



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

PLATAFORMA ROBÓTICA INTERACTIVA COMO ESTRATEGIA PARA EL FOMENTO DEL ESTUDIO DE LA INGENIERÍA

Jorge Alfredo López Jiménez, Carlos Saith Rodríguez Rojas, Eyberth Rolando Rojas Martínez, Andrea Katherin Pérez Hernández, Heyson Báez Ramos, Juan Manuel Calderón Chávez

**Universidad Santo Tomás
Bogotá, Colombia**

Resumen

La ingeniería ha sido por décadas una de las áreas de mayor influencia en el desarrollo de la tecnología al servicio de la humanidad. Sin embargo, el interés que despierta en los jóvenes que egresan de la secundaria, cada año ha ido en decremento. Por eso, para rescatar e incentivar el interés en la ingeniería por parte de los jóvenes en Colombia, se planteó la iniciativa KR-USTA desde el Grupo de Investigación y Desarrollo en robótica GED, adscrito al programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás. Esta iniciativa consistente en un equipo básico de robótica móvil mediante el cual los participantes pueden entender las ciencias básicas del conocimiento, como matemáticas y física. Partiendo de la construcción y control de una plataforma robótica con 4 ruedas y tracción diferencial, cada estudiante descubre y explora las herramientas técnicas que empleará durante su proceso de formación. Posteriormente, se explica la metodología con la que se aplicó la iniciativa, en la cual se seleccionó como población objetivo a estudiantes de educación media en la ciudad de Bogotá. Como parte de este proceso de aplicación metodológico se realizaron sesiones periódicas durante ocho meses, en las cuales los estudiantes realizaron diferentes pruebas sobre las plataformas robóticas.

Luego de terminar las sesiones programadas, se aplicó una encuesta como instrumento de evaluación y una prueba práctica para recopilar y analizar los resultados de la iniciativa. La información recopilada fue tabulada y evaluada. Adicionalmente, como parte del proceso de evaluación cuantitativa del programa, se realizó un seguimiento de los estudiantes que luego de participar en el proyecto ingresaron a programas profesionales de ingeniería; concluyendo así que el proyecto permite cumplir con el objetivo propuesto, dado que los resultados demuestran que la mayoría de estudiantes participantes encontraron en la ingeniería un proyecto de vida viable y sostenible a la vez que entendieron completamente los conceptos teóricos.

Con lo anterior, es posible concluir a mediano plazo que la iniciativa permite aumentar notablemente el número de profesionales en ingeniería capaces de prestar soluciones innovadoras y con alto impacto social que permitan incrementar la competitividad del país.

Palabras clave: Iniciativa educativa; robótica

Abstract

Engineering has been for decades one of the most influence areas of technology development to mankind service. However, the interest in engineering by young people who graduate from high school each year has been in decline. Therefore, to rescue and encourage interest in engineering by young people in Colombia, raised the KR-USTA initiative from Research and Development in Robotics Group (GED), assigned to Electronic Engineering Faculty at Santo Tomas University. This initiative consists of basic mobile robots, through which participants can understand the basic science knowledge, such as mathematics and physics. Starting from the construction and control of a robotic platform with 4 wheel and differential traction, each student discovers and explores some technical tools used during his training process in engineering. Subsequently, we explain the methodology that was applied to this Initiative, which selected groups of middle school students in the city of Bogota as the target population. As part of this process of methodology, regular sessions were held for eight months, in which students performed different tests using robotic platforms.

After completing scheduled sessions, were surveyed students as an assessment tool and a practical test to collect and analyze results of Initiative. Information collected was tabulated and evaluated. Additionally, as part of the quantitative evaluation of program, We made a followed up students after participating in the project to look who enrolled professional engineering programs, thus concluding that the project can achieve this objective, as results show that most participants found Engineering as a life project viable, while they fully understand theoretical concepts.

According to the last part, we can conclude that at medium-term lapse this initiative increases significantly the number of engineering professionals, capable of providing innovative solutions and high social impact, that allow increase the country's competitiveness.

Keywords: educational initiative; robotics

1. Introducción

El progreso y avance de la humanidad esta intrínsecamente relacionado con los avances de la tecnología. Sin embargo, la cantidad de jóvenes que optan por la ingeniería ha ido en decremento en los últimos 4 años como se menciona en García (2012). En Colombia, este factor de decremento en el número de ingenieros es preocupante, dado que esto obliga a la industria nacional a ser un consumidor de tecnología. Además, también se limita la posibilidad de desarrollar tecnología propia e incluso, adaptar tecnología a las condiciones del País dado que la mano de obra calificada para esas labores tendría que ser contratada en el exterior para suplir la demanda. Por lo anterior, es necesario que el estudio de la Ingeniería sea uno de los pilares del desarrollo y avance del País (Morell, *et al.*, 2008).

La formación de ingenieros parte de la escuela secundaria en donde se cimientan los conceptos claves para estimular la creatividad y afinidad con la tecnología. Por esta razón es necesario que los currículos de la educación secundaria permitan que los jóvenes experimenten las bases de la ingeniería, como se sigue en varias iniciativas internacionales (Arlegui, *et al.*, 2008 y Kee, D., 2011).

Para poder desarrollar tecnología es necesario conocer los principios fundamentales de funcionamiento de los componentes de esa tendencia tecnológica, lo que implica aprender matemáticas y ciencias naturales. La robótica ha sido utilizada como herramienta para enseñar conceptos de ciencias básicas así como ingeniería en diferentes niveles de escolaridad como se evidencia en Hacker (2003). Partiendo de esta premisa el Grupo de Estudio y desarrollo en robótica GED de la Universidad Santo Tomás decidió crear el KR-USTA en el contexto Colombiano. Los Kit de robótica y otras iniciativas de uso de la robótica han demostrado su efectividad para motivar a los jóvenes, así como para potenciar sus capacidades para el desarrollo de tecnología (Anderson, *et al.*, 2007 y Miglino, *et al.*, 1999).

Posteriormente es necesario profundizar en la física, la química y las matemáticas para que el futuro ingeniero sea capaz de afrontar los retos de competitividad en un mundo globalizado (Morell, *et al.*, 2008).

En este artículo se presenta la metodología empleada para el desarrollo del kit, así como la dinámica del taller en donde se emplea el kit. Posteriormente, se describe brevemente el kit desde sus componentes y luego se establecen las competencias que se potencian con el kit, principalmente orientadas a motivar el estudio de la Ingeniería. En las siguientes secciones, se menciona la población objetivo y los resultados obtenidos después de aplicar el taller. Finalmente se dan las conclusiones de ésta actividad.

2. Metodología

Para cumplir el objetivo de motivar a los jóvenes a que estudien una carrera de ingeniería, se realizaron actividades de planeación y aplicación, antes, durante y después de diseñar el Kit. Primero se realizó una exploración de cuáles son las causas que generan que la ingeniería no atraiga la atención de los jóvenes que egresan de la educación secundaria. Se realizaron encuestas a los aspirantes que se presentaban a la Universidad en las carreras de ingeniería y en carreras de otras disciplinas, con el objetivo de consolidar una opinión de los jóvenes frente a la ingeniería, sin sesgar el resultado. El resultado concreto de esta primera etapa indico que la ingeniería se percibe como una carrera compleja, de baja remuneración y poco aplicado a las situaciones de la vida cotidiana. Como conclusión de esta primera etapa, se plantea la necesidad de mostrar las actividades de la ingeniería en un contexto diferente en donde los jóvenes puedan aplicar los conocimientos conceptuales e intuitivos que adquirieron en la educación secundaria y que les van a servir para solucionar problemas más complejos si deciden estudiar una ingeniería. La segunda etapa consistió en establecer la lista de competencias que se deseaban potenciar. La tercera fue desarrollar el kit y el reto a resolver. Posteriormente se seleccionan los grupos focales para la aplicación de las pruebas, teniendo en cuenta que debían ser jóvenes con unos conocimientos mínimos de matemáticas y física y que consideraron continuar con la educación superior.

Una vez que se desarrolló la plataforma y el reto, se planteó la forma de presentarla a los jóvenes para que vieran las ventajas y beneficios de la ingeniería de manera ágil y sucinta y lo que podrían lograr estudiándola. Se determinó que la forma más conveniente es mediante un taller en el que el dialogo y la interacción directa entre los jóvenes, el instructor y los kits sea efectiva. Se realizó la convocatoria al taller, el cual fue desarrollado en los laboratorios de la Universidad o en los espacios designados por los colegios interesados. Se desarrolló todo el material de soporte, documentación y ejemplos para poder dar sustento a la actividad.

El taller consiste en ocho 8 momentos: 1. Presentación de la robótica y su relación con la ingeniería. La cual se soporta con recursos audiovisuales. 2. Una descripción del kit explicando que son sensores y actuadores. En algunos casos se explica el ensamblaje de la plataforma. 3. Se da la introducción, unos

ejemplos de programación y se explica la herramienta de programación utilizada. 4. Se explica el objetivo de la prueba. 5. Periodo de desarrollo de la prueba por parte del joven o los grupos de jóvenes. 6. Realización de la competencia y obtención de resultados. 7. Reconocimientos e incentivos a los jóvenes ganadores. 8. Se realiza una evaluación de la actividad por parte de los jóvenes, como parte del proceso de realimentación y mejora del ejercicio.

Después de desarrollar el taller se les hace seguimiento a los jóvenes mediante el mecanismo de encuesta. Los que deciden estudiar en la Universidad llenan información referente a sus inclinaciones y afinidades con las carreras de ingeniería. Los que no estudian ingeniería en la Universidad o en otras universidades se les hace un cuestionario de 3 a 5 preguntas donde se busca determinar porque no siguieron con la ingeniería si tenían una inclinación previa.

3. La plataforma y el reto

El kit KR-USTA consta de una plataforma robótica modular construida con elementos mecánicos de marca VEX, sensores y una tarjeta de control desarrollada por el grupo GED. Todos los componentes estructurales permiten que un estudiante pueda realizar el ensamble de la plataforma siguiendo una secuencia de pasos sencilla. Adicionalmente, cada Kit tiene un manual de instrucciones y una documentación complementaria (en formato digital) en donde se aclaran situaciones sobre las conexiones eléctricas, los ensambles mecánicos y la conexión de la plataforma. Para ésta primera parte no es necesario contar con herramientas adicionales, dado que las que se necesitan, ya vienen incluidas en el kit.

El primer reto al que se enfrentan los estudiantes, es ensamblar la plataforma. Siguiendo una serie de instrucciones, cada persona arma su robot permitiéndole desarrollar habilidades manuales y pensamiento lógico. El Kit ensamblado y listo para ser programado se muestra en la figura 1.

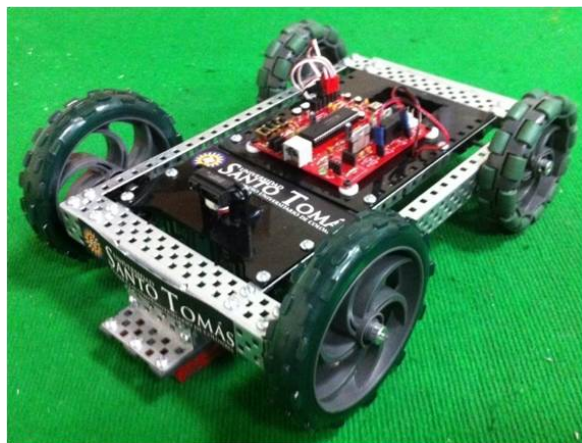


Figura 1. Kit Robótico KR-USTA

El segundo reto consiste en programar la plataforma, para algunos de los jóvenes, esto involucra aprender a programar en lenguaje C. La dinámica de programación representa un reto para todos los estudiantes, incluso para los que ya tienen bases de programación como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Programación de la plataforma

El tercer reto es cumplir con los objetivos finales de la prueba. En esta parte es importante recalcar que tanto el trabajo en equipo, como las habilidades de comunicación son decisivos. En esta etapa, también se evidencian las habilidades sociales y los valores morales de los participantes. Dos momentos de esta última parte se muestran en la figura 3, en donde se realiza el taller en las instalaciones de la Universidad Santo Tomás y en uno de los colegios.



Figura 3. Realización de la prueba con el kit KR-USTA

4. Competencias que se desarrollan con el uso del KR-USTA

Con el Kit y la aplicación de las pruebas, se espera que los estudiantes de secundaria desarrollen y experimenten algunas de las competencias (Eduteka, 2011) que necesitarán si optan por estudiar una carrera de ingeniería, se decidió consultar varios trabajos que relacionan las competencias según la taxonomía de Bloom, donde en necesario recalcar el de Felder, *et al.* (2000). En la tabla 1 se muestran dichas competencias, según la actividad que desarrolla el estudiante en cada etapa del taller.

Actividad	Conocimientos/ Habilidades	Tipos de competencia
1. Ensamblaje de la plataforma	Física mecánica / destreza manual.	<ul style="list-style-type: none"> • Cognitivas interpretativas: Comprensión sistémica: comprender un sistema <ul style="list-style-type: none"> • Comunicativas: Gestión de información: buscar y evaluar información, interpretar y comunicar <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas: gestión de recursos
2. Conexión de dispositivos	Sistemas y computación	Gestión de recursos
3. Establecimiento de parámetros	Matemáticas, geometría y álgebra	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicativas: Gestión de información: buscar y evaluar información, interpretar y comunicar
4. Programación de la plataforma	Sistemas , lógica y algoritmos	<ul style="list-style-type: none"> • Cognitivas propositivas: Comprensión sistémica: mejorar el desempeño de un sistema <ul style="list-style-type: none"> • Comunicativas: Gestión de información: buscar y evaluar información, interpretar y comunicar <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas: gestión de recursos
5. Prueba de la plataforma	Manejo de información, matemáticas	<ul style="list-style-type: none"> • Cognitivas propositivas: Comprensión sistémica: mejorar el desempeño de un sistema
6. Realización del reto por equipo	Pensamiento lógico y pensamiento crítico	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicativas: Gestión de información: evaluar información, interpretar y comunicar <ul style="list-style-type: none"> • Relaciones interpersonales
7. Competencia con otros estudiantes	Liderazgo, enseñar a otros, trabajo en equipo, liderazgo	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicativas: Gestión de información: evaluar información, interpretar y comunicar <ul style="list-style-type: none"> • Relaciones interpersonales

Tabla 1. Competencias desarrolladas con el KR-USTA

Este ejercicio motiva a los jóvenes a estudiar ingeniería dado que les permite evidenciar algunas de las competencias necesarias para su estudio. Ellos se dan cuenta de cuales poseen y cuales deben adquirir. Sin embargo, estas no son las únicas competencias que se emplean durante las pruebas. El kit está abierto a mejoras constantes como cambios en la plataforma y el reto que permitirán aumentar la cantidad de habilidades exploradas.

5. Población y muestra

Este proyecto está orientado principalmente a potenciar las capacidades de los jóvenes que tienen curiosidad e inclinación por la ingeniería. No obstante, durante el periodo de aplicación del taller, participaron personas que no tenían conocimiento sobre las temáticas de la robótica o la ingeniería, pero se sintieron motivados a participar por la forma como se les planteó el taller.

Durante ocho meses se desarrollaron 14 sesiones. Cada sesión contó con una participación de 20 estudiantes aproximadamente con edades entre los 14 y los 17 años.

6. Análisis de resultados y perspectiva de trabajo futuro

Después de realizar los talleres en el periodo establecido y luego de recopilar la información de seguimiento, se pudo determinar que un 65% de los estudiantes de secundaria tomaron la decisión de estudiar ingeniería. El 27% finalmente decidió que la ingeniería no era su vocación y el restante 8% se mantiene indeciso.

De la evaluación de realimentación realizada a cada uno de los talleres desarrollados mediante el instrumento de encuesta, se determinó que el componente principal de motivación para los jóvenes es la posibilidad de interactuar con el robot y ser capaz de resolver el reto usando sus competencias y adaptándolas a la situación del desafío.

El reto está en proceso de mejora continua. Dado que se implementó un segundo desafío en el cual la idea es que el robot encuentre la salida de un laberinto. Esta segunda etapa aún está en el periodo de validación. Otra de las mejoras que se realizan actualmente, están orientadas al mejoramiento de la plataforma robótica. Dentro de estas mejoras están: el cambio en los motores, aumentar la cantidad de sensores e incluir actuadores que permitan enfrentar nuevas tareas. También se han realizado cambios en el material complementario como el manual y las herramientas de software.

7. Conclusiones

La iniciativa KR-USTA ha demostrado su potencial cumpliendo el objetivo de introducir a los jóvenes de escuela secundaria a la Ingeniería. No solo a la Ingeniería Electrónica sino a las otras ingenierías afines. Sin embargo, el Kit, el reto y el taller, están en un proceso evolutivo que permitirá explorar nuevas competencias, llegar a un mayor número de estudiantes y tener la posibilidad de integrarse a otras dinámicas de motivación para que los jóvenes Colombianos elijan la Ingeniería como opción de vida.

Tanto la lúdica, como la enseñanza basada en experimentos presentan un reto para los docentes y los ingenieros que desean emplearlos como herramientas de motivación para el estudio de la Ingeniería. Pero en la medida en que son integradas a dinámicas atractivas para los jóvenes, éstas presentan resultados altamente satisfactorios, además de convertirse en nuevos escenarios de enseñanza – aprendizaje.

8. Referencias

- Anderson, J. and Baltes, J. (2007) A Mixed Reality Approach to Undergraduate Robotics Education. Consultado el 19 de noviembre de 2012 en http://robotics.cs.brown.edu/aaai07/materials/manitoba_paper.pdf
- Arlegui, J., Fava, N., Menegatti, E., Monfalcon, S., Moro, M. and Pina, A. (2008). Robotics at primary and secondary education levels: technology, methodology, curriculum and science. Consultado el 19 de noviembre de 2012 en http://www.terecop.eu/downloads/ISSEP_2008.pdf
- Eduteka (2011). Taxonomía de Bloom de habilidades de pensamiento. Consultado el 18 de enero de 2013 en <http://www.eduteka.org/pdfdir/TaxonomiaBloomCuadro.pdf>
- Felder, R. et al (2000) The future of engineering education II. Teaching methods that work. Consultado el 16 de octubre de 2012 en http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Education_Papers.html#Issues

- García, F. (2012, Octubre). Una mirada a la formación en ingeniería en el contexto internacional. Consultado el 28 de febrero de 2013 en http://www.acofi.edu.co/documentos/DOC_PE_Mirada_formacion_en_ingenieria.pdf
- Hacker, L. (2003). Robotics in Education: ROBOLAB and robotic technology, as tools for learning science and engineering. Consultado el 19 de noviembre de 2012 en <http://ase.tufts.edu/roboticsacademy/Theses/LauraHacker03.pdf>
- Kee, D. (2011). Educational Robotics - Primary and Secondary Education. IEEE Robotics & Automation Magazine, December 2011, pp 16 – 19.
- Miglino, O., Hautop, H. and Cardaci, M. (1999). Robotics as an educational tool. Journal of Interactive Learning Research, Vol. 10. No 1, pp. 25 – 47.
- Morell, L., Borri, C., Hoyer, H. J., Rajala, S. A., Ramakrishna, S., Fouger, X., Laporte, B., Quadrado, J.C., Larrondo and M.M., McKenzie, D (2008). IFEES: Enhancing Engineering Education at a Global Scale. Revista de Ensino de Engenharia, Vol. 27, No. 3, pp. 5-21.

Sobre los Autores

- **Jorge Alfredo López Jiménez:** Ingeniero Electrónico, Magister en Ingeniería Electrónica de la Universidad de los Andes. Miembro del grupo GED. Docente de tiempo completo de Ingeniería Electrónica en la Universidad Santo Tomás. jorgelopez@usantotomas.edu.co
- **Carlos Saith Rodríguez Rojas:** Ingeniero Electrónico de la Universidad Santo Tomás. Miembro del grupo GED. Docente de tiempo completo de Ingeniería Electrónica en la Universidad Santo Tomás. saithrodriguez@usantotomas.edu.co.
- **Eyberth Rolando Rojas Martínez:** Ingeniero Electrónico de la Universidad Santo Tomás. Miembro del grupo GED. Docente de tiempo completo de Ingeniería Electrónica en la Universidad Santo Tomás. eyberthrojas@usantotomas.edu.co.
- **Andrea Katherin Pérez Hernández:** Ingeniera Electrónica de la Universidad Santo Tomás. Miembro del grupo GED. Docente de tiempo completo de Ingeniería Electrónica en la Universidad Santo Tomás. andrea.perez@usantotomas.edu.co.
- **Heyson Roselino Báez Ramos:** Ingeniero Electrónico, Magister en Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana. Miembro del grupo GED. Docente de tiempo completo de Ingeniería Electrónica en la Universidad Santo Tomás. heysonbaez@usantotomas.edu.co
- **Juan Manuel Calderón Chávez:** Ingeniero Electrónico, Magister en Ingeniería Electrónica. Estudiante de doctorado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad del Sur de la Florida. Líder fundador del grupo GED. juancalderon@usantotomas.edu.co.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)