



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOF 2014

Nuevos escenarios  
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014  
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

## DISEÑO, ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE LIBRE: UNA NUEVA TENDENCIA EN LA ENSEÑANZA PARA INGENIEROS DE SISTEMAS

Óscar Camilo Valderrama Riveros, Ángel Antonio Rojas García

Universidad Cooperativa de Colombia  
Ibagué, Colombia

### Resumen

La sociedad actual cambia permanentemente de manera vertiginosa y a la par avanza de manera imparable el desarrollo económico, científico y tecnológico, repercutiendo en profundos cambios sociales y culturales, que deben ser tenidos en cuenta en la producción de aprendizajes. Uno de estos cambios es la libertad del conocimiento. Ejemplos visibles son la enciclopedia en línea Wikipedia y los sistemas Operativos Linux y Android, creando comunidades universales. Las tecnologías que usamos están cada vez, alojadas en la nube, y nuestras nociones de soporte TIC están descentralizadas, con lo cual cualquier persona logra acceder al conocimiento, de manera sencilla y libre.

Esta tendencia se ha extendido en varios campos del conocimiento, rompiendo barreras. Dentro de estos nuevos campos se encuentra el hardware libre. El cual estaba inmerso en una serie de dificultades, debido a los altos costos de sus insumos (materiales, softwares) y a la aplicación de unos conocimientos avanzados. A raíz de esto se crean entornos innovadores de aprendizaje, en donde el estudiante puede controlar y crear hardware a partir de implementaciones muy sencillas tanto a nivel de montajes físicos como de software.

En el presente trabajo se mostrara el desarrollo de los procesos encaminados al diseño, elaboración e implementación de programas de software para el control de hardware libre. Para ello creamos un grupo de estudio, con la participación de la comunidad estudiantil. A partir de dicho grupo se formaron subgrupos los cuales investigaron y ejecutaron proyectos de hardware libre usando Arduinos. En los proyectos se incorporaron aplicaciones con leds, aplicaciones de audio, entre otros. Pretendiendo sean utilizados como recursos didácticos. De esta manera se describe una experiencia educativa donde se realiza una investigación cualitativa, enmarcado en el estudio de casos, haciendo un análisis exhaustivo de su desempeño en el proceso de diseño, elaboración e implementación de dichas aplicaciones.

Se observó que durante las sesiones los estudiantes desarrollaron la capacidad de usar y programar los dispositivos de Hardware Libre y pudimos visualizar el fortalecimiento de sus habilidades cognitivas. Desarrollando un pensamiento lógico, crítico y reflexivo, despertando espíritu científico en la formulación, desarrollo y ejecución de proyectos.

**Palabras clave:** espacios innovadores de aprendizajes; hardware libre; ingenieros de sistemas

### Abstract

The actual society in a faster way change permanent, in the same unstoppable way than economic, scientific and technologic developments. Those changes have a deep impact in the social and cultural changes that must have to get in mind in the production of learning. One of this changes is the

freedom of knowledge. An example of that is the free online library Wikipedia and the operative systems Linux and Android, which created universal communities. The technologies that we use, are more often working in the cloud and the ideas of ICT are decentralized. That means that anyone can access to the knowledge in a free and simple way.

This tendency is expanding and breaking barriers in more fields of knowledge. Inside in this new fields is the open-source hardware. This was immersed in a series of difficulties, because of high cost in the materials or software and in the application of advance knowledge. Based on this the innovating learning environments has been created. In which the student can control and create hardware based in very simple implementations in a physical assemblies and software.

In the present work is going to show the development in the process of the design, elaboration and implementation, in application of software for the control of open-source hardware. In order to achieve that goal, study groups have been created, whit the participation of the student community. From that group subgroups were formed, which investigated and executed open-source hardware projects using Arduinos. In the projects leds and audio applications were incorporated, among others. Pretending to be used as teaching resources. In this manner learning experiences can be describe, in which a qualitative research is done framed in the study of cases. Also an exhaustive analysis of the behavior in the process of design, elaboration and implementation in the previous applications is made.

It was observed that during the sessions the students developed the capacity of utilize and programming the open-source hardware devices. And in the same way it was visualized the strengthening of the cognitive abilities. Also the students developed a logical, critical and reflective thinking, in which a scientific spirit is awakening in the formulation, development and implementation of projects

**Keywords:** innovating learning environments; open-source hardware; system engineers

## 1. Introducción

La educación actual está entrando en un cambio radical, enmarcado en gran parte por las tecnologías, los modelos educativos que por mucho tiempo se enseñaron ya fuera en colegios o en universidades, se vieron afectados e influenciados por lo que se conoce como TIC. Si bien esta influencia genera un cambio en la educación el cual puede ser radical o pasivo. Los niños y los jóvenes desde pequeño ya están en la capacidad de interactuar con la tecnología, tanto que se les conoce con el término de nativos digitales. Además la cantidad de herramientas de tecnología y la información avanza y se multiplica de forma exponencial. Es decir están las competencias creadas y se cuentan con las herramientas, siendo factible unir todos estos elementos para generar nuevas tendencias en la enseñanza.

Estos nuevos elementos actualmente ya se están utilizando en el mundo, especialmente la OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development) está liderando un proyecto llamado Entornos Innovadores de aprendizaje (Innovative Learning Environments – ILE). En donde (OCDE, 2007) el objetivo principal es innovar la educación actual mediante varios elementos, específicamente aquellos innovadores los cuales atraigan y fomenten una mejor educación en los niños y jóvenes.

Dentro de estos elementos de innovación están las tecnologías, en donde como ya se había nombrado anteriormente existen competencias adquiridas, con lo cual se considera como un excelente elemento para innovar en la educación. Ahora el concepto de tecnologías es muy amplio y además existen diferentes tipos los cuales se pueden convertir en elementos para crear entornos de aprendizaje. Para este caso específico se trabajó sobre el hardware libre (Open-Source Hardware), una tecnología la cual está tomando bastante fuerza a nivel mundial.

En este artículo se presenta el marco teórico, la metodología, resultados y conclusiones, acerca del entorno innovador de aprendizaje el cual fue desarrollado para los estudiantes de ingeniería de sistemas en la Universidad Cooperativa sede Ibagué, en donde se utilizó el hardware libre como elemento de innovación para la enseñanza.

## 2. Marco Teórico

El proyecto ILE ya se ha venido desarrollando, de manera específica desde el año 2007, en varios de los países asociados a OCDE. Especialmente está el proceso desarrollado en el Reino Unido, este caso lo documentó Valerie Hannon (directora de junta de Innovation Unit UK). Según (Hannon, 2013) el problema de la educación no es la creación de ambientes de innovación como tal si no el problema principal es la falta de compromiso. Esto se debe a que en muchos países están los recursos disponibles: Aulas de clases, profesores capacitados, herramientas tecnológicas, etc; pero por la falta de compromiso muchos estudiantes dejan la educación o se atrasan. Por lo que el reto es crear estos ILE, los cuales están en la capacidad de comprometer a los estudiantes.

Las tecnologías digitales están impactando de manera directa los sistemas de aprendizaje, en razón a que son el medio para acceder al conocimiento. El cual desde el año 2000 se estima que se ha duplicado en comparación a la anterior década, y desde ese entonces se ha venido duplicando cada 18 meses, es decir estamos en una época donde la generación de conocimiento está en una carrera a toda velocidad, además personas de todo el mundo están participando de este por lo que se puede afirmar que la educación cambio a una connotación global.

Por otro lado (Groff, 2013) pregunta como la educación de hoy se puede transformar de tal manera que se convierta en un ambiente educativo y de aprendizaje para crear individuos los cuales sean aprendices de por vida y prepararlos para el siglo 21. Para responder esta pregunta la tecnología se vuelve una parte integral en el acceso a las competencias del siglo 21, además de ser la llave principal de las oportunidades para el mejoramiento de la educación y del aprendizaje, en razón a que se puede personalizar el aprendizaje.

Se dejó en claro que las tecnologías son una pieza clave para crear entornos innovadores de aprendizaje. Para este fin la tecnología elegida fue hardware libre. Para entender mejor que es el hardware libre se va utilizar su traducción al inglés: Open-Source Hardware. El termino open-source es muy usado para software, pero en su concepción global (Open source, 2014) incluye circuitos impresos, esquemáticos de fotomáscaras y ensamblajes mecánicos, en razón a esto se puede usar el término open-source hardware. Para (Harnett, 2011), una de las ventajas del open-source hardware es la posibilidad para el ingeniero de modificar un dispositivo funcional, también pueden proveer de un respaldo para las partes que estén descontinuadas, con lo cual se garantiza que no se interrumpa la producción, entre otros. Otra ventaja se refleja a la hora de empezar con un proyecto nuevo, debido a que es posible basarse en un proyecto funcional desarrollado con open-source. Ejemplos se ve en (Beltran, 2013) donde diseña un microcontrolador por solo 12 dólares, también en (Williams, *et al*, 2006) diseñar un radio y sonar usando open-source hardware.

El open-source hardware inicio en los mediados de 1990, en donde algunos científicos e ingenieros subieron al internet varios planos de instrumentos en diferentes formatos. Típicamente un proyecto de open-source incluye documentación, lista de partes, códigos fuentes, esquemáticos de circuitos, firmware y diseños CAD, todo esto con el objetivo de que otras personas estén en la capacidad de recrearlo y modificarlo. El ejemplo icono de los 90s es el Homebrew Scanning Tunnel Microscope compartido por Jim Rice en 1995. Se puede afirmar que el open-source hardware cambio para bien a partir del 2005, en con la introducción de los Arduinos (Arduino, 2014). Ya que ofrecía la oportunidad de crear o comprar tarjetas de microcontroladores de bajo costos con excelentes capacidades. Se estima que para el año 2010 existen en circulación 100.000 tarjetas de Arduino.

Los Arduino son herramientas diseñadas para que los computadores pueden censar y controlar el medio físico. Sus ventajas son: bajos costos, pueden funcionar en diferentes plataformas (Windows, OSX y Linux), ofrecen un claro y sencillo ambiente de programación y es compatible tanto con otro software u otro hardware.

## 3. Metodología

El objetivo era crear un ambiente innovador de aprendizaje utilizando las tecnologías, para este caso se seleccionó open-source hardware, específicamente Arduino. El primer paso para poner en curso este ILE consistió en abrir un grupo de estudio para toda la comunidad estudiantil del programa Ingeniería de Sistemas. En la primera reunión se explicó en general que era el grupo de estudio y se invitó a los estudiantes a participar con el objetivo de desarrollar proyectos con Arduino. De esta reunión salió un grupo de estudiantes interesados y se fijaron dos horas a la semana para este fin. Se dejó en claro que para estos grupos el profesor estaba como un apoyo con el objetivo de que los estudiantes fueron los que desarrollaron en su totalidad los proyectos, pero a la vez contar con el apoyo del profesor para resolver dudas. También se dejó en claro que la asistencia no era obligatorio y no se sacaría ninguna nota, pero que si era de suma importancia el compromiso de ellos para lograr resultados.

Se diseñaron 3 fases en este ILE: El primero consistía en una introducción a la construcción de prototipos de hardware, el segundo una introducción sobre la creación de prototipos con Arduino y el tercero fue el diseño, elaboración e implementación de sus proyectos.

Era necesario hacer una introducción corta sobre algunos conocimientos básicos sobre la construcción de hardware, para este fin se puso en ejecución la primera fase, la cual se realizó en la segunda sesión. Esta se centró en enseñar a construir circuitos en las protoboards y soldadura básica con estaño, además de las políticas de seguridad, para prevenir daños humanos y físicos.

En razón a que el grupo estaba conformado por estudiantes de diferentes semestre se armaron pequeño grupos de trabajo donde sus integrantes eran de varios semestre. Estrategia la cual fue exitosa ya que se observó a los estudiantes más avanzados instruyendo a los de semestres más bajos.

Para la segunda fase con los grupos ya formados se realizó una primera implementación con Arduino, esta consistía en prender y apagar un led, para esto se utilizó el Arduino Leonardo (Figura 1), y el siguiente código:

```
int led = 13;

void setup() {

  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);
}
```

Para esta implementación se realizó una explicación detallada del código como del montaje físico, es decir de dicto a modo de clase. Una vez las dudas fueron resueltas y se comprobó el funcionamiento del aplicativo, a los grupos se les dio vía libre para que fueran ellos los que modificaran los códigos y realizaran diferentes aplicaciones sencillas.

En lo que resta de la fase, los grupos siguieron probando e implementado diferentes ejemplos los cuales contenía la aplicación de Arduino, se resolvían preguntas cada vez que se necesitara y se revisaba el funcionamiento. Todo con el objetivo de que los estudiantes se familiarizan con el software y hardware relacionado con las aplicaciones implementadas en Arduino.

Por ultimo en la fase tres se les dio la oportunidad de que investigaran que aplicaciones ellos querían implementar, para este fin se explicó de manera corta algunas de las aplicaciones más sencillas y entretenidas usando Arduino. Se advirtió que para esta fase el profesor solamente sería de apoyo más no de guía, en caso de tener alguna duda con respecto al código o alguna implementación física.

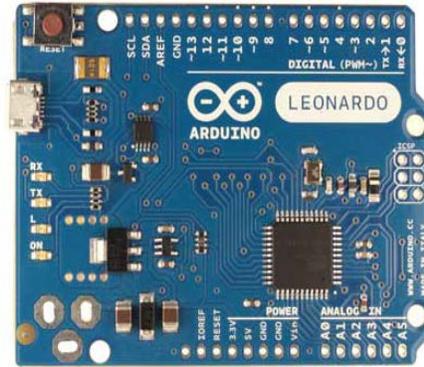


Figura 1. Arduino Leonardo

#### 4. Resultados

En la primera fase se identificó un desconocimiento en lo que respecta a las bases de la implementación de circuitos electrónicos, pero a la vez por ser algo nuevo y novedoso se los vio una muy buena actitud para aprender, además de un gran esfuerzo para hacer los procedimientos bien, sobre todo en los que respecta a los de seguridad. Adicional se vio un pequeño pero saludable ambiente de competencia donde se esforzaban de más para demostrar sus habilidades a sus demás compañeros.

En esta fase las preguntas que realizaron fueron basadas en lo que estaban observando y practicando, por ejemplo: ¿Hay alguna forma de mejorar el pulso para soldar?, o ¿Profe, las resistencias tiene alguna dirección?, entre otras. Muy pocas de estas preguntas se volvieron a observar durante la fases posteriores.

En la segunda fase fue donde más se dieron resultados, ya que al estar en contacto directo con los aplicativos lograron programar e implementar los ejemplos de Arduino (Figura 2). En esta fase también se vio un ambiente competitivo, lo cual genero un esfuerzo adicional de los estudiantes. En especial se observó a los estudiantes de semestres superiores apoyando a los estudiantes de los primeros semestres, a tal punto que algunos estudiantes de primer semestre se atrevieron a programar y modificar el código según los diseños realizados, además de corregir a sus compañeros en los montajes físicos.

Para la tercera y última fase se observaron varias tendencias hacia aplicativos: La primera orientada hacia aplicaciones de leds, la segunda fueron aplicaciones con audio y la tercera aplicativos con motores. En esta parte los estudiantes usaron una de las ventajas del open-source hardware e investigaron aplicativos ya desarrollados, es decir con instrucciones, códigos, listas de materias, etc; para empezar a desarrollar el de ellos. De las tres tendencias iniciales se redujeron a dos, aplicaciones con leds y audio, siendo las aplicaciones con leds las más acogidas, sobre todo una aplicación conocida como el cubo de led.

Si bien se llegó implementar versiones de pruebas de aplicaciones de audio, donde más se avanzó fue en la construcción del cubo de led (Figura 3), en este los estudiantes soldaron todas las piezas, probando led por led, con el objetivo de una vez terminado el montaje físico dedicarse a la programación para generar diferentes figuras. Actualmente se sigue trabajando en esta programación.

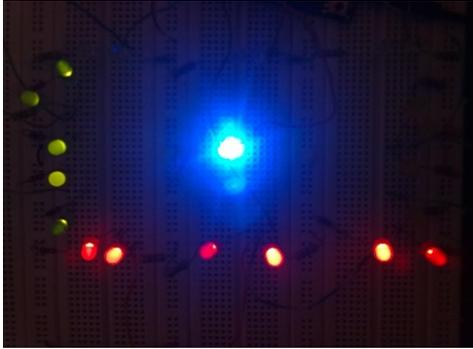


Figura 2. Fase 2



Figura 3. Fase 3

## 5. Conclusiones

Es posible crear un entorno innovador de aprendizaje, utilizando open-source hardware. En donde se logró un compromiso de parte del estudiante al dedicar unas horas de su tiempo para asistir a las reuniones e investigar por su cuenta información adicional, todo eso enmarcado en un ambiente no obligatorio.

Las implementaciones con open-source hardware fueron la herramienta perfecta para que los estudiantes fortalecieran y en algunos casos aprendieran sobre procesos lógicos, debido a que era necesario programar código siguiendo una lógica con el objetivo de implementar lo que ellos habían diseñado. También se vieron en la tarea de entender y crear pequeños algoritmos, significado que ellos por momentos realizaron razonamientos lógicos.

Adicionalmente los estudiantes realizaron pequeñas investigaciones, al tener que buscar información real y confiable para desarrollar sus proyectos, es decir debieron de hacer una búsqueda descartando las fuentes que no les servían. No solo se dio un proceso de investigación si no también formularon, diseñaron y ejecutaron proyectos desarrollados por ellos solos, cumpliendo satisfactoriamente con la ejecución de estos.

## 6. Referencias

### Artículos de revistas

- Harnett, C. (2011). Open source hardware for instrumentation and measurement. *Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE*, vol.14, no.3, pp.34,38.

### Memorias de congresos

- Espitia A. (2013). Low-cost acquisition and development board. An open source hardware proposal. *Image, Signal Processing, and Artificial Vision (STSIVA), 2013 XVIII Symposium*, pp.1,4, 11-13.
- Williams, L. and Inggs, M.R. (2000) Low cost networked radar and sonar using open source hardware and software. *Radar Systems, 2007 IET International Conference*, pp.1,5, 15-18

### Fuentes electrónicas

- Arduino (2006). Arduino open source prototyping platform. Consultado el 13 de Junio de 2014 en <http://www.arduino.cc/>

- Groff J. (2013). Technology-Rich Innovative Learning Environments. Consultado el 13 de Junio de 2014 en <http://www.oecd.org/edu/ceri/Technology-Rich%20Innovative%20Learning%20Environments%20by%20Jennifer%20Groff.pdf>
- Hannon V. (2011). Learning Futures. Consultado el 13 de Junio de 2014 en <http://www.oecd.org/edu/ceri/Valerie%20Hannon.Learning%20Futures.pdf>
- OCDE. (2013). Proyecto ILE. Consultado el 13 de Junio de 2014 en <http://learningleadershipconference.cat/es/projecte-ile/>
- Open Source Initiative (1999). The Open Source Definition. Consultado el 13 de Junio de 2014 en <http://www.opensource.org/osd.html>.

### Sobre los autores

- **Oscar Camilo Valderrama Riveros**, Ingeniero Electrónico, Magister en Ingeniería Electrónica y de Computadores. Profesor tiempo completo. [oscar.valderramar@campusucc.edu.co](mailto:oscar.valderramar@campusucc.edu.co)
- **Ángel Antonio Rojas García** Licenciado Matemáticas y física, Especialista en Física, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en docencia con énfasis en Investigación. Profesor tiempo completo, [angel.rojas@campusucc.edu.co](mailto:angel.rojas@campusucc.edu.co)

---

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)