

2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

## RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ERA DIGITAL

# DESARROLLO DE UN CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA BASADO EN APRENDIZAJE ACTIVO

**Javier Fernando Niño Velásquez, César Augusto Quiñones Segura, Mateo Pachón Rincón**

**Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano  
Bogotá, Colombia**

### Resumen

La Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano (IUPG), como muchas otras instituciones, dicta un curso de Introducción a la Ingeniería y la Ciencias Básicas durante el primer semestre de los programas de Ingeniería y Matemáticas. Esta asignatura es el primer contacto de los estudiantes con su desarrollo profesional y el escenario donde empiezan a dimensionar el alcance y los campos de aplicación que tendrán como ingenieros en el futuro.

La presente propuesta da cuenta de la implementación de procesos de aprendizaje activo en el aula por medio del uso de herramientas informáticas de propósito específico en: diseño asistido por computador y programación de sistemas de monitoreo y control. Es importante resaltar que los estudiantes interactúan directamente con las herramientas y que, si bien hay una instrucción por parte de profesores y monitores, el aprendizaje se da mayormente por medio de la práctica. Las herramientas seleccionadas son LabVIEW en el campo de la programación y SolidWorks en el diseño.

A lo largo del curso, los instructores del curso proponen varios retos que implican no solo la comprensión de conceptos básicos de ingeniería, sino también su implementación en dispositivos físicos. Todos los retos son propuestos para ser desarrollados bajo el cumplimiento de una serie de restricciones técnicas y con el objetivo de alcanzar distintos tipos de habilidad en el ejercicio de la profesión de la Ingeniería, más allá de la conceptualización teórica. Adicionalmente, los estudiantes desarrollan competencias blandas relacionadas con el trabajo en equipo, el liderazgo, el manejo del tiempo y las emociones, la autonomía, el pensamiento divergente, la persuasión y la comunicación.

Los resultados de la metodología relatada en esta propuesta han sido satisfactorios. Los estudiantes al final del curso tienen una mayor comprensión de lo que significa estudiar ingeniería y de lo que será su ejercicio profesional futuro. Adicionalmente, aumentan sus vínculos con la institución pues sus nuevas habilidades les abren oportunidades académicas más allá del final del curso.

**Palabras clave:** aprendizaje activo; reto; habilidad

### **Abstract**

*Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano offers a course on Introduction to Engineering and Basic Sciences during the first semester of Engineering and Mathematics programs. This subject is the first contact of students with their professional future and the scenario where they understand what their scope will be in future.*

*This proposal accounts for the implementation of active learning processes in classroom by using computer tools of specific purpose: computer-aided design and monitoring and control system programming. It is important to emphasize that students interact directly with computer tools. Despite students are instructed by teachers and monitors, learning occurs mostly by practicing. The selected tools are LabVIEW for programming and SolidWorks for design.*

*Throughout the course, instructors propose several challenges that involve not only understanding of basic engineering concepts, but also their implementation in physical devices. All the challenges are proposed to fulfill technical restrictions and to develop different professional skills beyond the theoretical conceptualization. In addition, students develop soft skills related to teamwork, leadership, time management, autonomy, divergent thinking, persuasion and communication.*

*Results of this methodology have been satisfactory. Students at the end of the course have a greater understanding of what engineering means and what their future professional practice will be. In addition, it increases commitment with Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.*

**Keywords:** active learning; challenge; skill

## **1. Introducción**

El desarrollo y crecimiento de una nación está ineludiblemente atado a la ejecución de proyectos de ingeniería en múltiples ámbitos como la producción y transmisión de energía, la construcción y manutención de infraestructura, el desarrollo de software, la transmisión de información y las soluciones logísticas, entre otros. Por lo tanto, son los graduados en programas de ingeniería, en todos los niveles, quienes constituyen uno de los principales recursos de progreso económico de un país: la fuerza de trabajo calificada. Es claro que cualquier comunidad necesita el trabajo de personas con perfiles, habilidades y capacidades muy diversas; sin embargo, son los ingenieros quienes recogen las teorías de las ciencias y las transforman en soluciones y oportunidades para el beneficio de la sociedad.

Actualmente, en Colombia hay déficit de ingenieros. Solamente en Ingeniería de Sistemas y otras profesiones relacionadas con las Tecnologías de la Información, se estima que el déficit podría llegar a 166,768 profesionales para 2020 según Eafit, et al. (2013). Por supuesto, esta carencia significa una oportunidad para quienes deciden formarse en estas disciplinas en términos de facilidad de vinculación laboral y obtención de beneficios económicos; aunque, afecta el interés general de la población colombiana.

Existe un amplio conjunto de factores que amenazan los procesos de formación profesional en Ingeniería en cuanto a la cantidad de admitidos y los índices de deserción. Entre ellos pueden contarse: 1) la debilidad curricular de los colegios de secundaria en asignaturas relacionadas con Ingeniería como inglés y ciencias naturales; 2) el bajo interés de la población joven, particularmente de las mujeres en educación relacionada con las ciencias básicas y la ingeniería según lo reportado por Unesco (2010). Los retos que enfrentan las Instituciones de Educación Superior que ofrecen programas de Ingeniería se resumen principalmente en la captación de egresados de bachillerato interesados en esta área del saber y en la retención de ese talento humano en sus facultades hasta que alcancen al menos el grado profesional. La Facultad de Ingeniería, Diseño e Innovación (FIDI) del Politécnico Grancolombiano no es ajena a esa realidad.

La Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano (IUPG) es una institución de educación superior fundada en 1982 que ofrece programas profesionales en modalidades presencial y virtual. Como muchas otras universidades, la IUPG dicta un curso de Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas durante el primer semestre de los programas de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería en Telecomunicaciones, Ingeniería Industrial y Matemáticas. Esta asignatura es el primer contacto de los estudiantes con su desarrollo profesional y el escenario donde empiezan a dimensionar el alcance y los campos de aplicación que tendrán como ingenieros en el futuro.

En 2015, los índices de deserción entre estudiantes de primer semestre de la FIDI provocaron una reflexión acerca de la necesidad de intervenir en el proceso de aprendizaje desde etapas tempranas. El curso de Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas, por ser una asignatura transversal a todos los programas de la Facultad, proporcionó la oportunidad ideal de introducir innovaciones que aumentarían la motivación y el compromiso de los estudiantes con su carrera. El trabajo conjunto de docentes representantes de los distintos programas produjo una propuesta de innovación que se basa en el hecho de retar a los estudiantes de primer semestre para que enfrenten problemas prácticos de semestres más avanzados e incluso de la vida profesional. Esta ponencia muestra cómo se ha implementado dicha propuesta, qué resultados se han obtenido y cómo ha transformado el aprendizaje de la Ingeniería en la IUPG.

## **2. Propuesta de innovación**

Hasta 2015, Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas era una asignatura que se impartía de manera tradicional, es decir, por medio de clases magistrales y evaluaciones que pretendían medir el nivel de conocimiento de cada estudiante. Ahora, el curso tiene un componente mayoritariamente práctico con procesos evaluativos que dan cuenta del desarrollo de

competencias. Los componentes integrados para lograr la transformación del curso fueron principalmente:

1. Integración de herramientas informáticas potentes
2. Diseño, construcción e intervención de sistemas físicos
3. Sistema de evaluación por retos
4. Transversalidad.

La figura 1 ilustra cómo se integraron estos elementos en el diseño e implementación de Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas en la IUPG.



Figura 1. Elementos de la innovación de aprendizaje activo. Fuente: elaboración propia

### 2.1. Integración de herramientas informáticas potentes

La aproximación de muchos de los cursos introductorios a cualquier disciplina es comenzar con el uso de herramientas didácticas, con el objetivo de hacer una presentación fácil de los contenidos, métodos y competencias profesionales a los estudiantes recién ingresados. De esta manera se logra una transición cómoda entre la educación secundaria y la superior. Sin embargo, la innovación que se presenta en esta ponencia es diametralmente opuesta.

El uso de herramientas profesionales de comprobada potencia y con un amplio conjunto de posibilidades técnicas fue el punto de inicio de la transformación del curso de Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas. Provocar en el estudiante la necesidad de dominar un sistema complejo de utilidades es la primera forma de retarlo y a la que se enfrenta desde las sesiones iniciales de clase de la asignatura. Es importante resaltar que los estudiantes interactúan directamente con las herramientas y que, si bien hay una instrucción por parte de profesores y monitores, el aprendizaje se da mayormente por medio de la práctica autónoma.

El tipo de habilidades que se pretende desarrollar está estrechamente relacionado con la capacidad de ejecutar proyectos de Ingeniería, por lo tanto, se determinó formar a los alumnos en dos áreas fundamentales: programación de computadores y diseño de mecanismos. Las herramientas

seleccionadas fueron LabVIEW en el campo de la programación y SolidWorks en el diseño. LabVIEW es un lenguaje de programación que permite construir aplicaciones para sistemas con requerimientos de prueba, medida y control. LabVIEW ofrece una aproximación gráfica a la programación que ayuda a visualizar cada uno de los aspectos que puede involucrar el desarrollo de una aplicación. En el curso de Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas se usa este lenguaje para disminuir el tiempo de desarrollo de aplicaciones que permitan monitorear y controlar diferentes arreglos experimentales dentro del curso. Entre los usuarios de LabVIEW se cuentan organizaciones como Amazon, Nokia, General Electric, John Deere, Philips y Siemens. Por otra parte, SolidWorks es una herramienta de Diseño Asistido por Computador (CAD, por su sigla en inglés) y de Ingeniería Asistida por Computador (CAE, por su sigla en inglés). Este programa es usado para asistir el diseño de estructuras y máquinas; adicionalmente, permite realizar simulaciones del funcionamiento de elementos físicos. Este último punto resulta bastante útil para que los estudiantes comprendan el funcionamiento de algunos mecanismos básicos, aun antes de construirlos. Solidworks es usado en múltiples industrias como la aeroespacial, de energías renovables, robótica, automotriz y de transporte.

## **2.2. Diseño, construcción e intervención de sistemas físicos**

La integración de las herramientas descritas anteriormente se logró alrededor de los procesos de diseño, construcción y prueba de un dispositivo denominado Máquina de Goldberg en forma similar al expuesto en Niño, et al. (2017). Una Máquina de Goldberg es una secuencia compleja de mecanismos cuyo objetivo es ejecutar una tarea simple. Sumado al nivel de entendimiento de conceptos propios de la física y la ingeniería que se requiere para poder acometer el proyecto de elaboración del dispositivo, se impuso a los estudiantes la condición de incluir sensores y actuadores electrónicos en el proyecto. La fase de diseño de los mecanismos y la simulación de su funcionamiento era realizada por los equipos de estudiantes haciendo uso de SolidWorks, mientras que, la manipulación de la información obtenida por los sensores y la intervención de los actuadores sobre el sistema se logró por medio de LabVIEW.

## **2.3. Sistema de evaluación por retos**

A cada uno de los hitos de evaluación, tres en total, se le denominó reto en referencia al tamaño del logro requerido por parte del estudiante. En el diseño de cada reto se consideró que se lograra simular la complejidad de situaciones problemáticas reales del ejercicio de la Ingeniería. Para considerar que un reto era adecuado, éste debía:

1. Ser demandante en términos del dominio disciplinar, es decir, que estuviese lejos del nivel de conocimiento y habilidades de un estudiante de primer semestre.
2. Implicar trabajo en equipo e interdisciplinar y liderazgo.
3. Involucrar el desarrollo de habilidades propias del ejercicio laboral como manejo del tiempo, creatividad, autonomía, control del estrés, asertividad y capacidad de comunicarse de manera oral y escrita.

Los tres retos tienen una representación del 50% de la calificación total de la asignatura. Sin embargo, otras tareas alternativas evaluadas a lo largo del semestre son susceptibles de estar relacionadas con la construcción de la Máquina de Goldberg, por lo tanto, el desarrollo del proyecto podría representar hasta un 80% del componente evaluativo del curso.

## 2.4. Transversalidad

El alcance del proceso innovador no podría ser amplio si se limitara a un único curso restringido a unas pocas sesiones y un único espacio de trabajo. Por lo tanto, la estrategia contempló la inclusión de otras asignaturas de primer semestre por medio del apoyo pedagógico y del hecho de compartir algunos mecanismos de evaluación y calificaciones.

Pensamiento Algorítmico y Dibujo Técnico, la primera asignatura común para todos los programas de la FIDI y la segunda propia de Ingeniería Industrial, dan el soporte conceptual a los estudiantes para enfrentar muchos de los aspectos que involucran los retos de Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas. Asimismo, el 25% de la calificación final de Pensamiento Algorítmico está dado por el desempeño de los equipos de estudiantes en los retos, mientras que en la calificación de Dibujo Técnico se pondera este mismo componente con un 15%. De esta forma se ha logrado aumentar el compromiso de los estudiantes con las actividades pedagógicas.

## 3. Experiencia

El curso de Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas se ha transformado continuamente para responder adecuadamente a las necesidades de los estudiantes de la FIDI. La versión de la innovación presentada en este documento fue implementada con éxito en el segundo semestre de 2017 y en el primer semestre de 2018. En total, más de 140 estudiantes vivieron su primer acercamiento a la Ingeniería interactuando con esta propuesta de aprendizaje activo.

Los resultados del curso podrían presentarse en distintas dimensiones, sin embargo, es de interés mostrar aquí la evolución en las habilidades y competencias adquiridas por los estudiantes. Nominalmente, puede decirse que los estudiantes están adquiriendo habilidades y competencias que no estarían a su alcance en una etapa temprana de formación de no ser por los retos que se les plantean en el curso. Estas habilidades pueden ser específicas de la disciplina, pero también pueden ser de las llamadas habilidades blandas. Para que esa evolución no se quede solamente en la descripción, en la gráfica 2 se muestran cómo ha sido el cambio en las calificaciones semestre a semestre. Las líneas naranja y azul representan el promedio de calificaciones de los estudiantes por semestre. La línea azul refleja el promedio de calificaciones de todos los estudiantes de cada curso. En cambio, la línea naranja refleja el promedio sin incluir a los estudiantes que no presentaron ninguna evaluación, esto, para limpiar un poco los datos.

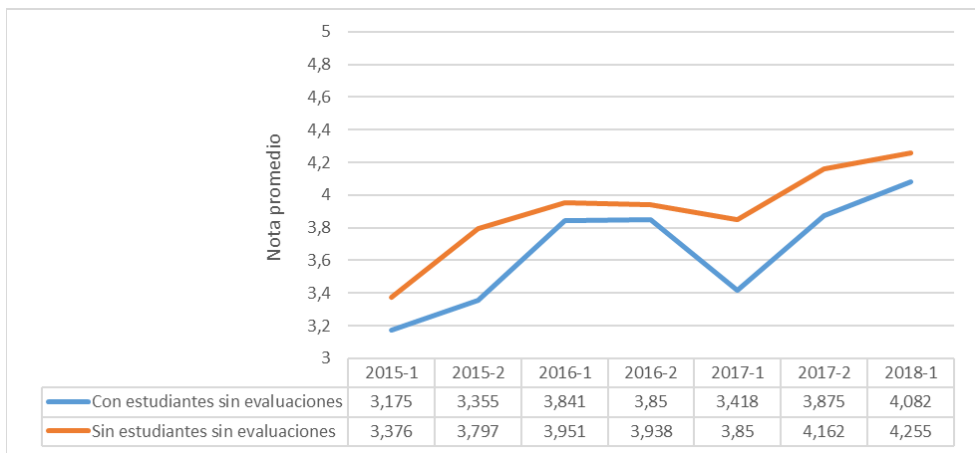


Figura 2. Evolución del promedio de calificaciones en el periodo 2015-1 a 2018-1. Fuente: elaboración propia

Es pertinente aclarar que las notas instrumentalizan la adquisición de competencias, pero permiten entender el nivel de comprensión por parte de los estudiantes de lo que significa el ejercicio profesional de la ingeniería; es decir, permiten medir uno de los objetivos principales que persigue esta propuesta de innovación. Nótese que las calificaciones tuvieron un repunte importante durante los semestres 2017-2 y 2018-1. La interpretación es que los estudiantes desarrollaron las competencias asociadas con esta asignatura mayormente a partir del momento en que se introdujo la innovación en el curso.

Dentro de las lecciones aprendidas es bastante ilustrativo el hecho de que el equipo de instructores relacionados con el curso debió ser ampliado. Hasta 2017-1 se abrieron dos grupos de estudiantes cada vez y ocasionalmente tres, para cada grupo se destinaba un docente de planta. En 2017-2 y 2018-1, solamente dos grupos se abrieron y el equipo de instructores constó de tres profesores y tres monitores cada vez. Las principales razones para el incremento en el número de personas fueron: la necesidad de planeación de actividades innovadoras y bien sustentadas y que ahora se necesitaba instructores especializados en LabVIEW y SolidWorks, una intersección difícil de encontrar.

Otro de los puntos importantes a considerar es que el incremento en la dificultad del curso implica un aumento en la frustración con las tareas. Muchas veces el proceso de diseño y construcción de la Máquina de Goldberg fue exitoso, pero, el hecho de que un solo componente de un dispositivo tan complejo fallase implicaba una disminución sustancial en la calidad de los resultados exhibidos por los estudiantes. En estos casos, se evaluó los pasos previos a la exhibición de la máquina y se realimentó a los equipos enfocándolos en el logro de los objetivos de cada fase.

#### 4. Conclusiones y Trabajo futuro

La inclusión de estrategias de aprendizaje activo en el curso de Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Básicas de la IUPG ha representado un proceso continuo. La decisión de implementar aprendizaje activo se originó en la necesidad de responder a una situación problemática particular: la deserción entre los estudiantes de primeros semestres de carreras relacionadas con el área de

la ingeniería. En particular, esta innovación tiene como elemento diferenciador la inclusión de herramientas informáticas potentes para diseñar y construir dispositivos físicos complejos y la manera en que se reta a los estudiantes para conseguir resultados que típicamente estarían más allá de su nivel de formación.

La diferencia entre los promedios de calificación antes y después de introducir la innovación sugieren un incremento en el desarrollo de competencias y habilidades por parte de los estudiantes. Hay mayor desarrollo de competencias específicas y generales de la ingeniería y de habilidades blandas.

Si bien la cantidad de trabajo realizada por parte de los estudiantes es mayor y demanda altos niveles de autonomía, es necesario un seguimiento exhaustivo y un alto nivel de especialización por parte de los docentes. Esta realidad motiva un incremento en el número de integrantes del equipo de instructores del curso.

Los niveles de pertenencia y compromiso con la IUPG y con su propia formación aumentan entre los estudiantes. Sin embargo, la frustración en algunos equipos de trabajo que han visto que la dedicación los procesos de diseño y construcción no corresponde con el resultado final puede motivar la transformación del curso. Una posible mejora es simplificar el producto del curso y buscar una alternativa a la Máquina de Goldberg.

### 5. Referencias

- Eafit e Infosys. (2013). Brecha de talento digital. Consultado el 8 de junio de 2019 en <https://sistemas.uniandes.edu.co/images/forosisis/foros/fti/1FNTTIEstudios-EAFIT-INFOSYS.pdf>
- Unesco. (2010). Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development. Consultado el 8 de junio de 2019 en <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/Issues-challenges.pdf>
- Niño, J.F, Quiñones, C.A. y Pachón, M. (2017). Caso de implementación de aprendizaje activo en un curso de Introducción a la Ingeniería usando LabVIEW. Memorias Cuarto Congreso Internacional de Innovación Educativa, Monterrey, pp. 1540-1548.

### Sobre los autores

- **Javier Fernando Niño Velásquez** es ingeniero de sistemas (Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá), especialista en Economía, especialista en Evaluación Social de Proyectos y Magíster en Ingeniería Industrial (Universidad de los Andes). Profesor de tiempo completo asociado. Correo: [jninoval@poligran.edu.co](mailto:jninoval@poligran.edu.co)
- **César Augusto Quiñones Segura** es químico y Doctor en Química (Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá). Profesor de tiempo completo asistente. Correo: [caquinones@poligran.edu.co](mailto:caquinones@poligran.edu.co)



- **Mateo Pachón Rincón** es ingeniero industrial (Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales) y Magíster en Automatización Industrial (Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá). Profesor de tiempo completo auxiliar. Correo: [mpachonr@poligran.edu.co](mailto:mpachonr@poligran.edu.co)

---

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)