



PENSAMIENTO ALGORÍTMICO EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Natalia Andrea Bueno Pizarro

**Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano
Medellín, Colombia**

Resumen

La educación en ingeniería, para ser exitosa, requiere que los programas y planes de estudios que se les brindan a los estudiantes tengan las bases necesarias para desarrollar las capacidades de deducir, analizar, diseñar e inventar. El Politécnico Grancolombiano, consciente de esto, diseña prácticas de aula basadas en escenarios en donde permite que los estudiantes tengan una actitud proactiva en el aula y así construir una visión de un futuro común excitante.

Esto se ve reflejado en el curso de pensamiento algorítmico de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas del Politécnico Grancolombiano. El curso se ofrece en el primer semestre de todos los programas de la Facultad. Este curso busca introducir al estudiante en el quehacer propio del ingeniero mostrando la importancia y aplicabilidad de las matemáticas y la lógica a la carrera. De igual forma, le da las bases para facilitarle al estudiante el estudio de las materias relacionadas con algoritmia y, en general, el desarrollo de habilidades para la solución de problemas desde el enfoque de la ingeniería.

A lo largo de este curso el estudiante explora diferentes tipos de problemas, y diferentes técnicas de resolución, planteando paso a paso procedimientos estructurados, extrayendo información relevante y concluyendo a partir de los resultados obtenidos. Al mismo tiempo, brinda experiencias para que el estudiante adquiera una estructura mental que le permita enfrentar problemas de ingeniería de una manera organizada y esté en capacidad de plantear propuestas y soluciones desde un punto de vista algorítmico.

Este trabajo presenta las diversas experiencias tanto del profesor como de los estudiantes en los ambientes de aprendizaje de este curso, tales como: análisis de lectura de libros como "El hombre que calculaba", análisis de problemas lógicos a

través de herramientas como la película "La habitación de Fermat", construcción y socialización de diagramas de flujo con base a un listado de instrucciones o un simple recetario, integrar un conjunto de conceptos alrededor de juegos de mesa como "Clue" para desarrollar árboles de decisiones, aprender la aplicación de los algoritmos en la vida cotidiana basándose en la serie americana "Numb3rs"; entre otros.

Al final del curso, los estudiantes construyen una máquina de Goldberg. El diseño de la máquina incorpora secuencias, sincronización, entre otros componentes básicos de diversos algoritmos. Las máquinas de Goldberg son dispositivos complejos para resolver problemas simples, y obligan a los estudiantes a utilizar materiales y mecanismos de manera innovadora, abstrayendo las propiedades relevantes para el diseño.

Palabras clave: educación en ingeniería; prácticas en el aula; pensamiento algorítmico; entornos de aprendizaje; máquina Goldberg

Abstract

Engineering education, to be successful, requires that the programs and curricula provided to students have the necessary foundation for developing the skills to deduce, analyze, design and invent. Politécnico Grancolombiano, aware of this, designs classroom practices based on scenarios where it allows students to have a proactive attitude in the classroom and thus build a vision of an exciting future.

This is reflected in the algorithmic thinking course offered by the Faculty of Engineering and Basic Sciences of Politécnico Grancolombiano. The course is offered in the first semester of all the programs of the Faculty. This course seeks to introduce the student to the engineer's own work showing the importance and applicability of mathematics and logic to the program. Likewise, it provides the basis needed by students to study the subjects related to algorithms and, in general, to develop problem solving skills using the engineering approach.

In this course the student explores different types of problems and different resolution techniques, presents step by step structured procedures, extracts relevant information and makes conclusions based on the obtained results. At the same time, it provides experiences that help students to acquire a mental structure that allows them to tackle engineering problems in an organized way and enable them to generate proposals and solutions from an algorithmic point of view.

This work presents the different experiences of both teachers and students in the learning environments of this course, such as: reading analysis of books such as "The Man Who Calculated", analysis of logical problems through tools such as the film "Fermat's room ", construction and socialization of flowcharts based on a list of instructions or a simple recipe book, integrate a set of concepts around board games like "Clue" to implement decision trees, learn the application of Algorithms in everyday life based on the American series "Numb3rs"; among others.

At the end of the course, students build a Goldberg machine. The design of the machine incorporates sequences, synchronization, among other basic components of different algorithms. Goldberg machines are complex devices to solve simple problems, and force students to use materials and mechanisms in an innovative way, abstracting the properties relevant to the design.

Keywords: *engineering education; classroom practices; algorithmic thinking; learning environments; Goldberg machine*

1. Introducción

El Politécnico Grancolombiano es una Institución Universitaria fundada hace 36 años en la ciudad de Bogotá, Colombia. Durante estos años, la institución ha integrado los ciclos propedéuticos de educación superior con un claro foco de formación en disciplinas de aplicación empresarial. Actualmente tiene más de 42.000 Estudiantes en 101 programas académicos de educación superior, de los cuales 31 son programas de pregrados en modalidad presencial y 29 en modalidad virtual.

La Institución tiene su sede principal en la ciudad de Bogotá, Colombia, y una sede alterna en la ciudad de Medellín, Colombia, con 1300 estudiantes aproximadamente. En esta segunda sede, La Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas ofrece los programas de Ingeniería Industrial, Ingeniería de Sistemas y Tecnología en Administración de Sistemas.

En la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas del Politécnico Grancolombiano se ofrece, en el primer semestre de todos sus programas académicos, una materia llamada pensamiento algorítmico. En esta materia se realizó un cambio metodológico en el primer semestre del año 2016 buscando brindar experiencias prácticas para que el estudiante adquiriera una estructura mental que le permita enfrentar problemas de ingeniería de manera organizada y esté en capacidad de plantear propuestas de soluciones desde un punto de vista algorítmico.

A continuación, se presentan las nuevas metodologías y formas de trabajo utilizadas en cada una de las temáticas de la materia. Estas se han utilizado durante tres semestres consecutivos con resultados de aprendizaje altos en los estudiantes de la Facultad.

2. Marco teórico

Los sistemas educativos en diversos países del mundo, y en especial en América Latina, vienen enfrentando diferentes debates y reflexiones sobre la pertinencia de los modelos educativos existentes en una sociedad basada en la información y el conocimiento. Las nuevas demandas establecen como ejes centrales los procesos de aprendizaje, el conocimiento distribuido en red, el desarrollo de escenarios que

permitan aprendizajes colaborativos a lo largo de la vida -más allá de la escolaridad regular- y que transitan de manera transparente por entornos presenciales y virtuales (Leal, 2009)

Los sistemas educativos actuales todavía muestran una fuerte influencia de los modelos tradicionales que responden a las necesidades industriales del siglo XIX, con un foco en la preparación de los estudiantes para procesos de estandarización y manufactura, centrando sus esfuerzos en las actuaciones de enseñanza -clases magistrales- y privilegiando el desarrollo de operaciones memorísticas. Este enfoque privilegia, además, un desarrollo académico de las ciencias exactas y las matemáticas sobre áreas como las humanidades o las artes. (Área, 2008; Robinson, K., 2009).

En complemento a lo anterior, el surgimiento y rápida difusión de múltiples tecnologías de información y comunicación en la última década no sólo ha generado nuevos retos, sino que ha ahondado los problemas históricos asociados a la pertinencia de estos sistemas educativos. La aparición de nuevas plataformas tecnológicas ha derivado en un proceso cultural que transforma tanto las dinámicas de generación, circulación y acceso al conocimiento como las formas de organización y socialización, así como las lógicas de producción de valor económico y de desarrollo social.

Así, la creciente disponibilidad de recursos, contenidos y dispositivos, al igual que la personalización, los servicios centrados en las necesidades de los usuarios -entre otros aspectos propios de la sociedad de la información y la comunicación-, han generado desplazamientos esenciales en la manera como se accede al conocimiento, la manera como este proceso tiene lugar en la escuela (Aparicci et.al., 2010) y las expectativas que los diversos actores tienen frente a su proceso de aprendizaje.

En este contexto, es clave fomentar la comunicación a través de la apropiación y participación en los códigos, narrativas, tecnologías y recursos existentes en una sociedad digital, de múltiples convergencias sociales y comunicativas (Jenkins, 2009). También es importante promover el desarrollo de las competencias del Siglo XXI (Anamiadou & Claro, 2009; Binkley et al., 2010) que apuntan al aprendizaje autónomo, el trabajo entre pares, la colaboración y el pensamiento crítico, como claves para la generación de soluciones a las problemáticas de los contextos específicos de los individuos.

3. Descripción del curso

El curso está planificado de manera que lleve al estudiante de manera gradual a proponer soluciones creativas. Para esto se desarrollan tres tipos de actividades. En la primera, al estudiante se le presentan problemas ya resueltos para que entienda la solución; en la segunda, se le plantean problemas o retos para que él los resuelva; y en la tercera el estudiante debe idear un dispositivo que se ajuste a unas reglas predeterminadas y compite con sus compañeros en un concurso donde se busca la mejor propuesta.

3.1. Análisis de problemas resueltos

Para lograr los objetivos de aprendizaje en el curso de pensamiento algorítmico, al estudiante se le presenta con diversas metodologías y actividades el análisis de problemas resueltos. El primero de ellos son los problemas de lógica que se exponen en los videos propuestos en la lista *Can You Solve This Riddle?* creada por TED-Ed en youtube (TED-Ed, 2017). Allí, a los estudiantes se les presenta un problema a resolver. De forma individual y compitiendo con sus compañeros para encontrar la solución rápidamente, el estudiante la socializa con todos y es comparada con la solución presentada en el video.

La segunda actividad que se les plantean a los estudiantes es un análisis de lectura del libro *El hombre que calculaba* (Tahan, M., & Sañez, F., 1986). A cada uno se le asignan tres problemas planteados en el libro, lo que equivale en la mayoría de los casos a 3 capítulos del libro. El estudiante debe leer, analizar e interpretar los problemas para luego socializar con sus compañeros los siguientes puntos: enunciado del problema planteado, los datos y las variables relevantes en el problema y la solución planteada en el libro. La explicación de cada punto debe ser construida por el estudiante utilizando su propio lenguaje.

Otra actividad que se realiza con los estudiantes de la materia para analizar problemas resueltos, es el conjunto de enigmas que son presentados en la película *La habitación de Fermat* (Piedrahita, L., & Sopeña, R., 2007). En la película cuatro "genios" matemáticos que no se conocen entre sí son "aparentemente" invitados por un misterioso anfitrión que se hace llamar Fermat a una reunión para lo que han de resolver un primer enigma, que será la llave que les permitirá acudir a la cita. Se trata de un experto en acertijos, un inventor en decadencia con un "delito" a cuestas, un brillante universitario al que le robaron una teoría matemática y una inteligente dama con un pasado turbulento.

Los cuatro quedan encerrados en una elegante sala que esconde un secreto. Tendrán que ir descubriendo qué es lo que les une para estar allí y quién desea su muerte, todo esto bajo la presión continua de ir resolviendo los sucesivos "enigmas" o "acertijos" que se les irán planteando en un tiempo determinado. En caso contrario la habitación irá encogiéndose hasta aplastarles. A través de sus métodos de resolución, de su forma de afrontarlos, de sus ideas, se va conociendo la personalidad de cada uno mientras la trama avanza hasta conocer la resolución final.

Al finalizar la película, los estudiantes deben contestar preguntas como: ¿Qué diferencia hay entre Conjetura y Teorema?, o, Recordemos la Conjetura de Goldbach: "todo número par es la suma de dos números primos". ¿Por qué no se aplica a los números impares? Al mismo tiempo, analizan cada uno de los enigmas y acertijos presentados y cómo fueron resueltos por los expertos en la película. Por ejemplo: En el interior de una habitación herméticamente cerrada, hay una bombilla y fuera de la habitación hay tres interruptores. Sólo uno de los tres enciende la bombilla. Mientras la puerta esté cerrada puedes pulsar los interruptores las veces que quieras, pero, al

abrir la puerta, hay que decir cuál de los tres interruptores es el que enciende la bombilla. Con estas condiciones, ¿cómo averiguar cuál de los tres interruptores enciende con certeza la bombilla? Justifica.

3.2. Resolución de problemas

En esta etapa del curso, los estudiantes han analizado problemas en donde ya se tiene una o varias soluciones planteadas. En esta segunda etapa, el profesor plantea problemas que los estudiantes deben no sólo analizar, sino plantear una solución. La primera actividad planteada para esto es la construcción de diagramas de flujo a partir de un conjunto de instrucciones para construir o llevar a cabo una tarea específica, por ejemplo, una receta de cocina.

En equipos, a los cuales se les ha entregado un problema distinto a cada uno, analizan, discuten y construyen un posible diagrama de flujo que represente el conjunto de instrucciones entregadas. Al final de la actividad, cada equipo socializa su diagrama de flujo con sus compañeros.

Otro de los temas abordados en la materia, son los árboles de decisiones. El árbol de decisiones es una técnica enmarcada dentro del desarrollo de métodos y sistemas de razonamiento utilizados en investigaciones de inteligencia artificial y programación de aplicaciones, por su estructura son fáciles de comprender y analizar; su utilización cotidiana se puede dar en diagnósticos médicos, predicciones meteorológicas, diagnósticos en control de calidad, y otros problemas que necesiten de análisis de datos y toma de decisiones.

Para abordar este tema de una forma práctica y divertida en el aula, los estudiantes juegan *Clue*. Este juego de mesa consiste en poner a los jugadores unos contra otros para descifrar quién mató al Sr. Boddy, en donde ocurrió el crimen y qué arma se utilizó.

Los sospechosos clásicos son la Srta. Scarlet (rojo), la Sra. White (blanco), la Sra. Peacock (azul), el Profesor Plum (morado), el Sr. Green (verde) y el Coronel Mustard (amarillo). Las armas son una cuerda, un tubo de tubería, un cuchillo, una llave, un candelabro y un revólver. En cada juego hay 6 sospechosos, 6 armas y 9 habitaciones; cada sospechoso (jugador) tiene un punto de inicio asignado y las fichas de armas se reparten entre las habitaciones.

Cada sospechoso, arma y habitación también tiene una tarjeta individual. Divide las tarjetas en tres grupos: armas, sospechosos y habitaciones. Se mezcla cada grupo, se ponen hacia abajo sobre la mesa y con cuidado, coloca la carta superior (de manera que nadie la vea) de cada grupo en el sobre de "confidencial" o "archivo del caso". Luego se combina el resto de las tarjetas en un solo grupo, se baraja y distribuye entre los jugadores. En el aula, cada jugador es un grupo de estudiantes, y a cada grupo se le entrega: una hoja de anotaciones de detective, elige una ficha de sospechoso y la coloca en su lugar de inicio en el tablero del juego.

Cada equipo tacha en su hoja de detective las tarjetas que les entregaron. (Esto se convierte en ramas del árbol de decisión que no tendrían segundo nivel) su hoja de detective se convierte en el conjunto de variables para construir su árbol y una de las ramas se convertirá en la solución del juego a medida que tiran los dados, explorar las habitaciones, hacen preguntas y sugerencias e intentar solucionar el crimen.



Una tercera actividad que se realiza con los estudiantes es el análisis y resolución de problemas de simulación. La simulación puede definirse como la experimentación con un modelo que imita ciertos aspectos de la realidad. Esto permite trabajar en condiciones similares a las reales, pero con variables controladas y en un entorno que se asemeja al real pero que está creado o acondicionado artificialmente.

La idea es que la simulación permita comprobar el comportamiento de una persona, de un objeto o de un sistema en ciertos contextos que, si bien no son idénticos a los reales, ofrecen el mayor parecido posible. Así, es posible corregir fallos antes de que la experiencia, efectivamente, se concrete en el plano de lo real.

Para abordar este tipo de problemas en el aula, el profesor trabaja en detalle algunos capítulos de la serie *The Numbers* (Numb3rs). A continuación, se describe una de las actividades realizadas para el análisis de problemas de simulación con los estudiantes.

Para abordar este tema, trabajaremos en detalle algunos capítulos de la serie *Numb3rs*.

1. **Fallo de Estructura. Temporada 1 - Episodio 4.** Charlie no cree que la muerte de un estudiante de ingeniería científica californiano haya sido un suicidio, y le pide a Don que investigue. La serie de pistas conduce hasta un complejo de rascacielos que es una bomba de tiempo.

- ¿Cómo fue identificado el problema?
- ¿Qué logró identificar Charlie (matemático) con el péndulo?
- ¿Cuáles son los datos iniciales de la simulación con el edificio?
- ¿En qué afecta la variable asociada con el viento en la simulación?
- ¿Se te ocurre algún otro apunte importante acerca del capítulo y la simulación presentada?

2. **La caza del hombre. Temporada 1 - Episodio 13.** Don se reúne con su antiguo compañero de la División de Captura de Fugitivos del FBI después de que el accidente de un autobús penitenciario facilite la fuga de un violento criminal, lo que suscita el temor de que el convicto quiera vengarse de los testigos cuyos testimonios le llevaron a la cárcel.

- ¿Cuáles son las variables involucradas en la simulación del choque?
- ¿Según la simulación, lo que ha pasado es un accidente o fue ocasionado? ¿Cómo describen que pasó?
- ¿En qué consiste el problema de las cabras?
- Describe en una forma resumida como puede ser el algoritmo de las ubicaciones. ¿Cuáles son las variables involucradas en el algoritmo?

3.3. Creación de algo nuevo

En esta etapa del curso, los estudiantes ya han entendido, analizado y resuelto diversos problemas que les ha permitido desarrollar un pensamiento de forma algorítmica, es decir, formular una serie de instrucciones que al ser seguidas paso a paso resuelven el problema. A partir de allí, el profesor les plantea a los estudiantes la construcción de una máquina de Goldberg. La ejecución de la Máquina

implica actividades secuenciales y sincronización de eventos, entre otros componentes básicos de los algoritmos. Este enfoque tiene sentido porque una de las características del pensamiento algorítmico es la conceptualización y se puede materializar de múltiples maneras además de la programación. El desarrollo de la máquina de Goldberg requiere pensar en múltiples niveles de abstracción; son dispositivos complejos para resolver problemas simples, y obliga a los estudiantes utilizar materiales y mecanismos de manera innovadora.

Con la construcción de las máquinas de Goldberg se busca: (a) Desarrollar estrategias y metodologías basadas en principios científicos y de ingeniería, para resolver problemas; (b) Desarrollar la capacidad para el trabajo en equipo y la resolución de problemas; (c) Sentirse motivado para ser creativo y fomentar el espíritu de investigación; (d) Saber cómo los ingenieros en el pasado han resuelto este tipo de problemas.

Para construir la máquina de Goldberg, los estudiantes debes cumplir con un conjunto de restricciones: (a) La máquina deberá ser construida al menos en un 30% con materiales reciclados; (b) Deberá ser diseñada y construida por los miembros del equipo; (c) El mecanismo de la máquina debe iniciar con un balón de 1.5cm de diámetro, el cual se pondrá al inicio de la máquina y será soltado; (d) El funcionamiento del resto de la máquina debe ser totalmente autónomo, no puede haber intervención humana diferente a soltar el balón; (e) El recorrido de la máquina debe durar al menos de 20 segundos, desde que es soltado el balón hasta que la máquina se detiene; (f) La máquina deberá emplear al menos cuatro mecanismos distintos basados en transferencia de energía; y (g) La construcción de la máquina no puede involucrar fuego, pólvora ni cualquier otro elemento o material que pudiese poner en riesgo la integridad física de los integrantes del equipo o del público.



4. Resultados

Uno de los resultados que se evidenció es que la metodología empleada efectivamente ha propiciado que los estudiantes dediquen un mayor tiempo al trabajo independiente y al fortalecimiento del trabajo autónomo y colaborativo.

Este tipo de metodologías implementadas significa un gran reto para los docentes, ya que implica tener todo el material preparado clase a clase y la explicación de ejemplos a través de diferentes medios, como: animaciones multimediales, seguimiento paso a paso de algoritmos, talleres, alimentar la base datos de autoevaluación con preguntas y respuestas. Es decir, requiere un trabajo preliminar bastante grande, el cual no debe dar lugar a improvisaciones. La propuesta implementada aporta elementos que generan una reflexión crítica sobre la importancia y la necesidad de crear ambientes significativos dentro del aula como herramienta de apoyo al proceso educativo.

5. Conclusiones y trabajos futuros

Las dificultades en la enseñanza y aprendizaje de algoritmos se presentan por múltiples factores. Uno de los más relevantes es la falta de un aprendizaje significativo, es decir, los estudiantes no encuentran o no dan un significado al nuevo conocimiento que lo relacione con sus intereses y pasiones. La labor del docente no se puede limitar al solo hecho de transmitir información, por el contrario, requiere el diseño de estrategias metodológicas que posibiliten una mayor participación del estudiante en la construcción de su propio conocimiento, mediante el análisis y la solución de problemas. Solo cuando el estudiante le da significado a lo que se enseña aprende realmente, haciendo que el conocimiento sea permanente y no temporal.

La materia de pensamiento algorítmico hace parte del currículo de los todos los programas de ingeniería de la Institución. Los estudiantes de otros programas académicos, i.e. mercadeo, luego de interactuar con los estudiantes de ingeniería, han solicitado que la materia sea ofrecida en todos los programas de la institución. La metodología implementada ha permitido que los estudiantes comprendan la importancia de desarrollar pensamiento algorítmico.

6. Referencias

- TED-Ed (2017), Can You Solve This Riddle? https://www.youtube.com/playlist?list=PLJicmE8fKOEiFRtIHm5a_7SJFaiklFW3Q. Consultado en junio 5 de 2017
- Tahan, M., & Sañez, F. (1986). El hombre que calculaba. Limusa.
- Piedrahita, L., & Sopena, R. (2007). La habitación de Fermat. Spain. Retrieved from http://www.imdb.com/title/tt1016301/?ref_=ttpl_pl_tt
- Shavelson, R. (2002). Scientific research in education. (R. J. Shavelson & L. Towne, Eds.). The National Academies Press. Retrieved from http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10236

- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach (p. 300). Springer.
- Weichert, D., Rauhut, B., & Schmidt, R. (2010). Educating the Engineer for the 21st Century (1st ed., p. 327). Springer
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach (p. 300). Springer. Pag 222.
- Engineering, N. A. of. (2005). The engineer of 2020: visions of engineering in the new century. The National Academies Press. Retrieved from http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10999

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

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)