



LA FILOSOFÍA MAKER APLICADA AL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO EN INGENIERÍA FÍSICA

Jhon Jairo Realpe, Miguel Hugo Corchuelo

Universidad del Cauca
Popayán, Colombia

Resumen

En la búsqueda de alternativas para promover la innovación y el emprendimiento a través del aprendizaje activo, de tipo experiencial y situado, acompañado de la reflexión del estudiante de ingeniería sobre la incidencia de su trabajo en el contexto, se presenta la oportunidad el movimiento maker, como un referente para que el estudiante de Ingeniería Física pueda diseñar equipos para los laboratorios de física. Gracias en primer lugar, a la reflexión sobre las dificultades para la recopilación de información confiable y suficiente al ejecutar prácticas de laboratorio de física para programas de ingeniería; y en segundo lugar, al acceso al conocimiento tecnológico compartido acompañado con herramientas de fabricación digital, CAD, (Diseño asistido por computador) y prototipado rápido electrónico, se posibilitó la identificación y el desarrollo de tres iniciativas. Se presentan en este artículo los aprendizajes alcanzados durante el diseño de mejoramiento de las experiencias sobre: tiro semiparabólico, carril de aire y líneas equipotenciales. Inicia con la conformación de tres equipos de estudiantes, a quienes se les plantearon los desafíos. Continúa con la narración de las potencialidades y dificultades enfrentadas durante el desarrollo de los tres prototipos funcionales de bajo costo. Se concluye con la incidencia de la experiencia en el fortalecimiento de las habilidades en resolución de problemas, trabajo colaborativo y el diseño de productos en ingeniería.

Palabras clave: trabajo de laboratorio; movimiento maker; aprendizaje activo en ingeniería

Abstract

In the search for alternatives to promote innovation and entrepreneurship through active, experiential and situated learning, accompanied by the reflection of the engineering student on the incidence of their work in the context. The maker movement is presented as a reference for the student of Physics Engineering to design equipment for physics laboratories. Firstly through reflection on the difficulties in collecting reliable and sufficient information when executing laboratory practices in physics for engineering programs. Secondly access to shared technological knowledge accompanied by digital manufacturing tools, CAD (Computer Assisted Design) and rapid electronic prototyping, made it possible to identify and develop three initiatives. This article presents the learning results achieved during the design of improvement of the experiences: semi-parabolic movement, air track rail and equipotential lines. It begins with the formation of three teams of students, who were assigned the challenges. It continues with the narration of the potentialities and difficulties experienced in the development of the three functional prototypes of low cost. It concludes with the incidence of experience in strengthening skills in problem solving, collaborative work and engineering product design.

Keywords: *laboratory work; maker movement; active learning in engineering*

1. Introducción

Para los procesos de formación en Ingeniería se hace necesario constituir espacios flexibles e innovadores que faciliten la atención de las demandas cambiantes y exigentes del mundo actual. De esto depende en buena medida que los futuros profesionales en ingeniería desarrollen competencias no solo de tipo científico-tecnológicas, sino también competencias genéricas que les permita abordar los retos de los contextos, así como participar inclusiva y pertinentemente, con responsabilidad social en el desarrollo sostenible de su región (Vargas, 1996).

Por lo anterior, la búsqueda de estos espacios de formación innovadores es uno de los grandes desafíos en la educación en Ingeniería. Esto ha llevado a que en muchas universidades del mundo y recientemente en Colombia se implementen reformas e innovaciones educativas que los posibiliten, tales como el aprendizaje basado en problemas (ABP) (Jollands et al., 2012), STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) (Ritz et al., 2014), CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar) (Edward, 2014) y recientemente los aportes del movimiento Maker en las dinámicas de educación y el empoderamiento del conocimiento y herramientas tecnologías, tanto en el sector académico, como al público en general (Halverson et al., 2014; Hatch, 2014; Tan et al., 2016). Los espacios colaborativos y de aprendizaje como son los Makerspace (Hatch, 2014), Hackerspace y los laboratorios de fabricación digital (Fablabs) (Gershenfeld, 2005) son propicios para tales dinámicas educativas.

El movimiento maker se puede considerar como un fenómeno social y tecnológico que se basa en la filosofía del DIY (hazlo tú mismo) es decir, la idea de que cualquier persona

puede diseñar y crear sus propios productos, gracias al acceso al conocimiento tecnológico compartido, a herramientas de fabricación digital y prototipado rápido electrónico (Hatch, 2014). El énfasis del movimiento es aprender a través de la experiencia y aunque tiene como base el concepto hazlo tú mismo, también promueve el trabajo en equipo, la obtención y producción de conocimiento en comunidad y la anulación del individualismo (Hatch, 2014).

Es importante señalar que la importancia del movimiento maker en el ámbito educativo radica en la posibilidad de generar procesos de aprendizaje que fomenten e integren habilidades STEM, emprendimiento, innovación, trabajo colaborativo, aprendizaje activo, entre otros (Halverson, 2014; Martin, 2015; Tesconi, 2015). Esto debido a que el modelo de aprendizaje propuesto en el movimiento maker es experiencial, horizontal, innovador, está basado en proyectos y tiene un fin claro: la generación de conocimiento compartido; Los diseños y los descubrimientos resultantes en los distintos espacios de creación (FabLab, Makerspace, Hacklab) se publican y pueden ser utilizados, mejorados o modificados por otros espacios y makers en el mundo (Halverson, 2014; Martin, 2015).

En vista de la importancia de estos espacios y tendencias en los procesos de formación en ingeniería surge la propuesta impulsada desde el proyecto Innovación Cauca, para que estudiantes del programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca, desarrollen habilidades en emprendimiento e innovación mediante espacios de aprendizaje activo, la filosofía maker y la metodología de diseño de productos en ingeniería.

En este artículo se muestran los resultados de este proceso. La primera etapa comienza con la convocatoria y selección de estudiantes. Luego, tras el análisis de casos en la temática de desarrollo de productos en ingeniería y un acercamiento a la filosofía maker, se conformaron tres equipos de estudiantes. Estos equipos se fundamentaron en la metodología del trabajo colaborativo, y se les planteó tres desafíos enfocados a la mejora de las prácticas de laboratorio, como son: movimiento semiparabólico, carril de aire y líneas equipotenciales. Cada grupo de trabajo planteó conceptos y crearon prototipos, basados en la metodología de diseño de productos y la filosofía maker, dando solución a los retos planteados. Como resultado los estudiantes de Ingeniería Física, con intereses y habilidades en instrumentación electrónica e ingeniería, aplicaron sus conocimientos a una problemática real lo que permitió el fortalecimiento de competencias genéricas como innovación, trabajo colaborativo, creatividad, toma decisiones y resolución de problemas.

2. Metodología

En primera instancia se convocó a estudiantes del programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca, quienes debían cumplir unos requisitos como son: cursar de 5-8 semestre, hoja vida y entrevista. Con base en esto se evaluaron a los candidatos y se seleccionó a 15 estudiantes quienes participaron en el proceso de fabricación de equipos de laboratorio aplicando la filosofía maker y la metodología de diseño de productos en ingeniería.

Para el desarrollo de las actividades se concertó un horario semanal de dos horas, por un lapso de tres meses, luego se conformó tres grupos de trabajo (GT1, GT2 y GT3), y posteriormente se dio a conocer los principios del movimiento maker, su impacto en los procesos de aprendizaje, el empoderamiento de tecnologías como diseño CAD, electrónico, prototipado 3D y su aplicación en la resolución de problemas articulados al contexto, así como una introducción a la metodología de diseño de productos en ingeniería.

Terminada esta etapa, se dieron a conocer los tres desafíos relacionados con las mejoras de tres prácticas de laboratorio que ofrece el Departamento de Física de la Universidad de Cauca a los programas de Ingeniería, dichas prácticas tienen asociados tres equipos de laboratorio que son: equipo de tiro semiparabólico (ETSP), carril de aire (ECA) y equipo de líneas equipotenciales (ELEP).

Cada grupo escogió un desafío quedando la distribución de la siguiente manera: GT1, GT2 y GT3, seleccionaron a ETSP, EUA y ELEP, respectivamente.

El proceso de diseño e implementación de las mejoras a los equipos de laboratorio se desarrolló aplicando la metodología de diseño de productos con el fin de identificar las especificaciones de diseño y los objetivos a cumplir en cada uno de los desafíos. Resaltando que en cada una de las etapas de dicha metodología se integraron elementos de la filosofía maker y el trabajo colaborativo.

El proceso se inicia con la identificación de necesidades, luego se definen las especificaciones de diseño, seguido se identifican los problemas y subproblemas a resolver. Posteriormente, se plantean varios conceptos que ofrezcan soluciones a los problemas encontrados y finalmente se implementan las mejoras en los equipos de laboratorio.

2.1. Identificación de necesidades

Con las sugerencias de los docentes, asistentes de laboratorio y estudiantes, se identificaron aspectos técnicos que se pueden mejorar en cada equipo de laboratorio. A continuación, se mencionan las sugerencias planteadas.

Medir el tiempo de vuelo que tarda un objeto al dejar una rampa y chocar contra una barrera de madera de forma directa en el ETSP.

Medir el tiempo que tarda en recorrer un objeto deslizante sobre un carril de aire entre dos puntos en ECA.

Finalmente en ELEP se pide determinar la dirección de las líneas de campo eléctrico generadas por dos electrodos sobre una cubeta llena de agua, teniendo en cuenta que la sonda de voltaje (dos puntas conductoras separadas a 1 cm) gire de manera precisa respecto a un punto de apoyo.

2.2. Definición de especificaciones

Los grupos de trabajo transformaron las necesidades enunciadas de forma subjetiva en una métrica y un valor (Ulrich et al., 2013), es decir, valores cuantificables y unidades,

tal como se ve en la tabla 1. Esto permitirá el planteamiento de objetivos y especificaciones de diseño.

Tabla 1. Definición de Especificaciones para las tres prácticas de laboratorio [fuente propia]

Práctica de laboratorio	Especificación Técnica
ETSP	Tiempo de medición > 10 ms
ECA	Tiempo de medición > 10 ms
ELEP	Ángulo de giro menor a 1° y medición de voltaje en el rango de -2V a 2V

2.3. Definición de problemas y subproblemas

El análisis de cada equipo de laboratorio puede resultar muy complejo si se hace como un solo problema, por tanto, es conveniente dividirlo en subproblemas más simples. A este proceso se le denomina descomposición funcional (Ulrich, 2013), el cual permite identificar las entradas (constituido como flujos de material, energía y señales de control), unas subfunciones que especifican el funcionamiento del sistema y unas salidas. En las figuras 1, 2 y 3, se aprecia la descomposición funcional para cada equipo de laboratorio.

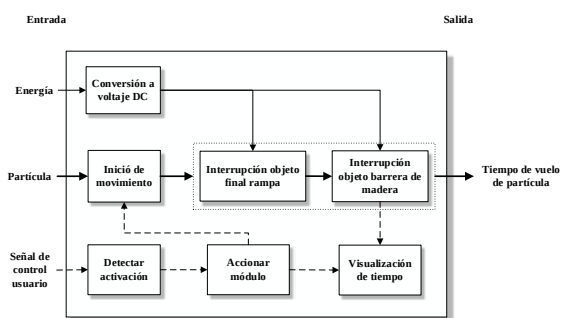


Figura 1. Descomposición funcional para el ETSP [fuente propia].

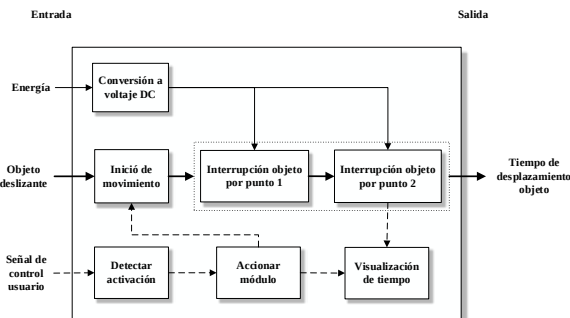


Figura 2. Descomposición funcional para el ECA [fuente propia].

2.4. Diseño Conceptual

Una vez se han identificado los subproblemas críticos, se deben generar conceptos que proporcionen una solución aproximada a los subproblemas y así cumplir con las necesidades y especificadores de diseño consignadas en la tabla 1. Dicha generación de conceptos se realizó a través de lluvias de ideas, búsqueda externa, consulta a expertos, entre otros (Ulrich, 2013).

GT1 identificó 2 subproblemas, tal como se ve en la figura 1, el primero consiste en cómo generar una interrupción cuando el objeto pase al final de la rampa. El segundo en cómo generar una interrupción cuando el objeto golpee la barrera de madera, de este modo el conteo de tiempo entre las dos interrupciones permite medir el tiempo de vuelo del objeto.

Luego de plantear múltiples soluciones, GT1 optó por el uso de un detector de obstáculos de infrarrojo y un detector de sonido, para resolver los subproblemas 1 y 2 respectivamente (ver figura 4).

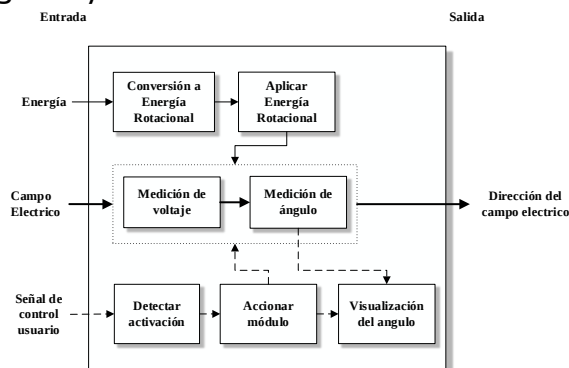


Figura 3. Descomposición funcional para el ELEP [fuente propia].

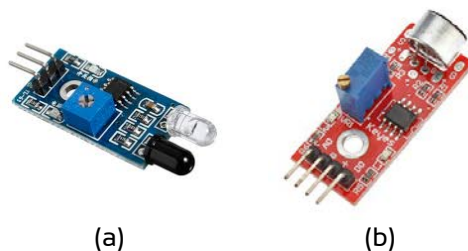


Figura 4. a) Detector de obstáculos de infrarrojo, b) Detector de sonido [fuente propia].

GT2 identificó dos subproblemas (ver figura 2), que consisten en cómo generar interrupciones cuando el objeto deslizante pase sobre dos puntos separados a una cierta distancia, de modo que el conteo de tiempo entre las dos interrupciones permita medir el tiempo de recorrido del objeto deslizante. De igual manera plantearon varios conceptos y optaron por el uso de emisores y sensores de infrarrojo y una estructura basada en tubos de PVC para ubicar los sensores a lo largo del carril de aire (ver figura 5).

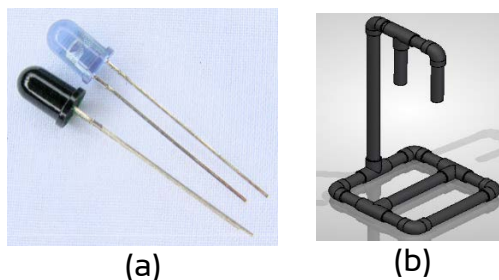


Figura 5. a) Emisor y detector de infrarrojo, b) Estructura en PVC para ubicar los sensores [fuente propia].

GT3 identificó dos subproblemas tal como se ve en la figura 3. El primero consiste en cómo generar un movimiento rotacional y el segundo en cómo medir el voltaje con la sonda. Para el primer subproblema, se planteó el uso de un motor paso a paso y para el segundo el uso de un conversor análogo-digital (ADC) integrado en un microcontrolador. Ahora bien, el motor tiene 0.8° por paso y si se compara dos medidas

consecutivas de voltaje para un barrido de 180° , se puede determinar en qué ángulo el voltaje es mayor y así obtener la dirección del campo eléctrico. Por otro lado, se diseñó una pieza con el software Solid Edge versión estudiantil, para unir la sonda de voltaje al eje del motor (ver figura 6b).

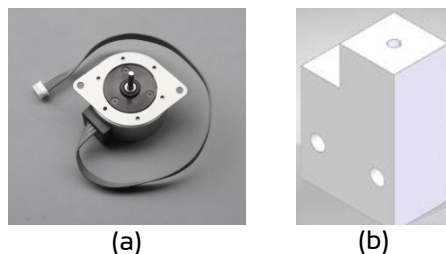


Figura 6. a) Motor paso a paso, b) Pieza para unir la sonda de voltaje al eje del motor [fuente propia]

2.5. Implementación de las mejoras en los equipos de laboratorio

Con la selección de los conceptos cada grupo de trabajo procedió a implementar las mejoras en los equipos de laboratorio. GT1 colocó el detector de obstáculos de infrarrojo al final de la rampa y el detector de sonido en la barrera de madera y los conectó a la plataforma arduino uno, usó una pantalla LCD para visualizar el tiempo de vuelo del objeto y desarrolló un programa para la adquisición de datos a partir de los detectores y la visualización de la información (ver figura 7a). GT2 fabricó dos estructuras en tubos de PVC, en donde se colocaron los emisores y detectores de infrarrojo y se conectaron a la plataforma arduino uno, usó una pantalla LCD para visualizar el tiempo de recorrido del objeto deslizante, y desarrolló un programa para la adquisición de datos a partir de los sensores y la visualización de la información (ver figura 7b). GT3 diseñó y fabricó una pieza con una impresora 3D, para unir la sonda de medida de voltaje al eje del motor, luego desarrolló un acondicionamiento de señal con amplificadores operaciones para conectar la sonda de voltaje al arduino uno, seguido conectó el motor paso a paso al arduino a través de un driver de potencia, usó una pantalla LCD para visualizar el voltaje y la dirección del campo eléctrico y desarrolló el software que permite controlar el motor, la medida de voltaje, identificar la dirección del campo eléctrico y la visualización de la información (ver figura 7c).

3. Resultados y discusión

Con el desarrollo de los prototipos se evidenció que el trabajo colaborativo promovió la participación activa en los integrantes de cada grupo frente a las actividades propuestas. Resaltando que los estudiantes no asumieron un rol específico, sino, más bien, que el desarrollo de las actividades se hizo mediante un consenso y reparto equitativo de trabajo en función de sus habilidades y destrezas.

También se observó que algunos estudiantes tenían aptitudes de liderazgo y coordinación, otros en la búsqueda, selección y organización de la información y otros en asuntos técnicos, al momento de enfrentar las etapas de los retos asignados.

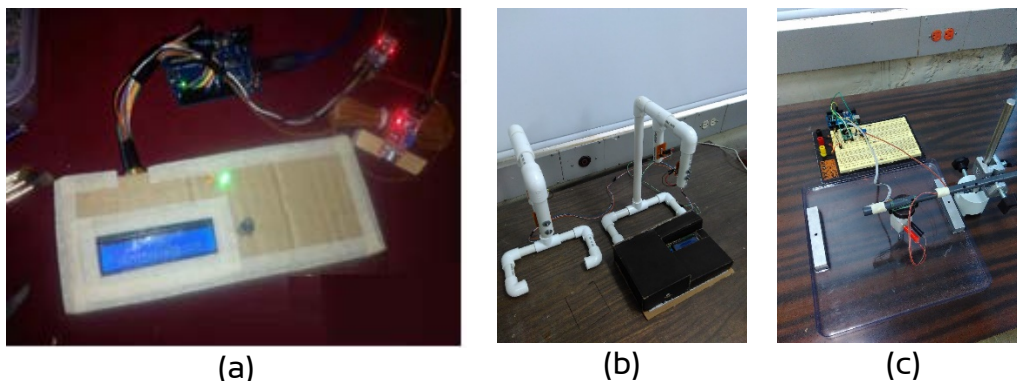


Figura 7. Prototipos implementados, a) medición de tiempo para ETSP, a) medición de tiempo para ECA, b) determinación de dirección de campo eléctrico para ELEP [fuente propia].

En cuanto a la aplicación de la metodología de diseño de productos, en principio se encontró algunos problemas en la asimilación y apropiación de los conceptos, ya que, al momento de aplicarlos a los desafíos asignados, se dificultó la identificación de las entradas y salidas de cada equipo de laboratorio, así como el proceso de descomposición funcional. No obstante, tras un proceso colaborativo con la participación de todos los estudiantes y orientado por el docente, se lograron identificar las subfunciones y así una descripción precisa de cada equipo de laboratorio y los problemas a resolver (ver figuras 1,2 y 3). En el planteamiento y selección de conceptos no se presentó dificultad, y fue una de las etapas en donde se observó mayor creatividad y dinamismo al momento de proponer posibles soluciones a los subproblemas encontrados. Finalmente, en la implementación de los prototipos se observó que algunos estudiantes no tenían conocimiento en la programación de la plataforma arduino uno, en diseño CAD, ni prototipado 3D, no obstante, siguiendo un proceso de autoaprendizaje, el apoyo de estudiantes de semestres superiores y la orientación del docente, lograron apropiarse de conocimientos básicos en programación de microcontroladores y diseño y fabricación de piezas con impresión 3D. Otro punto que se observó es la apropiación de la filosofía maker reflejándose en la recursividad y creatividad al momento de plantear conceptos y materias primas para su construcción, como fue el caso de los soportes en PVC para los sensores y detectores de infrarrojo en el ECA, así como el reciclaje de componentes electrónicos como son el motor paso a paso y el driver de potencia usados en ELEP.

4. Conclusiones

La propuesta de diseñar e implementar equipos de laboratorio aplicando la filosofía maker y la metodología de diseño de productos, permitió a estudiantes de ingeniería física el desarrollo y fortalecimiento de competencias genéricas como son: innovación, trabajo colaborativo, creatividad, toma decisiones y resolución de problemas.

El espacio generado para resolver problemas reales de ingeniería, brindó a los estudiantes la oportunidad de aplicar y fortalecer sus conocimientos previos, así como el desarrollo de nuevas habilidades en diseño CAD, prototipado electrónico y 3D, con base en el autoaprendizaje, el trabajo colaborativo y el aprendizaje activo.

5. Referencias

Artículos de revistas

- Halverson, E., y Sheridan, K. (2014). The Maker Movement in Education. *Harvard Educational Review*, Vol. 84, No. 4, pp. 495-504.
- Jollands, M., Jolly, L., y Molyneaux, T. (2012). Project-based learning as a contributing factor to graduates work readiness. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 37, No. 2, pp. 143-154.
- Martin, L. (2015). The Promise of the Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education*, Vol. 5, No. 5, pp. 1-30.
- Ritz, J. M., y Fan, S. C. (2014). STEM and technology education: International state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, Vol. 25, No. 4, pp. 429-451.
- Tan, M., Yang, Y., y Yu, P. (2016). The influence of the maker movement on engineering and technology education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, Vol. 14, No. 1, pp. 88-94.
- Vargas, R. (1996). El estado actual de la formación de ingenieros. criterios para la excelencia y la competitividad. *Revista de la Educación Superior*, Vol. XXIV (2), No. 94, pp. 13.

Libros

- Edward, F. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach* (2.^a ed.). New York: Springer International Publishing, pp. 219.
- Gershenfeld, N. (2005). *FAB: The Coming Revolution on Your Desktop From Personal Computers to Personal Fabrication*. New York: Basic Books, pp. 278.
- Hatch, M. (2014). *The Maker Movement Manifesto*. The Maker Movement Manifesto. Mac Graw Hill, pp. 260.
- Ulrich, K., y Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos* (5.^a ed.). Mexico: Mc Graw Hill, pp. 434.

Fuentes Electrónicas

- Tesconi, S. (2015). El modelo de aprendizaje del movimiento maker como herramienta de formación del profesorado. Consultado el 12 de junio de 2017 en <https://www.researchgate.net/publication/283205995>.

Sobre los autores

- **Jhon Jairo Realpe**, Ingeniero Físico, Candidato a Magister en Ingeniería Física de la Universidad del Cauca. jhrealpe@unicauca.edu.co
- **Miguel Hugo Corchuelo**, Licenciado en Física y Matemáticas, Especialista en Pedagogía del Aprendizaje Autónomo, Doctor en Ciencias de la Educación de la Universidad del Cauca. Profesor titular. micorcho@unicauca.edu.co

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)