



# **ARTICULACIÓN DE LA FORMACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL EMPRENDIMIENTO CON LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA**

**Lucía Victoria Ospina Cardona**

**Escuela de Ingeniería de Antioquia  
Envigado, Colombia**

## **Resumen**

La dinámica de la ciencia y la tecnología y los nuevos problemas de la ingeniería exigen reinventar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la profesión con una visión prospectiva, amplia y flexible para formar graduados técnicamente competentes, innovadores y preparados para participar productivamente en el desarrollo de la sociedad; donde la innovación es la clave y la formación de calidad en ingeniería un medio para lograrlo. La enseñanza de la ingeniería deberá transformarse en sus contenidos y en su metodología. El trabajo por proyectos y la interacción con el mundo real y sus problemas, son algunos de los principales retos de la enseñanza de la ingeniería. Para la Escuela de Ingeniería de Antioquia EIA, el aprendizaje por proyectos y su articulación con la investigación formativa es un aspecto esencial para formar ingenieros con pertinencia y calidad. La solución de los problemas que los estudiantes abordan en los proyectos, les exige un desarrollo sistemático y organizado de actividades de búsqueda de información, de experimentación y de práctica para diseñar y construir la solución del problema. Los proyectos integradores, aplicados por más de diez años en ingeniería biomédica y mecatrónica han demostrado su potencial para formar en la profesión, la investigación y el emprendimiento. Desde el 2013, los proyectos de ingeniería forman parte de los currículos de pregrado para fortalecer la formación técnico - profesional y desarrollar capacidades básicas para la investigación y el emprendimiento. Un análisis de los proyectos de ingeniería, los semilleros de investigación y las asignaturas de formación para la investigación permitió reconocer el alto grado de complementación entre ellas y, en consecuencia, se incorporó la investigación formativa en los proyectos de ingeniería; no como teoría, sino vivencial, experiencial y práctica para potenciar en los estudiantes el desarrollo de la intuición y el pensamiento creativo e innovador, características imprescindibles para el ingeniero del siglo XXI. En esta ponencia se presentará la estructura y los contenidos de los proyectos

de ingeniería, su articulación con asignaturas de investigación y las relaciones de complementación entre la lógica y el carácter sistémico de la investigación y la lógica y el carácter complejo de la profesión. Se compartirán aciertos y desaciertos y los resultados e impactos en la formación de los estudiantes.

**Palabras clave:** proyectos de ingeniería; investigación formativa

### **Abstract**

*The dynamics of science and technology and new engineering problems demands to reinvent the teaching and learning of the profession with a prospective, comprehensive and flexible vision to prepare graduates technically competent, innovative to participate productively in the development of society. The engineering education must be transformed into its contents and its methodology. The project work, interaction with the real world and its problems are some of the main challenges of engineering education. To the School of Engineering of Antioquia EIA, project-based learning and its relationship with formative research, it is essential to form engineers with relevance and quality. The Engineering projects expose students to different problems of their profession for identify and select the best solutions, that they get across systematic and organized development of information-seeking activities, of experimentation and practice for the design and construction of systems, processes or prototypes. More than ten years ago, the engineering projects are being implemented as integrated projects. These projects have demonstrated their potential to form in the profession, research and entrepreneurship and, above all, in developing responsible autonomy. Since 2013, the engineering projects are part of all undergraduate curricula and in its new concept, look to strengthen the technical training - professional, develop basic research skills and encourage entrepreneurship. An analysis of the activities of the engineering projects, and the training subjects for research, allowed to demonstrate the high degree of complementarity between them and, consequently, formative research was incorporated into the engineering projects; not as a theory, but how an experiential and practice activity for promote in students, the development of intuition, creative and innovative thinking, essential characteristics for the engineer of the century. In this paper it presented the structure and contents of engineering projects in the EIA, its articulation with research subjects and activities; and the relations of complementarity between the logical and the systemic nature of the investigation and the logic of the profession for to find the best solutions to complex problems engineering.*

**Keywords:** engineering projects; formative research

## **1. Introducción**

Como señala el Banco Mundial (2003), el conocimiento es el principal motor de desarrollo de la sociedad y, por consiguiente, las instituciones de educación superior están llamadas a fortalecer sus procesos de producción de conocimiento y de formación del capital intelectual, a través de sus funciones sustantivas de investigación,

docencia y extensión. Si bien, la formación para la investigación es una actividad inherente a la formación postgraduada, es indudable que los avances de la ingeniería han sido el resultado de la aplicación de procesos de investigación e innovación y, en este sentido, es imprescindible que en la formación de pregrado en ingeniería, se incorpore la enseñanza de técnicas y herramientas básicas de investigación y la implementación sistemática de sus metodologías para la apropiación del conocimiento existente, por la vía de la experimentación, la aplicación y la práctica y que permitan potenciar el desarrollo de las capacidades técnicas y experienciales del ingeniero, las competencias personales e interpersonales y el aprendizaje permanente.

En consecuencia, se hace necesario establecer en los currículos de formación en ingeniería una relación armónica de contenidos y metodologías que permitan incorporar la investigación y el trabajo por proyectos como componentes esenciales de la formación profesional. En el marco de lo conceptual, en relación con la investigación en pregrado, subraya Parra (2004) que ésta debe cumplir una función formativa, es decir, una actividad dirigida y orientada por un profesor para sujetos en formación y no para profesionales de la investigación. La investigación formativa aporta a los estudiantes formas ordenadas de pensamiento para un mejor desarrollo personal y profesional. El trabajo por proyectos, inherente a los campos de desempeño del ingeniero, también se enriquece con la investigación formativa, en la medida que ésta promueve la observación y el análisis crítico para encontrar soluciones óptimas a los problemas de la profesión. De esta manera, mientras la investigación formativa desarrolla en los estudiantes el pensamiento lógico y creativo, el trabajo por proyectos pone el pensamiento en acción a través de aplicaciones prácticas como prototipos, procesos o sistemas y prepara a los estudiantes para entender “cómo concebir, diseñar, implementar y operar sistemas complejos de ingeniería con base en la participación en equipos de trabajo...”, tal como lo señala Crawley (2001).

## **2. La investigación formativa y el trabajo por proyectos, elementos diferenciadores del currículo en la EIA**

La investigación formativa y el trabajo por proyectos han caracterizado a los currículos de ingeniería de la EIA como elementos de alto valor en la formación de ingenieros con versatilidad mental y capacidad para adquirir nuevos conocimientos, señala Quevedo (1978). Los componentes curriculares en investigación y en proyectos, que tradicionalmente han estado presentes en la formación de los ingenieros de la EIA han sido sustancialmente asignaturas como: metodología de la investigación, seminario de trabajo de grado, los proyectos de grado y el semestre de proyectos especiales SPE; destacándose estos dos últimos por su flexibilidad al permitir a los estudiantes abordarlos desde diferentes modalidades. Con la metodología de la investigación, los estudiantes se apropian de los métodos y técnicas investigativas que deberán aplicar sistemáticamente para el desarrollo del proyecto de grado. En el seminario de trabajo de grado se aplican las técnicas y herramientas de la metodología de la investigación para la formulación del anteproyecto de trabajo de grado. En el proyecto de grado, los estudiantes proponen una solución a un problema de ingeniería en el contexto de su formación profesional, el cual eligen desarrollar en las modalidades de exploratorio,

aplicación profesional o emprendimiento empresarial. El semestre de proyectos especiales SPE, los estudiantes lo cursan según su elección, ya sea en la modalidad de práctica empresarial, práctica investigativa, emprendimiento empresarial o semestre académico complementario en instituciones educativas del país o del exterior. En la figura 1 se ilustra la línea de formación en investigación y de trabajo por proyectos y que tradicionalmente ha formado parte de los currículos en la EIA.



Figura 1. Línea básica de asignaturas de formación en investigación y proyectos.

Como actividades complementarias a la formación en investigación y al trabajo por proyectos, y transversales a la formación profesional, los estudiantes pueden elegir su participación en semilleros de investigación, considerados por Guerrero (2007) como actividades de alto valor formativo para la reflexión, la indagación y la discusión crítica y son homologables en la EIA por asignaturas optativas. En el caso de ingeniería biomédica y mecatrónica, los estudiantes realizan proyectos integradores de semestre, concebidos como interdisciplinarios porque en la solución de problemas reales de la profesión se aplican contenidos, métodos y procedimientos de varias disciplinas y saberes de la ingeniería; y porque su implementación se apoya en la interacción interdisciplinaria entre profesores, estudiantes y expertos disciplinares. En los proyectos integradores se manifiesta un primer nivel de articulación de la formación en investigación con el aprendizaje por proyectos, ya que en su desarrollo se evidencia la aplicación sistemática y ordenada de herramientas y técnicas básicas de la investigación.

Los estudios diagnósticos y referenciales de los currículos de ingeniería de la EIA, realizados en el marco del perfeccionamiento curricular implementado en el 2006, demostraron una línea de formación en investigación y en proyectos, concentrada en los cuatro últimos semestres de los planes de estudio; razón por la cual, se incorporaron nuevas estrategias curriculares que permitieran desde temprano en los planes de estudio, fortalecer la formación en investigación y en proyectos. En este sentido, se reformularon las asignaturas de comunicación y ciencia y de introducción a la ingeniería, ambas de primer semestre; se perfeccionaron las prácticas de laboratorios y se articularon con los respectivos componentes teóricos. En el caso de la asignatura de comunicación y ciencia, el énfasis comunicativo se dirigió a la lectura crítica y comprensiva de artículos científicos y a la interpretación y producción de textos

argumentativos con la correspondiente citación y referenciación. En el curso de introducción a la ingeniería se implementó el proyecto de inicio de carrera, como una actividad de acercamiento de los nuevos estudiantes al lenguaje técnico de la profesión y a una mayor comprensión de las diferentes formas de actuar del ingeniero en los diversos campos del ejercicio profesional. En la figura 2 se ilustra el segundo nivel de la articulación de la investigación formativa con el proyecto de inicio de carrera con un nuevo enfoque de la asignatura de comunicación y ciencia y la incorporación de nuevas actividades metodológicas y experimentales a lo largo del plan de estudios.



Figura 2. Segundo nivel de articulación investigación formativa y proyectos

El fortalecimiento del componente práctico y experimental de la formación en ciencias y disciplinas de la ingeniería, se consideró clave para la investigación formativa, por su potencial para mejorar capacidades de observación, comparación y búsqueda de regularidades que aproximan a los estudiantes a la formulación de hipótesis y al diseño de experimentos que lleven a su validación o rechazo; todo lo cual es el fundamento del método científico. Como se señaló anteriormente en la definición de la investigación formativa, el estudiante no realiza estas actividades en forma completamente autónoma, sino con la orientación del profesor que comparte en el aula su experiencia investigativa.

La modernización de los nuevos planes de estudio de ingeniería, aprobada en el 2012 por el MEN para todos los programas de pregrado, incorporó una nueva estrategia para la articulación de la investigación formativa con el desarrollo de proyectos, consistente en una estructura curricular de cuatro asignaturas “proyectos de ingeniería”, concebidas como proyectos disciplinarios, interdisciplinarios o integradores según el pregrado, y diseñadas con el enfoque CDIO a través de concebir, diseñar, implementar y operar prototipos, procesos o sistemas. Las asignaturas proyecto de ingeniería se desarrollan en los semestres pares, del segundo al octavo y se articulan con el proyecto de inicio de carrera y con todos los proyectos que forman parte de los planes de estudio actuales. En todas las asignaturas proyecto de ingeniería se contribuye en forma gradual con el desarrollo de capacidades básicas de investigación y adecuadas con la formación en pregrado, con la apropiación del método de la ingeniería para el trabajo por proyectos y con el desarrollo de las competencias de trabajo en equipo y

comunicativas contribuyendo según Crawley, *et al.* (2007) con el diseño y dinámica de un currículo integrado que "... teje prácticas y proyectos de ingeniería en el currículo disciplinar tradicional".

### **3. Las asignaturas proyecto de ingeniería, componentes para la articulación de la formación en investigación con el aprendizaje basado en proyectos**

En la EIA, el trabajo por proyectos ha constituido uno de los principales métodos de aprendizaje activo y experiencial en ingeniería, estimula la creatividad y el aprendizaje autónomo y potencia la aplicación de conocimientos disciplinares y técnicos para el diseño, construcción y operación de soluciones a problemas reales de la profesión. La línea de asignaturas proyecto de ingeniería se empezó a implementar en el 2013 en todos los planes de estudio de ingeniería de la EIA con una primera propuesta de contenidos y metodologías para el proyecto de ingeniería I, el cual se fue perfeccionando en la medida que se ponían en ejecución los proyectos de ingeniería II y III. La asignatura proyecto de ingeniería IV aún no se ha implementado, sin embargo, se tienen proyectados sus contenidos y metodologías, articulados con las demás asignaturas proyecto.

En todas las asignaturas proyecto de ingeniería fue necesario definir concretamente la contribución de cada una de ellas con los temas que se requieren para la formación en investigación, con el desarrollo de las competencias personales e interpersonales y con la aplicación de la metodología CDIO para concebir, diseñar, implementar y operar prototipos, procesos y sistemas. Se acordaron las siguientes categorías de contribución temática o metodológica de la asignatura a las competencias personales y en investigación: Introducir I, enseñar E y aplicar A. Los niveles de contribución se establecieron con relación al semestre académico de la asignatura en el plan de estudios, el cual es determinante del grado de desarrollo, que en la competencia va alcanzando el estudiante durante su proceso de formación. Los niveles de contribución definidos en cada asignatura determinan el tiempo que se deberá invertir para el desarrollo del tema, la metodología posible y la vinculación del tema con el objetivo de aprendizaje, en la asignatura respectiva.

Si bien, la propuesta de contenidos y metodologías de las asignaturas proyecto ha venido madurando durante los dos años que llevan de implementación, la comunidad de profesores y directores de programa es consciente que se debe continuar la reflexión, el estudio y la construcción de buenas prácticas que permitan perfeccionar esta estrategia curricular mediante el trabajo colaborativo en los grupos curriculares respectivos. En la figura 3 se describe para cada asignatura proyecto, los niveles de contribución, según el tema, para el desarrollo de la competencia en investigación formativa.

Contribución de las asignaturas proyecto al desarrollo de la competencia en investigación																																	
Asignatura	1			2			3			4			5			6			7			8			9								
	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A			
Introducción a la ingeniería – Proyecto de inicio de carrera	x	x								x	x											x									x		
Proyecto ingeniería I	x	x		x	x		x	x	x	x	x		x	x		x	x		x	x		x	x		x	x		x	x		x	x	
Proyecto ingeniería II			x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x		x	x		x	x	
Proyecto ingeniería III			x			x			x			x			x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
Proyecto ingeniería IV			x			x			x			x			x			x			x			x			x				x		

1 Investigación y política de investigación en la EIA. 2 Método científico. 3 Herramientas y técnicas para la identificación y formulación del problema. 4 Búsqueda de información – uso de bases de datos, patentes, repositorios. 5. Antecedentes y marco teórico – estado de la técnica. 6 Justificación, alcance y objetivos. 7 Diseño metodológico: cronograma, presupuesto, metodología. 8 Herramientas de divulgación. Tablas, gráficos, mapas, memorias de cálculo. 9 Citación y referenciación – organizadores bibliográficos.

Figura 3. Niveles de contribución de las asignaturas proyecto a la formación en investigación.

Las asignaturas proyecto de ingeniería ofrecen un gran potencial para el desarrollo de las competencias comunicativas y de trabajo en equipo, permitiendo su desarrollo gradual y el seguimiento permanente a su evolución. En relación con la aplicación CDIO en el desarrollo de los proyectos, cabe destacar que el proyecto de inicio de carrera es más, un conjunto de actividades y de ejercicios simples de diseño e implementación de un prototipo o proceso, realizados de manera individual y en equipo por los estudiantes. En la dinámica de los demás proyectos se evidencia la aplicación de todas las etapas CDIO, concebir, diseñar, implementar y operar soluciones de ingeniería, con diferentes énfasis según el nivel académico de los estudiantes. El énfasis del proyecto de ingeniería I es la apropiación del método de la ingeniería, cuyas características se equiparan con las etapas CDIO y se privilegia la concepción de la solución. Los proyectos de ingeniería II, III y IV se implementan con énfasis en el diseño, en la construcción y en la integralidad diseño – implementación – operación, respectivamente.

Contribución de los Proyectos al desarrollo de competencias personales, interpersonales y aplicación CDIO																																				
Asignatura	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11					
	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A	I	E	A
Introducción a la ingeniería – Proyecto de inicio de carrera	x			x	x		x	x					x	x					x																	
Proyecto ingeniería I	x	x		x	x	x	x						x	x	x				x	x	x	x	x		x	x					x	x				
Proyecto ingeniería II			x			x	x	x	x	x			x						x	x		x	x		x	x					x	x		x		
Proyecto ingeniería III			x			x	x	x	x	x			x									x			x						x			x		
Proyecto ingeniería IV			x			x	x	x	x	x			x			x	x	x				x			x						x			x		

1 Creatividad. 2 Trabajo en equipo. 3 Comunicación. 4 Pensamiento sistémico. 5. Reconoce la importancia de la práctica de la ingeniería en el contexto social. 6 Apropiación del método de la ingeniería. 7 Espíritu emprendedor. 8 Concibe prototipos, procesos o sistemas (criterios técnicos, económicos y funcionales). 9 Diseño conceptual y de detalle – especificaciones, materiales y tecnologías utilizadas. 10 Construcción – implementación del prototipo, proceso o sistema. 11 Operación, diseño de la operación, mantenimiento, vida útil.

Figura 4. Niveles de contribución de proyectos al desarrollo de competencias personales y CDIO

#### **4. Impacto y valor agregado proyectos integradores, proyectos de ingeniería e investigación formativa**

Los resultados de las encuestas de autoevaluación realizadas entre 2003 y 2012 para efectos de las acreditaciones de calidad de los programas y la acreditación institucional, demostraron que tanto los estudiantes como los egresados y los profesores califican en alto grado (80% promedio) la dinámica de los proyectos integradores y de gran potencial para el desarrollo de productos de innovación de alto impacto, característica que en el 2012 permitió que los programas de ingeniería biomédica y mecatrónica entraran a la iniciativa CDIO y que en el 2012, 2013, 2014 y 2015, cuatro estudiantes ganaran el premio EmTech para “innovadores menores de 35” por sus trabajos con proyectos tecnológicos de impacto global. El gran número de ponencias y artículos presentados por los estudiantes en eventos nacionales e internacionales, dan cuenta de los potenciales del trabajo por proyectos que se ha impulsado en la EIA, destacándose entre el 2010 y 2015 los primeros puestos logrados por tres años consecutivos en la Sala de Inventores de la Sociedad Antioqueña de Ingenieros, el primer puesto logrado en el 2011 en el concurso Antójate de la Gobernación de Antioquia en la modalidad de apuestas tecnológicas innovadoras y el primer puesto obtenido en el 2015 en el concurso de modelación financiera que entrega la Sociedad Latinoamérica de modelos y simulación, entre otros. La importancia de implementar el trabajo por proyectos en forma articulada con la investigación formativa también ha dado frutos en las labores profesionales de los egresados, muestra de ello fue el trabajo de animatrónica realizado en el Parque Explora por egresados del programa de ingeniería mecatrónica, quienes reconocen que la mezcla de tenacidad y recursividad requerida en este trabajo fue un insumo de la formación por proyectos que viene implementando la Escuela de Ingeniería desde hace algunos años. Un valor agregado entregado por los trabajos por proyectos fue el primer y segundo puestos que en el Concurso Nacional de Robótica de la Universidad de Pamplona entregó en el 2014 a estudiantes de segundo semestre. Esto es una muestra de que, el trabajo por proyectos debe empezar desde los primeros semestres para que se potencien durante la carrera las competencias personales y profesionales que aportan calidad en ascenso en la formación en ingeniería.

En relación con la formación en investigación, en los tres últimos años se triplicaron los trabajos de grado con mención de honor y se han aprobado dos con el máximo reconocimiento de “trabajo laureado”. La participación de los estudiantes en los semilleros de investigación ha nutrido y se ha nutrido del trabajo por proyectos, incrementando en un 20% la participación efectiva de los estudiantes en estas actividades con productos cada vez de mayor calidad. Otro de los indicadores que para la EIA, evidencia la calidad personal y profesional con la que se preparan los estudiantes en la institución, es el liderazgo que ha logrado en las pruebas Saber Pro. En el 2014, los estudiantes lograron a nivel nacional el segundo puesto en las pruebas genéricas y el primero a nivel departamental. Todo lo anterior, es una muestra de que la dinámica del trabajo por proyectos es una alternativa de alto valor para la formación de profesionales en ingeniería.

## 5. Conclusiones

La investigación formativa, implementada en su dinámica desde el primer semestre de formación profesional, debe ser analizada por las facultades de ingeniería para incorporarla en forma articulada con proyectos y contenidos técnicos y profesionales para impulsar la formación de ingenieros con pensamiento creativo y ordenado sistemáticamente para que puedan participar en los desarrollos que el país requiere en el campo de la innovación.

La transformación de la formación en ingeniería requiere romper paradigmas volcando el aprendizaje a nuevos ambientes y con metodologías que trasciendan el carácter instructivo de la enseñanza y permitan a los estudiantes, potenciar su talento viviendo con pasión el placer de aprender que aportan los proyectos en ingeniería.

Las estrategias curriculares del trabajo por proyectos deberán seguir siendo objeto de estudio, reflexión y evaluación, porque todo está por mejorar, y corresponde a las facultades de ingeniería y a las instituciones educativas, apoyar iniciativas y compartirlas en los ámbitos académicos para que nuestro país siga construyendo altos estándares de calidad en la formación de ingenieros

## 6. Referencias

### Artículos de Revistas

- Quevedo A. (1978). Los programas de formación en ingeniería. Revista Institucional Escuela de Ingeniería de Antioquia. Vol. 2, pp. 12 -16.

### Libros

- Crawley, E., Malmquist, J., Östlund, S. and Brodeur, D. (2007). Rethinking Engineering Education – The CDIO Approach, Springer, New York, pp. 286.
- Guerrero ME. (2007). Formación de habilidades para la investigación desde el pregrado. Acta Colombiana de Psicología; 10(2): 190-192.

### Fuentes Bibliográficas

- Banco Mundial. (2003). Construyendo sociedades del conocimiento: Nuevos retos para la educación terciaria. Washington DC. Consultado el 10 de mayo en: <http://siteresources.worldbank.org/TERTIARYEDUCATION/Resources/Documents/Constructing-Knowledge-Societies/CKS-spanish.pdf>
- Parra C. (2004). Apuntes sobre la investigación formativa. Educación y educadores 2004; 7: 57-77. Consultado el 10 de junio en: <http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/549>

## Sobre los autores

- **Lucía Victoria Ospina Cardona:** Ingeniera Química, Magíster en Ingeniería Ambiental. Directora de Currículo. [pfluosp@eia.edu.co](mailto:pfluosp@eia.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)