



**Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en 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



# **COMPARACIÓN DEL APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS MEDIANTE USO DE PROBLEMAS DE ALTA COMPLEJIDAD Y EVALUACIÓN FRECUENTE**

**Eduardo A. Gerlein, Juan Manuel Cruz, Jairo Alberto Hurtado**

**Pontificia Universidad Javeriana  
Bogotá, Colombia**

## **Resumen**

Ciertas asignaturas del ciclo básico disciplinar en las distintas carreras de ingeniería, que aunque involucran niveles de complejidad medio, evidencian gran dificultad de aprendizaje por parte de los estudiantes y altas tasas de pérdida. Estas asignaturas, tales como Circuitos Eléctricos en Ingeniería Electrónica e Ingeniería Eléctrica, presentan conceptos fundamentales que tanto dan la entrada al contenido disciplinar como a nuevas formas de pensamiento.

No obstante su importancia, los conceptos presentados en dichas asignaturas fundamentales, son en esencia sencillos y su evaluación, tradicionalmente, se ha enfocado en enfrentar al estudiante a ejercicios de complejidad alta durante evaluaciones parciales; con estas evaluaciones se asume que los alumnos han adquirido no solo los conceptos básicos sino la meta-cognición necesaria para resolver el problema propuesto mediante largas sesiones de estudio individual. Una de las críticas más frecuentes de los estudiantes en estas asignaturas básicas disciplinares es la marcada diferencia entre la complejidad de los ejemplos vistos en clase, la de los ejercicios planteados en los libros y los problemas propuestos en los, típicamente, tres exámenes o parciales.

En respuesta a las críticas anteriores, los autores del presente artículo diseñaron una metodología de estudio guiado y un incremento en la frecuencia de los exámenes. En esta metodología, los estudiantes asisten a una o dos sesiones de clase en las cuales los conceptos son presentados mediante ejemplos sencillos y, posteriormente, asisten a sesiones de trabajo en clase donde se proponen ejercicios de alta dificultad, tomados generalmente de evaluaciones anteriores; con una metodología de solución de problemas, trabajo colaborativo, y construcción colectiva de conocimiento. Los resultados de la aplicación de esta metodología muestran un

incremento en resultados de las evaluaciones en un 25% durante su implementación por dos semestres consecutivos y sugieren un incremento en la motivación de los estudiantes

**Palabras clave:** motivación académica; aprendizaje activo; aprendizaje basado en problemas; circuitos eléctricos

### ***Abstract***

*Although some subjects included in the basic cycle within the different engineering programs present intermediate level of complexity in their concepts, they also show great learning difficulties by pupils, evidenced in the large reproving rates. These subjects such as Circuit Theory in Electronics and Electrical Engineering, not only expose the students to basic key concepts that will be needed to introduce them into further disciplinary content in more advanced subjects, but also the covered topics are fundamental in the sense that they confront the pupils to new ways of thinking such as deductive thinking, problem solving and integration of previous knowledge. One of the more frequent objections from the students, is the difference between the difficulty in the exercises taught in the classroom used as a concept demonstration and the problems complexity proposed as part of the exams.*

*This paper discusses a guided study methodology where the pupils attend to one or two theoretical sessions where the main concepts are presented mainly using practical but simple examples, followed by group work sessions where they are confronted with high difficulty exercises, taken from past exams. In this case, the solutions to those high level exercises is avoided deliberately. In this manner the students are exposed to collaborative learning and collective knowledge construction. In addition to a more frequent evaluation – usually between 5 and 10 partial examinations during the semester term – the methodology has shown an increment of 25% in the cumulative results for two consecutive semesters.*

**Keywords:** *assessment; methodology; frequent evaluation; meaningful learning*

## **1 Introducción**

Generalmente, los programas de Ingeniería están organizados de tal forma que las asignaturas disciplinares fundamentales se encuentran ubicadas dentro del plan curricular justo después de las asignaturas de ciencias básicas. Estas asignaturas presentan a los estudiantes los conceptos básicos que abren la puerta de ahí en adelante a una serie de asignaturas de contenido propio para cada una de las profesiones. Estas asignaturas iniciales contienen en general conceptos básicos, con una complejidad relativamente baja comparada con las asignaturas disciplinares de semestres superiores. Aunque tales temáticas son relativamente sencillas, estas asignaturas suelen presentar una alta tasa de pérdida por parte de los estudiantes. En general, son mal llamadas

asignaturas “coladores” pues el porcentaje de estudiantes que reprueban las asignaturas es alto, resultando incluso en desmotivación para continuar los programas, impactando directamente en las tasas de deserción.

Aunque los temas vistos en las asignaturas básicas del ciclo disciplinar no resultan especialmente más complejos que aquellos conceptos vistos en ciencias básicas, los estudiantes presentan gran dificultad asimilándolos, situación reflejada en una alta tasa de reprobación (por ejemplo, para la asignatura Circuitos Eléctricos en la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana se han mantenido tasas de reprobación entre 21% y 48% durante los últimos 12 semestres) y en general, promedios bajos a final de semestre. Las materias propias de la carrera enfrentan a los estudiantes a formas nuevas de pensamiento para ellos, que resultan propios del quehacer de la ingeniería tales como pensamiento deductivo, integración de conocimientos de varias asignaturas previas, particularmente de física y matemáticas, y resolución de problemas.

Estas formas nuevas de afrontar la problemática en cuestión son novedosas para estudiantes que han cursado por tres o cuatro semestres asignaturas de ciencias básicas. Además de las temáticas propias, debe ofrecerse a los estudiantes la posibilidad de aprender la meta-cognición necesaria para la resolución de los problemas propuestos.

La asignatura Circuitos Eléctricos, motivo de este estudio, es un curso de cuarto semestre posterior al ciclo de ciencias básicas en donde se incluyen tres asignaturas de Cálculo, Ecuaciones Diferenciales, Álgebra Lineal y tres asignaturas de Física incluida Electricidad y Magnetismo. Con estas bases, es claro que los conceptos de Circuitos Eléctricos no son ajenos a los estudiantes; por ejemplo, la asignatura de física eléctrica incluye temas tales como componentes eléctricos pasivos, ley de Ohm y leyes de Kirchhoff, la asignatura Ecuaciones Diferenciales trata la solución de ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden con coeficientes constantes, la asignatura Álgebra Lineal incorpora la solución de sistemas de ecuaciones lineales, y por supuesto los cálculos Integral y Diferencial enfrentan a los estudiantes a técnicas de integración y derivación de funciones con un nivel de complejidad mucho más alto que aquellas funciones que generalmente se pueden encontrar en los problemas de Circuitos Eléctricos. Sin embargo, semestre tras semestre, los resultados en Circuitos Eléctricos son consistentemente bajos.

Para entender las razones de estos bajos resultados, se realizaron entrevistas individuales y grupales a estudiantes de diferentes semestres que cursaron la asignatura quienes manifestaron, muy frecuentemente, la gran diferencia que hay entre la relativamente baja complejidad tanto de los ejercicios vistos en clase (por ejemplo, ejercicios demostrativos de los conceptos expuestos) como de los ejercicios disponibles en libros de texto frente a la alta complejidad de los problemas propuestos en los exámenes y evaluaciones. Adicionalmente, varios estudiantes entrevistados argumentaron que a pesar de solucionar una alta cantidad de problemas como parte de las estrategias de estudio individual, al enfrentarse a ejercicios de evaluaciones parciales, no les era evidente la ruta a seguir para solucionarlos y que ello era una clara diferencia con su experiencia en asignaturas de ciencias básicas. Para varios profesores, estos hallazgos no parecen sorprender, pues parte de la esencia de los exámenes es valorar cómo los estudiantes integran y aplican conceptos para plantear una solución a un problema complejo con restricciones de tiempo; es decir, no se deben proponer ejercicios triviales. Si bien,

reconocemos esta necesidad en los exámenes ligada a evaluar la calidad del aprendizaje de la asignatura, para los estudiantes estas percibidas inconsistencias entre los ejercicios de clase, el proceso de estudio y los problemas de los exámenes sumadas al tiempo limitado y presión – típico de las evaluaciones tradicionales – propician resultados poco satisfactorios en las calificaciones de la asignatura.

En respuesta a las críticas anteriores, los autores del presente artículo diseñaron una metodología de clase y evaluación para la asignatura de Circuitos Eléctricos enmarcada en teorías educativas contemporáneas de motivación (Jones 2009), pedagogías de *engagement* (Smith, et al. 2005), que buscan la participación activa del estudiante, entienden al aprendizaje como resultado de la interacción con el ambiente más allá de las capacidades intelectuales propias (Wood, Bruner and Ross 1976) y que dan sustancial importancia al esfuerzo y la dedicación en el estudio (Dweck 2007).

Las características particulares del ambiente de clase propuesto ofrecen a los estudiantes retos continuos presentados en ejercicios de alta complejidad, generalmente tomados de evaluaciones de semestres anteriores; así mismo, privilegian la interacción entre pares (Mazur 1997) y clarifican los conceptos previamente adquiridos para la resolución de problemas. Es de resaltar que el objetivo central es que los estudiantes integren los conceptos en su estructura mental – una teoría que Ausubel (1960) denominó aprendizaje significativo – y construyan patrones mediante la solución de ejercicios de alta complejidad en grupos de trabajo. La ejecución de esta metodología ha generado efectos positivos en los resultados finales de la asignatura, con un incremento del 25% en el promedio general de las calificaciones en las evaluaciones parciales frente a los resultados de semestres anteriores.

## 2 Contenidos y Metodología del Curso de Circuitos Eléctricos

La metodología propuesta se compone de tres momentos específicos que se repiten en cada uno de los capítulos del curso. En un primer momento sucede la presentación de los conceptos básicos de cada uno de los temas. En general, esta fase del curso no excede las dos sesiones de clase. Si bien en ella se presentan contenidos, se hace explícito para los estudiantes que con la exposición al tema es natural y deseable que presenten dudas.

Como se menciona anteriormente, uno de los ejes fundamentales de la metodología es que el estudiante esté motivado académicamente y por ello se busca incrementar los factores motivacionales internos y externos durante todas las etapas del curso. El primero de estos factores es que el estudiante perciba que incrementa sus conocimientos, situación que se realza en cuanto la nueva información está explícitamente relacionada con temas anteriores; el segundo, es la aplicabilidad de los nuevos conceptos para solucionar problemas definidos anteriormente; el tercero, es la capacidad del docente para involucrar a sus alumnos con la clase y los contenidos; el cuarto, que la temática tenga una secuencia lógica para el estudiante y no solo para el docente (pues usualmente es quien conoce en el lugar de la asignatura dentro del plan de estudios); el quinto, muy relacionado con el anterior, es el sentido lógico, es decir, el estudiante se motiva en tanto comprenda el por qué y el para qué de los contenidos, así como su relación con otras temáticas posteriores en su plan de estudios.

En particular, en esta primera etapa de presentación, el aprendizaje se da en una serie de sub-etapas en las cuales el estudiante entra en contacto con el conocimiento en un ambiente motivante. Dichas sub-etapas no son necesariamente secuenciales, pues está permitido el error, la duda y las preguntas sobre procesos de etapas anteriores. En primer lugar, existe una primera percepción, un primer concepto o acercamiento a la nueva información usualmente a través de una exposición del docente; un aspecto clave en esta etapa son los esfuerzos del docente para que la exposición despierte la curiosidad, incentive el deseo de explorar, descubrir, indagar y finalmente profundizar sobre el nuevo conocimiento. La segunda etapa, más cognitiva, ocurre cuando el sujeto le da un sentido lógico a la nueva información; si bien, este proceso de pensamiento es interno, las condiciones de la clase permitir su exteriorización, por ejemplo, cuando surge el momento de resolver dudas o cuando la exposición se orienta a la aplicación de los nuevos conceptos en la resolución de problemas. Existen varias técnicas de presentación de contenidos de manera motivante, como el uso de tecnologías novedosas o técnicas alternativas de instrucción, como las mencionadas en Jones (2009) o Ambrose *et al.*(2010); aunque una discusión sobre tales metodologías sale del alcance del presente artículo, cabe resaltar que uno de los aspectos más importantes de esta etapa, es limitar lo más posible el tiempo de la exposición.

Una segunda etapa en el curso se fundamenta en el aprendizaje cooperativo; esta etapa consiste en enfrentar a los estudiantes a una serie de actividades que los obligan a interactuar con otros estudiantes, monitores y profesores. Durante las actividades de trabajo colaborativo, sucede una fase de identificación de individuos, como compañeros o profesores, capaces de aportar en el propio proceso de aprendizaje y en el aprovechamiento de las condiciones del ambiente de aprendizaje propuesto. En esta etapa, se desfavorece tanto la competencia como la calificación y se incentiva un nuevo concepto de autoridad (No existe un concepto de autoridad clásica; la autoridad es compartida al igual que la responsabilidad en los resultados) autoridad de un compañero de grupo, autoridad de un grupo y autoridad de sí mismo dentro del grupo de trabajo. La metodología funciona, en tanto exista interacción y se comparta el conocimiento tanto dentro de pequeños equipos de trabajo como con todo el salón de clase, lo que se conoce como pequeñas *comunidades de conocimiento* (Panitz 1996). Cabe resaltar que el profesor pasa de tener el control del proceso de aprendizaje a ser un miembro más de estas comunidades donde se llevan a cabo procesos de aprendizaje significativo. Lo anterior se basa en que la colaboración es una no es solamente una técnica de clase para facilitar el cumplimiento final de una meta, es un estilo de vida y una filosofía personal. La literatura en educación en ingeniería resalta bastantes dinámicas de grupo orientadas a este tipo de metodología, llamadas pedagogías de *engagement* (Smith et al., 2005).

La pedagogía utilizada se basa en los talleres en clase apoyados en la resolución de ejercicios y problemas de alta complejidad referentes a las áreas de conocimiento en cuestión. Los nuevos conocimientos son incluidos en las estructuras internas mediante procesos de enganche, discriminación y subsunción. Durante las sesiones de talleres, se motiva la discusión entre los distintos grupos de trabajo. Se pide a aquellos estudiantes que han resuelto algún ejercicio en particular, que expongan sus soluciones a aquellos que aún presentan dudas. De esta manera el estudiante se convierte en sujeto activo que no solamente recibe información por medio de las formas académicas tradicionales de aprendizaje, en tanto que realiza un procesamiento interno de la información (discriminación, referencia, reestructuración y asimilación de la nueva información); sino que por otro lado, el sujeto que, una vez motivado, encamina su esfuerzo a explorar nuevos caminos y herramientas para encontrar

respuestas a problemáticas que él o su entorno le plantean (investigación, descubrimientos personales, debates y búsqueda de diferentes soluciones sobre el problema o tema tratado).

El diseño de los talleres de alta complejidad en esta segunda fase de la clase resulta relativamente sencillo en contraste con lo que podría pensarse. Tal y como se ha mencionado anteriormente, los estudiantes presentan críticas referentes a la relativa baja complejidad de los ejercicios presentados en clase y aquellos problemas encontrados en libros de texto, frente a la alta complejidad inherente de aquellos ejercicios propuestos en evaluaciones parciales. Esta situación es comprensible, pues el diseño de evaluaciones por parte del profesor está encaminada a una verificación de que el estudiante ha adquirido las herramientas necesarias en su curso.

El profesor hace uso de su experiencia y creatividad en el diseño de evaluaciones, intentando abarcar los conceptos vistos en clase, presentando problemas cuya solución dista de ser trivial y que a su vez, requiere análisis y la relación de los nuevos conceptos. Los ejercicios propuestos en evaluaciones parciales están cargados de procesos meta-cognitivos que aunque necesarios para su resolución, son difícilmente enseñados mediante exposiciones orales y/o ejercicios de libro de texto que buscan el desarrollo de habilidades de resolución en un tema específico, los cuales están diseñados para ilustrar una herramienta o tema determinado.

De esta manera, el insumo principal de los talleres de para trabajo colaborativo, resulta de evaluaciones parciales de semestres anteriores. En este punto es importante mencionar que durante algunas experiencias anteriores, los profesores de la asignatura compilaban tales ejercicios en guías extensas de trabajo, para desarrollo en casa. En semestres más recientes, la elaboración de guías se eliminó del proceso, y los estudiantes reciben una copia impresa o en versión digital de la evaluación parcial. Mediante encuesta realizada, los estudiantes han reconocido que el hecho de resolver un "*parcial*" anterior impacta en beneficio de la motivación frente a la resolución de ejercicios presentados en una guía de trabajo propuesta, aunque en principio, los ejercicios sean los mismos. Finalmente, aunque tal hecho es una cuestión de percepción, privilegia el estado mental de reto con la que los estudiantes se enfrentan a los ejercicios.

En contraste con aproximaciones tradicionales, el desarrollo de los talleres – compuestos por evaluaciones parciales de semestres anteriores – no se deja para trabajo individual en casa. Se destinan en principio tres sesiones de clase por cada sesión teórica utilizada durante la primera fase para el desarrollo de los talleres.

Durante las sesiones, los estudiantes se organizan en grupos de trabajo libre, utilizan el tablero para resolver ejercicios, se preguntan y responden dudas, comparan resultados y finalmente hacen preguntas al profesor cuando algún problema propuesto genera inconsistencias o no se reconoce la ruta para llegar a su solución. Las soluciones de los ejercicios son obviadas deliberadamente. Los estudiantes reconocerán la veracidad de sus resultados mediante comparación con sus pares y el consenso. Sin embargo, el profesor debe estar atento a corregir en tanto note que algún procedimiento o resultado erróneo se convierta en un fenómeno generalizado en el grupo, dando pistas al estudiante paso por paso, e interviniendo con explicaciones de retroalimentación sobre un error o requerimiento.

Con la aplicación del modelo de aprendizaje, se da la oportunidad al estudiante la manera de generar estrategias para plantear y proponer metodologías de resolución de problemas de alta complejidad que integran todos los conceptos vistos en clase, mientras al mismo tiempo permite al profesor verificar el avance del curso evidenciado por el tipo y calidad de preguntas que surgen clase a clase.

Finalmente, el modelo de clase concluye con procesos de evaluación frecuente. Los contenidos temáticos del curso de Circuitos Eléctricos están agrupados en los siguientes cinco capítulos: Capítulo 1 – Circuitos Resistivos, Capítulo 2 – Herramientas básicas para el análisis de circuitos, Capítulo 3 – Amplificadores Operacionales, Capítulo 4 – Sistemas con elementos que almacenan energía y Análisis de circuitos lineales e invariantes de primer orden, Capítulo 5 – Análisis de circuitos lineales e invariantes de segundo orden. Se realizan de esta manera, un total de 10 evaluaciones durante el semestre, dos por cada uno de los capítulos descritos. Cada evaluación se compone de un ejercicio de alta complejidad que permita verificar no solo los conceptos del capítulo, sino que adicionalmente deberá integrar todos los temas tratados anteriormente en el curso. La evaluación frecuente expone a los estudiantes a un ritmo de trabajo constante durante todo el desarrollo del curso, en contraste con los picos de trabajo evidenciados en aproximaciones tradicionales donde se realizan dos evaluaciones parciales y un examen final al culminar del curso. Aunque se proponen 10 evaluaciones parciales, solo serán tenidas en cuenta cinco de ellas para obtener las calificaciones finales. La primera evaluación parcial en cada capítulo es obligatoria. Sin embargo, la segunda de ellas es opcional, a manera de recuperación. Será tomada en cuenta la última evaluación entregada por el estudiante. Más que un proceso externo al estudiante, el modelo permite generar una cultura de autoevaluación de resultados y procesos durante todo el curso. Aunque las primeras y segundas evaluaciones son resueltas en clase a manera de retroalimentación, la calificación obtenida en la primera evaluación no es entregada a los estudiantes inmediatamente. Son ellos mismos quienes deben decidir si presentarán o no el examen de recuperación al analizar los resultados obtenidos. Como se mencionó anteriormente, la evaluación debe llevarse a cabo constantemente en todas las etapas del proceso del curso, de ésta forma es posible identificar falencias a tiempo, para así tomar las acciones correctivas cuando es necesario, no dejando acumular problemas menores en grandes e insolubles encrucijadas a medida que la complejidad del curso aumenta.

Tabla 1. . Resultados comparados entre la evaluación primera y la evaluación de recuperación por cada examen parcial

Evaluación	Promedio 2015-II	Mejora	Promedio 2016-I	Mejora
Parcial 1	2.44	---	2.84	---
Parcial 1 Recuperación	3.41	39.75%	2.33	-17.96%
Parcial 2	2.78	---	2.61	---
Parcial 2 Recuperación	2.55	-8.27%	3.84	47.13%
Parcial 3	3.14	---	3.26	---
Parcial 3 Recuperación	3.77	20.06%	3.98	22.09%
Parcial 4	3.01	---	3.62	---
Parcial 4 Recuperación	4.02	33.55%	3.86	6.63%
Parcial 5	3.66	---	3.65	---
Parcial 5 Recuperación	3.22	-12.02%	3.75	2.74%
<b>Promedios de mejora por semestre</b>		<b>14.62%</b>		<b>12.12%</b>

### 3 Resultados de la implementación de la metodología

La metodología descrita en la sección anterior ha sido el resultado de su implementación y refinamiento durante sucesivas cohortes. No se pretende afirmar que la metodología en cuestión es aplicable a todas las asignaturas en un programa de ingeniería, sin embargo, se han evidenciado mejoras ostensibles en los resultados obtenidos por los estudiantes después de cada proceso de refinamiento. La metodología discutida ha sido implementada sin refinamientos durante dos semestres consecutivos acogiendo a 45 estudiantes de ingeniería electrónica.

La aplicación del modelo durante dos semestres consecutivos ha permitido evidenciar que los estudiantes presentan una mejora en promedio del 13% en las calificaciones obtenidas en la segunda evaluación del capítulo (examen de recuperación) comparada con la primera como se puede observar en la Tabla 1. Esta mejora es deseable, pues finalmente aquellos estudiantes que reprobaron la primera evaluación pueden, no solo mejorar su calificación, sino además demostrar que aquellos conceptos que habían quedado pendientes fueron reforzados y asimilados. De igual manera se observa en la Tabla 1, una tendencia a obtener mejores calificaciones en promedio a medida que el semestre avanza, en tanto los estudiantes han afianzado la metodología de trabajo, y han integrado de mejor manera los conocimientos anteriores, pues las evaluaciones son acumulativas presentando ejercicios integradores.

Como resultado adicional de la aplicación de la metodología de clase, los estudiantes del curso manifiestan que se enfrentan a las evaluaciones parciales con menos tensión que en otras asignaturas. Al haber resuelto exámenes parciales como parte de la metodología del curso, los estudiantes conocen de antemano la complejidad de la evaluación y las competencias disciplinares que deben adquirir. Esta situación permite que el estudiante se enfrente a los exámenes de manera amigable, viéndolas como una experiencia pedagógica inherente al curso, impactando positivamente en su desempeño. Por otro lado, para la realización del presente estudio se utilizaron exámenes parciales realizados en semestres anteriores, de tal forma que fuera posible contrastar los resultados obtenidos en promedio por los estudiantes en la cohorte original con los resultados obtenidos en promedio por los estudiantes que presentan talleres de alta complejidad y evaluación frecuente. La Tabla 2 presenta los promedios de los resultados obtenidos, donde es posible observar una mejora de un 25% en promedio durante los dos semestres en donde el modelo de clase ha sido aplicado.



Tabla 2. Incremento de los resultados en promedio obtenido por los estudiantes en la cohorte original con los resultados obtenidos en promedio por los estudiantes que vivieron el modelo de clase de evaluación frecuente y talleres de alta complejidad.

Evaluación	Promedio 2015-II	Promedio Semestre Original	Mejora	Promedio 2016-I	Promedio Semestre Original	Mejora
Parcial 1	2.44	2.03	20.20%	2.84	1.78	59.55%
Parcial 1 Recuperación	3.41	3.24	5.25%	2.33	3.25	-28.31%
Parcial 2	2.78	1.89	47.09%	2.61	2.22	17.57%
Parcial 2 Recuperación	2.55	2.15	18.60%	3.84	3.56	7.87%
Parcial 3	3.14	3.12	0.64%	3.26	2.41	35.27%
Parcial 3 Recuperación	3.77	3.35	12.54%	3.98	3.16	25.95%
Parcial 4	3.01	2.56	17.58%	3.62	3.08	17.53%
Parcial 4 Recuperación	4.02	1.89	112.70%	3.86	2.87	34.49%
Parcial 5	3.66	3.17	15.46%	3.65	3.07	18.89%
Parcial 5 Recuperación	3.22	2.45	31.43%	3.75	2.59	44.79%
Promedios de mejora por semestre			28.15%	23.36%		

## 4 Conclusiones

En el presente artículo se ha discutido la implementación de una metodología de clase para el curso de Circuitos Electrónicos, cursada por estudiantes de cuarto semestre en la Carrera de Ingeniería Electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana. El diseño de la metodología de clase responde a dos situaciones particulares. En primera instancia, se pretende reducir la alta tasa de reprobación en los cursos básicos disciplinares que aunque presentan conceptos de relativa baja complejidad, confrontan a los estudiantes a nuevas formas de pensamiento, que conlleva a pobres resultados finales. En segunda instancia, la metodología pretende afrontar la diferencia entre la complejidad entre los ejercicios utilizados como ejemplos durante la clase, o los ejercicios encontrados en libros de texto con la alta complejidad presente en las evaluaciones parciales, generalmente resultado de un proceso extenso de diseño de la evaluación por parte del profesor.

La metodología de clase diferencia tres momentos específicos: una primera etapa de presentación de contenidos, una segunda etapa en donde los estudiantes resuelven en clase una serie de evaluaciones parciales anteriores privilegiando el trabajo en grupo, la instrucción por pares y la construcción colectiva de conocimiento. La solución de los parciales se obvia deliberadamente con el fin de que los estudiantes encuentren consenso en el procedimiento de resolución de problemas y su resultado final. Una tercera fase de la clase representada en evaluaciones frecuentes llegando a alcanzar hasta 10 exámenes durante el semestre, agrupados en primer parcial y parcial de recuperación por cada uno de los temas o capítulos del curso.

La aplicación de la metodología discutida en el presente artículo ha sido ajustada después de sucesivas cohortes, observado una mejora en promedio de un 25% en los resultados del curso frente a cohortes anteriores enfrentadas a metodologías de clase tradicionales. Adicionalmente se observa una mejora en promedio de un 13% entre la primera evaluación y la recuperación en cada uno de los temas.

La metodología supone retos grandes al profesor, pues requiere un trabajo constante en el diseño de evaluaciones parciales mucho más frecuentes, adicionalmente a la preparación de clase. Como trabajo futuro se explorarán metodologías novedosas para la presentación de contenidos en la primera fase, modelos de trabajo en grupo que atiendan necesidades particulares de estudiantes que en algunos casos prefieren trabajar de manera individual durante el tiempo de la clase y el diseño de evaluaciones exhaustivas.

## 5 Referencias

- Susan A. Ambrose, Michael W. Bridges, Michele DiPietro, Marsha C. Lovett, Marie K. Norman, and Richard E. Mayer. 2010. *How Learning Works: Seven Research-Based Principles for Smart Teaching*.
- D.P. Ausubel. 1960. The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *J. Educ. Psychol.* 51 (1960), 267–272.
- Carol S. Dweck. 2007. The Perils and Promises of Praise. *Contemp. Class. Readings Educ.* 65, 2 (2007), 34–39.
- Brett D. Jones. 2009. Motivating Students to Engage in Learning : The MUSIC Model of Academic Motivation. *Int. J. Teach. Learn. High. Educ.* 21, 2 (2009), 272–285.
- Eric Mazur. 1997. *PEER INSTRUCTION: A User's Manual*, Upper Saddle River, USA: Prentice Hall.
- Ted Panitz. 1996. Definition of Collaborative vs. Cooperative Learning. (1996). Retrieved June 27, 2016 from [http://colccti.colfinder.org/sites/default/files/a\\_definition\\_of\\_collaborative\\_vs\\_cooperative\\_learning.pdf](http://colccti.colfinder.org/sites/default/files/a_definition_of_collaborative_vs_cooperative_learning.pdf)
- Karl A. Smith, Sheri D. Sheppard, David W. Johnson, and Roger T. Johnson. 2005. Pedagogies of engagement: Classroom based practices. *J. Eng. Educ.* , January (2005), 87–101.
- D.J. Wood, J.S. Bruner, and G. Ross. 1976. The role of tutoring in problem solving. *J. Child Psychiatry Psychol.* 17, 2 (1976), 89–100.

---

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)