionales integrales.

Como trabajo futuro se propone evidenciar los resultados de la aplicación de la estrategia en los diferentes espacios académicos que cuentan con laboratorio.

## Referencias

- Alvarado Martínez, E., & Rodríguez Bulnes, G. (2009). La enseñanza en las aulas universitarias. MEMORIAS DEL V FORO DE ESTUDIOS EN LENGUAS INTERNACIONAL (FEL 2009), 1-21.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other mysterious mechanisms.
- Dominguez Gonzalez, M., Fuertes Martínez, J., Reguera Acevedo, P., & Gonzalez, D. (2006). Estrategias docentes colaborativas basadas en la utilización de laboratorios. Cuadernos de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas Universitarias, 43-54.
- Eléctrica-Automatización, D. I. (2013). Informe Proceso de renovación laboratorios Universidad de La Salle. Bogotá.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental. American Psychologist,.
- Goos, M., & Galbraith, P. (2002). Socially mediated metacognition: creating collaborative zones of proximal development in small group problem solving. Educational, 193-223.
- Joyce, B., & Weil, M. (2002). Modelos de enseñanza. Gedisa.
- Lancheros Cuesta, D. (2013). Investigación formativa en el aula en el Programa de Ingeniería en Automatización. En Investigación y problematización (págs. 115-126). Bogotá: Ediciones Unisalle.
- MIT. (01 de 01 de 2011). CDIO. Recuperado el 01 de 05 de 2013, de <http://web.mit.edu/edtech/casestudies/cdio.html>.
- Pulgarín Martínez, J., & Castañeda Ruiz, H. (2005). Informes de investigación y ensayos inéditos. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Valcárcel, N. (2004). Los modelos de enseñanza y la práctica de aula. Universidad de Murcia, , 1-19.

## Sobre los autores

- **Carlos Costa Posada:** Ingeniero Civil con maestría y doctorado en sistemas de información geográfica e imágenes de satélite. Amplia Experiencia en gestión ambiental, gestión de riesgo de desastres y adaptación al cambio climático, cubriendo desde la implementación de proyectos hasta la concertación de políticas nacionales. Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Salle.
- **Diana Janeth Lancheros Cuesta:** Ingeniera de Diseño y Automatización Electrónica. Msc. Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación. C. Doctorado en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. Docente de planta de la Universidad de la Salle.
- **Édgar Javier Barajas.** Ingeniero electrónico. Especialista en Docencia Universitaria. Magister en Potencia Eléctrica. Director Ingeniería en Automatización Universidad de la Salle.

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)