



**Encontro Internacional de  
Educação em Engenharia ACOFI**

Inovação em las facultades de ingeniería:  
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



# **EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE Y DE COMPETENCIAS ESENCIALES EN ASIGNATURAS TEÓRICAS, MEDIANTE EL DESARROLLO DE PROYECTOS APLICADOS**

**Jairo Alberto Hurtado, Julián Armando Quiroga**

**Pontificia Universidad Javeriana  
Bogotá, Colombia**

**Bruno Masiero**

**Universidade Estadual de Campinas  
Campinas, Brasil**

## **Resumen**

Dentro de los planes de estudios de los programas de ingeniería se encuentran algunas asignaturas que poseen un alto contenido teórico, las cuales, en muchas ocasiones, debido a esta condición, generan dificultad en el proceso de aprendizaje del estudiante y así mismo bajo interés, ya que no se les muestra la parte práctica o de aplicación de los conceptos vistos. Una de estas asignaturas con alto contenido teórico es Señales y sistemas, (sexto semestre de ingeniería electrónica) en la cual, se manejan una serie de conceptos básicos de asignaturas de matemáticas (cálculo diferencial, cálculo integral, variable compleja, álgebra lineal y ecuaciones diferenciales), que junto con los conceptos propios de la asignatura y su alto contenido teórico, hacen mucho más difícil el proceso de aprendizaje de la misma, la cual es base de otras asignaturas que usan los conceptos trabajados, para la realización de aplicaciones propias de cada área, por ejemplo, comunicaciones o sistemas de control.

Con el fin de mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes y así mismo su motivación respecto a la asignatura, se han desarrollado diferentes tipos de proyectos que acerquen al estudiante, tanto a la aplicación práctica como a la teoría que la realización del proyecto conlleva. Estos proyectos empezaron como aplicaciones de *software* (para los conceptos más abstractos), luego se evolucionó a una etapa que involucraba señales de la

vida real y su procesamiento en *software*, hasta llegar a la implementación de soluciones o demostraciones físicas de las señales.

Gracias a la realización de estos proyectos se han encontrado mejoras el proceso de aprendizaje, la motivación y el interés de los estudiantes por la asignatura. También se ha logrado realizar la evaluación de otras competencias, tales como, habilidades comunicativas (expresión oral, expresión escrita y presentación en público), trabajo en grupo y confianza en sí mismos.

**Palabras clave:** señales y sistemas; proyectos; competencias esenciales

### ***Abstract***

*Schools of Engineering used to have some courses highly theoretical. Several time, these courses are seen as a mandatory burden that they have to take, instead of an interesting topic that they really want to learn about, generating to the students some difficulties in their learning process. This is often the case of "Signals and Systems" in second year of Electronics and Electrical Engineering programs. Its subjects are characterized by having dense mathematical contents and a wide variety of abstract concepts, requiring the students to deal with a lot of equations and properties seen in previous math courses.*

*Due to this theoretical teaching approach, the learning process is further complicated as students have difficulties to recognize possible applications of these new concepts presented in class. For this reason, we have introduced a series of practical projects in the Signals and Systems courses we teach, aiming to actively involve students in their learning process while motivating them by the practical application of the theoretical content seen in class.*

*With these projects, we can evaluate the theoretical concepts, but also, to have an assessment of essential skills (also named, soft skills), as communication skills (written, oral and public speech) and working group.*

***Keywords:*** *signals and systems; projects; assessment*

## **1. Introducción**

Desde hace algunos años, en el programa de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana, se empezó a trabajar en la implementación de metodologías y técnicas que involucren aprendizaje activo y así mismo influyan positivamente en el proceso de aprendizaje del estudiante.

Son varias las asignaturas que han sido objeto de aplicación de diferentes elementos, como se menciona en "Gonzalez *et al.*, 2013".

Una de estas asignaturas ha sido Señales y Sistemas, en la cual se han realizado algunas modificaciones dentro de la metodología de enseñanza, que han dado muy buenos resultados, tanto en el ámbito de aprendizaje, como en el de motivación. (Cruz *et al.*, 2015).

Adicional a los objetivos planteados inicialmente, se han logrado otros resultados de especial relevancia, como son: mejoras en los promedios académicos y notas obtenidas por los estudiantes, así como otras que son el objeto de este documento, que competen a evaluación de competencias esenciales de los estudiantes. Se usa el término de competencias esenciales, en vez de habilidades blandas o “soft skills”, que no se ajusta plenamente a la descripción que se desea de dichas competencias.

Estas habilidades esenciales se refieren específicamente a habilidades de comunicación, que involucran expresión oral, habilidades de escritura, trabajo en grupo, habilidades de exposición y autoconfianza. La observación y evaluación de estas habilidades se ha logrado, gracias a la implementación de proyectos prácticos, en los cuales los estudiantes relacionan la parte teórica aprendida en clase, con la aplicación de dichos conceptos y la obtención de un resultado o de un producto solicitado. Es decir, no se realizan los proyectos con el ánimo de evaluar estas habilidades, sino que debido a la naturaleza y estructura del proyecto se ha podido realizar este tipo de evaluaciones.

El desarrollo de estos proyectos ha sido un trabajo en conjunto entre profesores del área de Señales de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá y la Universidade Estadual de Campinas en Sao Paulo, Brasil.

## 2. Descripción general

Señales y sistemas es un curso del Núcleo de Formación Fundamental en Ingeniería Electrónica (también hace parte del NFF de otras ingenierías), este curso se suele ubicar en el tercer año de formación, posterior a los cursos fundamentales de matemáticas, ya que la asignatura en sí, requiere una buena base matemática para el desarrollo y aplicación de los conceptos desarrollados a lo largo del curso.

Adicionalmente, la metodología usada para la enseñanza de esta clase, es por tradición, la clase magistral, lo cual, junto con el gran contenido matemático, convierte la asignatura en densa, pesada, difícil para los estudiantes y con poco reconocimiento de aplicación inmediata de la teoría vista.

Por parte de los profesores del área, se iniciaron desde hace un tiempo, una serie de actividades que involucran aprendizaje activo (Brodeur *et al.*, 2002), de tal forma que se salga un poco de la metodología tradicional y así mismo, gracias a los resultados obtenidos, se han podido compartir experiencias y realizar trabajos en conjunto entre los profesores de diferentes universidades (en este caso entre la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidade Estadual de Campinas) gracias al interés mutuo de ofrecer mejores experiencias de aprendizaje a los estudiantes.

Todo esto se realiza, con el ánimo de mejorar el aprendizaje de los estudiantes, su motivación, la perspectiva de ellos frente a la asignatura y la aplicación de los conceptos vistos en clase.

Para ello se han desarrollado en clase diferentes actividades que ayuden a mejorar la calidad del aprendizaje por parte de los estudiantes (Cruz *et al.*, 2013), entre las cuales está la realización de proyectos (Hurtado *et al.*, 2016), en los cuales, adicional al repaso de la teoría vista en clase, su aplicación, solución o relación con problemas de la vida real y motivación a los estudiantes; permite evaluar y desarrollar otras competencias de los estudiantes; estas competencias son las que llamamos habilidades esenciales.

### 3. Descripción de los proyectos

Se han desarrollado varios tipos de proyectos, los cuales involucran diferentes aspectos a evaluar dentro de las temáticas propias de la clase y diferentes niveles de complejidad.

Los primeros proyectos desarrollados fueron aquellos basados en programas de alto nivel como Matlab y Simulink, con los cuales, los estudiantes deben demostrar los conceptos aprendidos y sus habilidades de programación. Con estos proyectos se aplican conceptos vistos en clase y se obtienen resultados que requieren una evaluación matemática.

Estos proyectos se caracterizan porque tienen bajo costo de desarrollo, no se requieren muchos recursos y sirven para reforzar conceptos puntuales, aunque no logran generar mucha motivación entre los estudiantes.

Algunos ejemplos de estos proyectos son: detección y reconocimiento de valores de DTMF (Dual Time Multi-Frequency), Filtrado de una señal ruidosa y Señales en espacios vectoriales.

Posteriormente se desarrollaron proyectos que tienen resultados con componentes prácticos, con los cuales se logra mayor motivación por parte de los estudiantes.

Estos proyectos son útiles para aplicar conceptos aprendidos en clase y relacionarlos dentro de la vida cotidiana. Aún tienen una parte de desarrollo en *software*, pero el resultado obtenido se refiere a sonidos o imágenes que no requieren necesariamente una evaluación matemática. No requieren grandes recursos y aún siguen siendo de bajo costo de desarrollo.

Con este tipo de proyectos, los estudiantes deben crear los archivos y así mismo procesarlos para obtener los resultados requeridos, que serán propios de cada grupo.

Los resultados obtenidos con estos proyectos han sido muy satisfactorios ya que los estudiantes han podido identificar y aplicar los conceptos fácilmente, obteniendo resultados que están más allá de una verificación matemática y más cercanos al mundo real.

Algunos ejemplos de estos proyectos son: modificador de características de voz, medición y comparación de potencia de diferentes instrumentos musicales, ubicación espacial de fuentes sonoras, y cómo meter un elefante en una botella (ver Figura 1),



Recientemente se han desarrollado otros proyectos con resultados prácticos, los cuales requieren una mayor cantidad de recursos, incluyendo entrega física del proyecto, el cual no necesariamente tiene que ver con electrónica, sino por el contrario, se quiere que los estudiantes expandan la aplicación de las señales en áreas más cercanas de la vida diaria, como lo son; la acústica, la música, las artes visuales o efectos especiales. (Hurtado *et al.*, 2016).

Algunos ejemplos de estos proyectos son: Construcción de un instrumento musical no convencional (ver Figura 2), video mostrando el efecto del submuestreo.

Estos proyectos requieren de mayor inversión de tiempo y de mayor disposición de recursos, pero así mismo, los resultados han sido bastante buenos; aunque en un principio se presentó resistencia por parte de los estudiantes, debido a la complejidad que suponía la realización de estos proyectos; posteriormente, durante la evaluación de los mismos, se obtuvo muy buena aceptación de parte de los estudiantes, tanto de ese semestre, tanto nuestros estudiantes, como de estudiantes que ya habían cursado la asignatura, manifestaron que les hubiese gustado hacer ese tipo de proyectos con anterioridad.

Así mismo en la evaluación de todos estos proyectos, más allá de la evaluación académica propia de la asignatura, se han encontrado posibilidades de evaluar otros aspectos fundamentales como son las competencias esenciales, como ya se ha mencionado.



Figura 2. Ejemplos de instrumentos musicales no convencionales contruidos por los estudiantes de Señales y sistemas.

#### 4. Evaluación de los proyectos

Cada semestre los estudiantes deben desarrollar entre tres y cuatro proyectos. Los grupos de trabajo son elegidos libremente por los estudiantes, con la única condición que máximo durante el semestre sólo se puede trabajar dos veces con una misma persona, de tal forma que siempre haya diferentes grupos de trabajo para cada proyecto. Esto permite que no se repartan el trabajo en cada proyecto y así mismo conocer diferentes formas de trabajo según los integrantes del grupo. Como los grupos no son impuestos por el profesor, sino que ellos mismos los forman según la condición dada, no hay quejas con respecto a la conformación de los grupos.

La calificación de cada proyecto es grupal, pero la evaluación se hace de forma individual.

En los proyectos que involucran programación, usando lenguajes de alto nivel, los estudiantes deben indicar cuales requerimientos de los pedidos en el enunciado del proyecto se han cumplido y en qué porcentaje. Posteriormente ellos ante el evaluador, deben responder diferentes preguntas, mientras se ejecuta el programa y se revisan los resultados obtenidos. Así mismo se recibe la realimentación de los estudiantes respecto al trabajo realizado, conceptos aprendidos o reforzados y dificultades presentadas.

En los proyectos en los cuales se tiene resultados prácticos a partir de procesamiento de archivos, la evaluación se hace a partir del producto que se obtiene, así mismo, los estudiantes deben explicar estos resultados alcanzados y responder preguntas respecto a estos mismos. De igual forma muestran y comparan sus archivos procesados con los de los demás compañeros de clase.

El proceso de evaluación de los proyectos que tienen desarrollo, montaje y construcción de elementos físicos, se realiza mediante feria grupal, en la cual todos los estudiantes del curso muestran, su producto y los resultados a sus demás compañeros, mediante una presentación o acompañados de un afiche de evento académico (tipo *poster*), según los requerimientos dados en la propuesta de proyecto.

En la presentación del proyecto, los demás estudiantes pueden hacerles preguntas a sus compañeros, relativas al desarrollo del proyecto, al producto obtenido o incluso de índole conceptual (Mazur *et al.*, 2013). Así mismo, a la vez que los estudiantes han realizado la exposición, se ofrece una retroalimentación por parte de los estudiantes y el profesor; con respecto al resultado obtenido, calidad y contenido de las diapositivas o del afiche, desempeño, formato de presentación y finalmente de propuestas de mejoras. Al terminar la presentación, el profesor hace un resumen de los aspectos más relevantes de dicha evaluación.

En este proceso los estudiantes son conscientes que el profesor es quien asigna la calificación y que sólo son calificables las preguntas que él realice, así que las preguntas o comentarios que ellos hagan, no repercuten en la calificación y que son en beneficio del proceso de aprendizaje y con el ánimo de mejorar las competencias y habilidades que pocas veces tienen la oportunidad los estudiantes de que se las evalúen y a la vez retroalimentadas.

Los aspectos que se evalúan además de los concernientes al contenido programático del curso y que se denominan como competencias esenciales, son:

- Expresión oral: Durante la presentación del proyecto en el stand al público que se acerca a conocer el proyecto o durante la exposición ante todos los compañeros de clase, se evalúa esta competencia, donde se tienen en cuenta, la claridad de las ideas, las expresiones usadas,uletillas presentes, vocabulario, claridad y fluidez; en general la efectividad en su comunicación.
- Expresión escrita: En el afiche, en las diapositivas de la presentación que hacen a sus compañeros o en el video, se les evalúa la parte escrita que han realizado, haciendo énfasis en la ortografía, claridad de lo escrito.
- Exposición en público: Puede confundirse con la expresión oral, sin embargo, hay unos puntos diferentes que se pueden evaluar, como por ejemplo interacción con el público, postura y expresión corporal. También se incluye composición de las diapositivas o afiches utilizados (información completa y adecuada) y hasta presentación personal.
- Trabajo en grupo: Se evalúa a partir de los comentarios de los integrantes del grupo a través de cada uno del desempeño de cada uno en los diferentes proyectos. Se les da la retroalimentación por parte del evaluador al final del curso, cuando hayan pasado por diferentes grupos.

- Autoconfianza: Este es el más subjetivo de todos, pero evalúa principalmente la seguridad que muestran los estudiantes al hacer la exposición, la forma en que responden las preguntas que se les hace y la seguridad que transmiten. Esta depende exclusivamente del evaluador.

## 5. Resultados

Los resultados obtenidos se pueden dividir en dos partes; los de la parte académica relacionada con los conceptos, aplicación de los mismos y aprendizaje de la asignatura; por el otro lado, están los resultados relacionados con las competencias esenciales evaluadas.

En ambos casos los resultados se consideran muy satisfactorios; en el primer caso, se mejoraron en los estudiantes los siguientes aspectos: motivación, participación, aprendizaje, enlace de la teoría con la práctica e incluso obtención de mejores notas.

Con respecto a los resultados obtenidos de la evaluación de las competencias esenciales, también se presentaron mejoras en todas ellas por parte de los estudiantes.

A pesar de la desconfianza que tuvieron los estudiantes al inicio del semestre cuando se les planteó la idea, está se fue desvaneciendo a medida que iban desarrollando los proyectos y se daban cuenta de los resultados que se obtenían.

Aunque algunos proyectos fueron plateados con la suficiente antelación, estos solo se empezaron a desarrollar muy cerca de la fecha límite de entrega, lo cual hace que no se logren todos los objetivos planteados, o no se logre el funcionamiento de adecuado del proyecto.

## Conclusiones

Usualmente los estudiantes piden cambios en las metodologías de enseñanza en la cual se les pueda brindar otras opciones de aprendizaje, pero en el momento en que se les plantea la posibilidad de estos cambios, presentan resistencia al cambio y temor a salir de su zona de *comfort*.

Se obtuvieron buenos resultados y se evidencia mejoras de las competencias entre los estudiantes.

Aunque en un principio hubo cierta resistencia en la participación de los demás compañeros, luego se creó el ambiente de confianza para que todos pudieran participar y expresarse libremente sin que se deseara atacar al compañero, sino con el ánimo de colaboración, lo cual evidencia competencias adicionales que son el compañerismo, el compromiso con el grupo y con ellos mismos para mejorar y obtener mejores resultados.

Al agregar elementos de evaluación no directos de la asignatura resulta un poco confuso a los estudiantes, sin embargo, con el tiempo, van entendiendo mejor la dinámica y les resulta generalmente agradable.

El trabajo entre las universidades fue bastante enriquecedor y aunque la distancia geográfica es grande, se tiene una gran cercanía de ideas y filosofía de lo que se desea hacer e implementar en los cursos para beneficio de los estudiantes.

## 6. Referencias

### Artículos de revistas

- Mazur E. Fagen A., Crouch C., Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms. The Physics Teacher Vol. 40, April 2002

### Libros

- Brodeur, D. Hall, S. Reem, N. Soderholm, H. Waitz, I. Adoption Of Active Learning In A Lecture-Based Engineering Class. 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. 2002. Boston, USA.

### Memorias de congresos

- Hurtado, J. Maseiro, B. Quiroga, J. Motivating and involving projects in Signal Processing class. Proceedings of the 12th International CDIO Conference, Turku University of Applied Sciences. Turku. Finland, June 12-16, 2016.
- Cruz, J. Giraldo, J. Hurtado, J. Peer Instruction: Signals and Systems Class, A Case Of Study Proceedings of the 11th International CDIO Conference, Chengdu University of Information Technology. Chengdu, Sichuan, P.R. China, June 8-11, 2015.
- González A., Marciales G., Ruiz, M., Viveros F. The CDIO Curriculum In Electronics Engineering At Universidad Javeriana – Colombia. Proceedings of the 9th International CDIO Conference, MIT and Harvard University, Cambridge, Massachusetts, June 9 – 13, 2013.
- Cruz, J. Giraldo, J. Hurtado, J. Metodología alternativa para la enseñanza en ingeniería. Teledu 2013. Medellín. COLOMBIA

### Sobre los autores

- **Jairo Alberto Hurtado** Ph. D.: Ingeniero Electrónico. Profesor asociado de la Pontificia Universidad Javeriana. [jhurtado@javeriana.edu.co](mailto:jhurtado@javeriana.edu.co)

- **Julián Armando Quiroga** Ph. D.: Ingeniero Electrónico. Profesor asociado de la Pontificia Universidad Javeriana. [quirogaj@javeriana.edu.co](mailto:quirogaj@javeriana.edu.co)
- **Bruno Masiero** Ph. D.: Ingeniero Electrónico, Profesor asistente de la Universidade Estadual de Campinas. [masiero@unicamp.br](mailto:masiero@unicamp.br)

---

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

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)