

LA ENSEÑANZA DE TEORÍA DE CIRCUITOS UTILIZANDO UNA VARIACIÓN DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS Y EL TRABAJO COOPERATIVO.

E.AZNAR, C. LAHOZ, A. MONTAÑÉS, L. PORTA, R. SEGUÍ.

*Departamento de Ingeniería Eléctrica. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial.
Universidad de Zaragoza. España.*

Abstract: *La futura modificación de los planes de estudios, la aplicación a los mismos de la idea de crédito europeo y el intento de cambiar el enfoque metodológico clásico de enseñanza mediante clases magistrales, nos llevó a buscar nuevos métodos y estrategias de aprendizaje para la enseñanza de la asignatura de Teoría de Circuitos[5].*

1. Introducción

La Declaración de Bolonia de 1998 reconoce la necesidad de homogeneizar la enseñanza superior en el área europea. Descritas en la Declaración aparecen las directrices básicas a seguir que lleven a los estados firmantes de la misma a la consecución de los objetivos que se persiguen. Podemos destacar de estas directrices las que hablan de:

La adopción de un sistema de enseñanza superior dividido en dos ciclos básicos: graduado y postgraduado.

Establecer un sistema de créditos, que permita la movilidad de los estudiantes y que sea aceptado por todas las universidades.

La aplicación de estas ideas a los estudios universitarios españoles ha llevado a cambiar radicalmente las estructuras de la enseñanza superior. El RD 55/2005 establece la estructura de las enseñanzas universitarias y regula los estudios universitarios oficiales de grado y con fecha 28 de febrero de este año el Ministerio de Educación y Ciencia presentó la propuesta de directrices adaptadas a Europa de la titulación de Ingeniería Electrónica.

Por otra parte, el cambio radical que supone la unidad de crédito ECTS respecto de la unidad hasta ahora habitualmente utilizada (1 crédito igual a 10 horas lectivas de clase) nos ha llevado al grupo de profesores que imparte Teoría de Circuitos, en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza, a intentar la incorporación de nuevos métodos pedagógicos basados en una participación activa del alumnado y comparar los resultados obtenidos con los de sistemas clásicos de enseñanza centrados en el profesor.

Así, la asistencia a diversos cursos impartidos por expertos y organizados por el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Zaragoza, nos animó a poner en práctica, de forma experimental, una mezcla de Aprendizaje Basado en Problemas y de Aprendizaje Cooperativo. Se aplicó este método en la asignatura de Teoría de Circuitos, asignatura obligatoria de primer curso de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad de Electrónica Industrial.

2. Planteamiento inicial de la experiencia

En mayo de 2005, se solicitó un Proyecto-Piloto para la adaptación de las titulaciones de la Universidad de Zaragoza al Espacio Europeo de Enseñanza Superior, orden ECI/924/2005 y en noviembre se conoció la aprobación del mismo.

Iniciada la docencia del primer cuatrimestre y ya avanzado el mes de noviembre, no era viable ni la modificación del método docente, ni del método de evaluación de la asignatura de este primer parcial. Así, se optó por esperar al inicio del segundo cuatrimestre.

El número de alumnos matriculados en la asignatura de Teoría de Circuitos está dividido en tres grupos de docencia. Trás debatir, entre los docentes de la misma, como aplicar la nueva experiencia se

concluyó que trabajar con un solo grupo de docencia [3] nos daría mayor posibilidad de interpretar los resultados obtenidos; además, aquellos alumnos que no quisieron participar en la experiencia tuvieron la posibilidad de cambiarse a cualquiera de los otros dos grupos de teoría. Finalmente 32 estudiantes optaron por seguir la asignatura con el nuevo método de enseñanza.

Este grupo de 32 alumnos se dividió en 4 subgrupos de 8 alumnos y estos a su vez en unidades de trabajo de 2 alumnos.

La selección de alumnos para cada subgrupo de trabajo fue decidida, de forma aleatoria, por el profesor que iba a estar inmerso en la experiencia; mientras que las unidades de trabajo las decidieron los propios alumnos por afinidades, sin participación del profesor y con la posibilidad de cambiar a lo largo del curso.

En el nuevo método los contenidos teóricos del segundo cuatrimestre de la asignatura no fueron expuestos en clase magistral a los alumnos, sino que para cada tema se indicaban los objetivos específicos a conseguir y bibliografía de consulta para que a partir de ellos cada unidad de trabajo¹ elaborara los contenidos de cada tema y los plasmara en un trabajo.

Así, el primer día lectivo del segundo cuatrimestre se presentó en clase un problema base de trabajo para fundamentar, mediante la reflexión, los contenidos teóricos a adquirir a lo largo del segundo cuatrimestre y se les dio a los alumnos un cronograma de trabajo. En este cronograma se indicaban, de forma clara, los objetivos específicos a alcanzar para cada uno de los temas, las fechas de la presentación de los trabajos y de los mini exámenes.

Se dividieron las 4 horas de clase semanales en dos tipos bien diferenciados: la mitad de ellas centradas en la búsqueda, depuración, discusión y presentación de la información solicitada, a cada una de las unidades de trabajo que componen los subgrupos. La otra mitad era utilizada para resolver en la pizarra los problemas habituales de Teoría de Circuitos.

El material teórico que va obteniendo cada unidad de trabajo de un subgrupo es analizado y comparado con el presentado por el resto de unidades de dicho subgrupo. Tras un debate cada subgrupo emite informe teórico final que es presentado oralmente a toda la clase. La exposición de este material es juzgada por los otros subgrupos y se obtiene así una valoración del mismo, ponderada posteriormente por el profesor.

Además, con el fin de mantener el interés por el nuevo proceso se optó por la realización de tres mini exámenes o exámenes interparciales que evaluaran el grado de consecución de objetivos de cada tema del curso indicados en el cronograma de trabajo.

Finalmente este grupo piloto se presentó al examen parcial que realizaron todos los alumnos de la asignatura y la nota obtenida en el mismo, junto con las notas de los trabajos y las de los exámenes interparciales han permitido evaluar a cada uno de los alumnos.

La organización de esta experiencia piloto nos ha dado la posibilidad de comparar los resultados obtenidos por los alumnos que pertenecen a los grupos de docencia clásica y los que optaron por el nuevo método de enseñanza.

3. Desarrollo de la experiencia

La idea básica de esta experiencia era el tratar de desplazar del eje de la enseñanza la figura del profesor, aplicando estrategias de aprendizaje centradas en los alumnos. Para ello se han mezclado dos técnicas “novedosas”: aprendizaje basado en problemas (ABP) [1],[4] y trabajo cooperativo (TC) [2]. Se ha tratado de lograr una enseñanza más dinámica, más atractiva y más autosuficiente para el alumnado. Ambas técnicas de aprendizaje, ABP y TC, tratan de desarrollar habilidades sociales, de comunicación, fundamentar conclusiones, mejorar la capacidad de análisis, deducción y fundamentación de

¹ La unidad básica de trabajo esta compuesta por dos alumnos.

conclusiones, así como la comunicación de las mismas para que ayuden a potenciar habilidades ingenieriles a los alumnos.

Tal y como se ha indicado a los alumnos, se les dio inicialmente un problema base de trabajo para el segundo parcial. Este problema debe de alentar a los alumnos a su resolución para lo cual se planteó una situación que puede aparecer en la vida real.

Problema

Somos los miembros de la Peña E³S y se nos acaba de estropear la nevera que tenemos en el local social, ante tal problema empezamos a preguntar a los familiares de todos los peñistas si alguno tiene una nevera vieja que nos pudiera servir, después de mucho pedir nos regalan una nevera fabricada hace 20 años que no había sido usada nunca. Cuando vamos a conectarla nos damos cuenta que en la placa de características indica: tensión = 125 V, 50 Hz, consumo 200 W y $\text{Cos } \varphi = 0,8$ inductivo. Resulta que la peña se encuentra en un local nuevo y la tensión de las tomas de corriente es de 220 V. Determinar el sistema más adecuado para poder utilizar la nevera justificándolo adecuadamente.

Uno de los temores que se tenían ante este nuevo método de enseñanza era la posible dispersión en la búsqueda y recopilación de la información necesaria para lograr obtener el nivel mínimo de conocimientos. Para evitarlo, junto con el problema base, se les dió un cronograma de trabajo en el que aparecían los objetivos específicos docentes necesarios en cada uno de los temas de los que consta este segundo cuatrimestre y una temporización de los mismos. Además se recomendaron problemas adecuados a resolver para poder comprobar si se adquieren los conocimientos mínimos deseables.

A continuación se muestra un ejemplo de objetivos propuestos:

<p>1. Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Comprender conceptos: amplitud, frecuencia angular, periodo, ángulo de fase inicial, valor de pico, valor pico a pico▪ Saber representar gráficamente una función senoidal▪ Comprender conceptos: onda retrasada o adelantada respecto de una de referencia▪ Saber determinar valor medio y eficaz de una función y, en particular, de una función senoidal▪ Comprender el concepto de fasor, transformación fasorial. <p>2. Ejemplos a resolver: Ejemplo 9.1 -9. 2 – 9.3 – 9.4 – 9.5</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Comprender conceptos:<ul style="list-style-type: none">▪ Impedancia compleja de: resistencia, condensador, bobina.▪ Admitancia versus Impedancia▪ Susceptancia, conductancia.▪ Observar la dualidad entre impedancia compleja e impedancia operacional▪ Observar la dualidad entre ley de ohm compleja y operacional

Siguiendo con el planteamiento inicial de la experiencia, se dividió a los alumnos en 4 subgrupos de 8 personas y el profesor se reunió con ellos dos horas cada dos semanas en la sala de trabajo en grupo de la biblioteca del centro. Así se facilitó el acceso al material bibliográfico necesario y a las fuentes de información disponibles en la biblioteca.

4. Evolución

El punto de partida era un grupo de 32 alumnos de los cuales el 22 % habían superado el primer parcial.

Las primeras semanas fueron muy interesantes ya que los alumnos mostraban un gran interés por conseguir la información que necesitaban para lograr realizar sus trabajos.

Después de las primeras sesiones de clases tutorizadas, se dieron de baja en la experiencia 4 alumnos; pasado el primer examen interparcial ya solo quedaban 15 alumnos en la experiencia. A la pregunta, ¿Porqué abandonas la experiencia? la respuesta era siempre la misma, el trabajo necesario para lograr obtener los contenidos teóricos sobre los que se iban a examinar les consumía mucho tiempo y les parecía más cómodo tomar notas en clase.

Pasado este primer tiempo, la asistencia del resto de los alumnos que permanecían en la experiencia tanto a las clases de problemas como a las clases tutorizadas fue muy regular.

Después del segundo examen interparcial hubo una segunda fuga masiva. En este caso las razones para abandonar la experiencia fueron debidas principalmente a los resultados. Los alumnos hicieron los promedios de las notas obtenidas tanto en trabajos y presentaciones como en los exámenes y todos aquellos que observaban que éstos en vez de favorecerles les perjudicaban para aprobar la asignatura, abandonaron definitivamente. Realmente uno de los objetivos que se planteaba con estos exámenes interparciales era el intentar que los alumnos llevaran la asignatura al día y de hecho las cuestiones y problemas que se pedía que fueran contestados en estos exámenes eran bastante simples, para estimular el estudio continuado de la materia. Otra razón es que ya no se les dejaba abandonar la experiencia más adelante y el proceso evaluatorio realizado formaría parte, ineludiblemente, de la la evaluación de la asignatura.

La tercera fase, llamémosla de madurez, en la que los estudiantes que permanecieron estuvieron muy motivados. Los trabajos presentados fueron de una gran calidad tanto de contenidos como en su presentación y las exposiciones públicas mejoraron.

Finalmente, han acabado la experiencia 8 alumnos, entre los cuales hay un caso peculiar. Un alumno no deseaba ser evaluado de una forma continuada, sino de la forma clásica; pero comentaba que este método le ayudaba a llevar la asignatura al día.

5. Evaluación

La evaluación del alumno que participó en esta experiencia, se establecía del siguiente modo:

- 40 % nota media de los exámenes interparciales.
- 10% nota media de los trabajos (todo el subgrupo obtiene este resultado).
- 50 % examen que realizarán con el resto de los alumnos

Los resultados obtenidos a lo largo del proceso de aprendizaje por los alumnos que participaron en esta experiencia se pueden ver en la tabla 1.

Estudiando la tabla se puede apreciar que los alumnos que han seguido el nuevo método docente tuvieron fácil el superar la evaluación de este segundo parcial, que recordemos es en el que se implantó la experiencia docente. De hecho los que obtuvieron los peores resultados les bastó con sacar un 4 sobre 10 en el examen del segundo parcial, con el resto de alumnos, para aprobar. Se puede destacar que 4 de estos 7 alumnos tienen aprobados el primer parcial, el 57 %² frente al 22 %³ inicial, lo que nos indica que los estudiantes que han seguido de una forma continuada el nuevo proceso de aprendizaje son mejores o más aplicados que la media.

² El 57% hace referencia al tanto por ciento de los 7 alumnos que finalizaron la experiencia.

³ El 22% hace referencia al tanto por ciento de los 32 alumnos que iniciaron la experiencia.

Alumno	Media Ex	Media Trab	Nota para aprobar 2P
1	6,5	9,5	3,0
2	5,6	8,5	3,8
3	5,7	9,5	3,6
4	5,7	9,0	3,6
5	5,4	8,5	4,0
6	9,9	9,5	3,0
7	5,3	8,5	4,0

Tabla 1. 1ª Columna nos indica la media obtenida entre los tres exámenes interparciales. 2ª Columna nos indica la media de los tres trabajos y de sus presentaciones. 3ª columna nos indica la nota que deben de sacar en el examen final común a toda la asignatura para poder aprobar el segundo parcial.

6. Resultados de las encuestas

A final de curso se realizó una encuesta en la que se preguntaban las cuestiones que aparecen en el anexo I.

Los resultados que se presentan pertenecen en primer lugar al grupo que acabó la experiencia y en segundo lugar a aquellos que participaron y la abandonaron después del segundo examen interparcial.

Cuestión 2	SI	
Cuestión 3	SI	
Cuestión 4	2'1	
Cuestión 5	4'25	
Cuestión 6	3'5	
Cuestión 7	4'25	
Cuestión 8	4'12	
Cuestión 9	3'75	
Cuestión 10	SI	
Cuestión 11	2'87	
Cuestión 12	3'5	
Cuestión 13	3,25	
Cuestión 14	3'37	
Cuestión 15	de 60 a 80 h	
Cuestión 17	3'37	1'8
Cuestión 18	3'37	2'0
Cuestión 19	3'5	3'0
Cuestión 20	3,75	2'4

Comentarios, transcritos literalmente, que los alumnos han indicado en el ítem 21 de la encuesta y que merece la pena sean reseñados:

- Los trabajos suponen demasiado trabajo.
- Es difícil la coordinación de 8 personas. Siempre tiene que tirar uno del grupo. Hay en general mucha pasividad.
- La evaluación es correcta pero siempre hay que sacar más de un tres en el examen final y puede haber un mal día.
- Las clases tutorizadas deberían de ser más guiadas, un poco solo.
- Nos ha perjudicado un poco a los que no teníamos bases.

- Las clases tutorizadas para profundizar los temas.

Si estudiamos los resultados de las encuestas y considerando que el número de encuestados no es significativo (8 alumnos que son los que han acabado) nos ha sorprendido, que inicialmente todos los alumnos consideraban que este método requería un mayor esfuerzo y sin embargo lo cuantifican con 2'1 lo que significa un esfuerzo ligeramente superior al del método tradicional.

Los alumnos tienen la percepción de que están bastante involucrados en el proceso de aprendizaje, que el método estimula su pensamiento crítico-creativo y de que su capacidad de trabajo en grupo ha mejorado ligeramente, así como su capacidad de comunicación y de hablar en público.

Es interesante destacar que los alumnos han cuantificado las horas de preparación de la asignatura entre 80-100 y que sumando las horas presenciales, las horas de los exámenes y las horas de prácticas obtendríamos un resultado entre 136-156 horas, considerando la unidad de medida utilizada en los ECTS es de 30 horas de trabajo del alumno por crédito, nos da entre 4'5 y 5 créditos por semestre, aproximadamente entre 9 y 10 anuales, si tenemos en cuenta que la asignatura tiene 8'1 créditos ECTS, parece que está ligeramente subvalorada respecto de los valores teóricos que podría tener en el espacio europeo de enseñanza superior.

Por otra parte podemos cuantificar el trabajo extra utilizado por el profesor que se ha dedicado al grupo especial de docencia.

Preparación de objetivos y material complementario	15 h
Preparación de problemas	26 h
Clases tutorizadas	28 h
Corrección de exámenes	6 h
Corrección de trabajos	10 h
<hr/>	<hr/>
Total	75 h

Si consideramos que un profesor que ha impartido esta asignatura más de 3 años utiliza una media de 1 hora de preparación de la clase por cada dos de pizarra y le sumamos las horas de corrección de exámenes nos da unas 45 h aproximadamente, tiempo inferior evidentemente al utilizado por el profesor en la experiencia. Claro que estos tiempos se reducirán a medida que el profesor tome experiencia en la misma.

También es significativo que cuando se agrupan las encuestas los valores que se obtienen son mucho más desfavorables y se obtienen resultados como que el método se adecua poco a esta asignatura, que el proceso de aprendizaje es muy lento. En cambio sorprendentemente los que han abandonado el sistema piensan que el sistema es más cómodo para aprobar y que la evaluación es adecuada.

Comentar también que todos los estudiantes menos uno de los que han acabado la experiencia habían ya cursado la misma, esto nos puede dar a entender que sus conocimientos de la misma son mayores y que siguen con más fluidez el desarrollo de la experiencia, al ser distintas a las clases habituales.

7. Conclusiones

La primera conclusión, olvidándonos de los resultados obtenidos, es que los alumnos en su mayoría y por comodidad prefieren el sistema clásico de aprendizaje centrado en el profesor. Las clases magistrales les permiten obtener las notas o apuntes necesarios para poder seguir y estudiar la asignatura con solo su asistencia y algo de atención. Por contra, estos métodos más centrados en el aprendizaje por parte del alumno les requiere mucho más tiempo, lo que nos llevaría a tener cursos con menos asignaturas o asignaturas con menos contenidos, lo que para alcanzar los objetivos mínimos planteados en cualquier asignatura no sería viable.

Por otra parte es interesante indicar que los alumnos que finalizaron la experiencia estaban muy motivados y aunque a alguno los resultados en los exámenes interparciales no les favorecían, seguían en la experiencia y les gustaba el método.

Quizá un error ha sido permitir abandonar la experiencia después del segundo examen interparcial. Si hubieran sentido la obligación de ser evaluados de esta forma su motivación hubiese sido mayor.

Otro problema ha podido ser el miedo inherente al cambio y el no haber realizado una aplicación “estricta” de aprendizaje basado en problemas aplicado a Teoría de Circuitos, pero se pensó inicialmente que la mezcla podía ser interesante.

Si observamos los resultados obtenidos y volviendo a considerar que solo 8 (7 evaluables) de los que empezaron han finalizado y que de partida estos tenían mejores calificaciones en el primer parcial:

- 6 han superado muy positivamente (nota > 5) el examen común (86%).
- 1 ha suspendido (14%).

- 2 han empeorado la nota del 2º parcial, que podrían haber sacado, si solo hubiesen sido evaluados mediante un examen (29%).
- 5 han mejorado la nota del examen (71%).

Por otra parte de los 32 que iniciaron la experiencia solamente 13 se han presentado al examen del segundo parcial y de estos solamente los 6 anteriormente comentados lo han aprobado.

Inicialmente pensábamos que los alumnos que iban a aprobar siguiendo este método eran los que podían aprobar según el método clásico y prácticamente se ha verificado.

Podemos pensar que con los resultados obtenidos en las encuestas se han mejorado aspectos como la capacidad de trabajo en equipo, capacidad de comunicación o de hablar en público, pero es muy difícil valorar estos objetivos propios del aprendizaje basado en problemas.

Indicar que nos parece que este método podría funcionar muy bien con grupos de alumnos que han cursado la misma previamente y no la han superado.

Finalmente pensamos que la experiencia ha sido muy enriquecedora, la fluidez en la comunicación con el grupo fue muy gratificante y prácticamente todos los alumnos que permanecieron en ella han superado los objetivos planteados, así que el esfuerzo realizado por los profesores y alumnos ha merecido la pena. Esta conclusión final que parece muy bonita queda supeditada a que el grupo era de voluntarios y que pudieron abandonar la experiencia cuando quisieron. Si hubiesen sido obligados a estar inmersos y a ser evaluados mediante los parámetros indicados al principio de la experiencia pedagógica el resultado habría sido muy diferente y pensamos que con resultados muy parecidos a los obtenidos por el resto de los alumnos que no han participado en la experiencia.

8. Referencias

- [1] Barel, J. (1999): «*El Aprendizaje basado en problemas: Un enfoque investigativo*». Editorial Manantial.
- [2] Coleman, D (1997): «*Groupware: Collaborative Strategies for Corporate LANs and Intranets*». Ed: Prentice Hall.
- [3] Dion, L. «But I Teach a Large Class...». <http://www.udel.edu/pbl/cte/spr96-bisc2.html>
- [4] Duch, B, Gron, S, Allen, D (2001): «*The Power of Problem-Based Learning: A Practical "How to" For Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*» Editorial Stylus Publishing.
- [5] Ping, Li. (2005): «A reconsideration of the teaching strategies in Basic Theory of Circuits». *The China Paper*

ANEXO I

Encuesta alumnos participantes en la experiencia de ABP

1. ¿Has seguido de una forma continuada el proceso de aprendizaje diferenciado? **SI** **NO**
(Si la respuesta es positiva continúe en la pregunta 2, si no continúe en la pregunta 15)
2. ¿Considera el método de trabajo seguido válido para el aprendizaje de la asignatura cursada? **SI** **NO**
3. ¿Piensa que le ha supuesto un mayor esfuerzo la consecución de los objetivos planteados mediante este método, que lo que le hubiera supuesto por el método clásico de pizarra-apuntes? **SI** **NO**
4. Cuantifíquelo:
mayor esfuerzo 1 2 3 4 5 **menor esfuerzo**
5. ¿Se ha sentido involucrado en el proceso de aprendizaje?
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
6. ¿Piensa que este método de enseñanza le ha estimulado el pensamiento crítico-creativo?
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
7. ¿Los objetivos de aprendizaje estaban bien definidos?
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
8. ¿Piensa que el sistema de evaluación utilizado es adecuado para el método de aprendizaje seguido?
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
9. ¿Cree que de alguna forma se ha mejorado su capacidad de trabajo en equipo?
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
10. ¿Animaría a otros compañeros a seguir el método de aprendizaje utilizado? **SI** **NO**
11. ¿Después de esta experiencia prefiere trabajar en grupo o de forma autónoma?
autónoma 1 2 3 4 5 **grupo**
12. ¿Cree que ha mejorado su capacidad de comunicación?
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
13. ¿Ha mejorado su capacidad de hablar en público?
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
14. ¿Hasta que punto las carencias teóricas inflúan en la resolución de problemas?
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
15. ¿Cuántas horas has utilizado aproximadamente para preparar la asignatura?
de 20 a 40 **40 a 60** **60 a 80** **80 a 100** **más de 100**
16. Escriba lo que modificaría sobre:
El método de enseñanza.....
Las clases tutorizadas
Las clases de problemas.....
La evaluación.....
17. El método utilizado se adecua a la asignatura
poco 1 2 3 4 5 **mucho**
18. Le parece que el proceso de aprendizaje es lento
lento 1 2 3 4 5 **rápido**
19. Le parece que la evaluación es la adecuada
poco 1 2 3 4 5 **idónea**
20. Cree que con un proceso clásico de aprendizaje es más cómodo aprobar
más cómodo 1 2 3 4 5 **menos**
21. Añada los comentarios que desee sobre la experiencia realizada.