



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Autores:

Jesús Letosa Fleta (jletosa@unizar.es).
Antonio Usón Sardaña (auson@unizar.es).
Jesús Sergio Artal Sevil (jsartal@unizar.es).
Miguel Samplón Chalmeta (msamplon@unizar.es)
Joaquín Mur Amada (joako@unizar.es).
Carlos Fuertes Torre (cafuerte@unizar.es)

*Departamento de Ingeniería Eléctrica
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial
María de Luna 3. Ed. Torres Quevedo*

TÍTULO

Continuación de los ensayos de una metodología activa para la enseñanza de un curso básico de Electricidad y Magnetismo para ingenieros. Aplicación a varias titulaciones

Resumen:

El experimento de innovación docente que se presenta en este documento se ha ensayado durante el curso 2007-2008 en dos asignaturas afines de primer curso. Una pertenece a la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica Industrial y la otra asignatura a la especialidad Electricidad. Tiene como precedente ensayos similares realizados en los dos cursos anteriores.

Consiste en comparar los resultados académicos obtenidos al utilizar distintos procedimientos de enseñanza-aprendizaje para impartir la misma materia. Para ello se parte de una asignatura con tres grupos de docencia y la otra con dos. Un grupo de cada especialidad se toma como referencia y en él se sigue el procedimiento de cursos anteriores (enseñanza de la teoría y problemas basada fundamentalmente en clases magistrales). En los otros grupos se cambia el procedimiento de enseñanza/aprendizaje por otro activo y cooperativo.

Además, en la especialidad eléctrica, se ha modificado también el procedimiento para impartir las prácticas de laboratorio, dándoles un mayor peso en la evaluación y, a cambio, exigiendo una mayor participación de los estudiantes.

En los resultados obtenidos, en cuanto a número de aprobados de la convocatoria, el porcentaje de aprobados de los grupos con el nuevo procedimiento es muy similar a los

aprobados en los grupos de referencia, y lo mismo ocurre cuando se compara el porcentaje de aprobados en un examen de conocimientos común.

Se requieren más pruebas para establecer las posibles ventajas de este tipo de docencia en el contexto que nos ocupa, así como la constatación objetiva de las aptitudes transversales que se adquieren.

Sí que parece clara la preferencia de los estudiantes por procedimientos de enseñanza-aprendizaje más flexibles, más participativos y con evaluación continua, a pesar de que su impresión es que les exige más dedicación que en un procedimiento convencional.

Respecto a la labor docente del profesor, el número de horas dedicadas a la preparación de material, tutorías, etc. por hora presencial en los grupos con nuevos procedimientos es muy alto incluso tratándose de profesores muy experimentados. Por otra parte, se suavizan aspectos de asistencia, disciplina y orden en clase que habían empeorado en algunos grupos desde hacía varios cursos, y se le asigna a cada estudiante una mayor responsabilidad en su aprendizaje.

Palabras clave: metodología activa, aprendizaje cooperativo, comparación procedimientos enseñanza-aprendizaje

1. Introducción

Una de las grandes oportunidades de la implantación del programa de Convergencia Europea de la Educación Superior, al que están adscritos 27 países europeos, es la de ensayar cambios en la estructura y en la metodología del proceso de enseñanza/aprendizaje. Así, aunque la legislación y acuerdos que hasta el momento se conocen entre las universidades españolas y el gobierno no apuntan en la dirección de grandes cambios metodológicos, están en marcha muchos Proyectos Piloto para ensayar los nuevos procedimientos en nuestra universidad y otras.

En esta línea hemos realizado en los dos cursos anteriores ensayos encaminados a comparar las posibilidades de los procedimientos de enseñanza activa/cooperativa frente a los utilizados tradicionalmente en la universidad española [1].

Los resultados obtenidos en los ensayos anteriores no fueron concluyentes por lo que hemos creído interesante continuar la comparación entre procedimientos, con el fin de incrementar los datos sobre las posibilidades didácticas del procedimiento ensayado y su potencialidad en la mejora de los resultados del aprendizaje.

Para este ensayo se parte de tres grupos de docencia, en la especialidad electrónica, y dos grupos en la especialidad eléctrica cuyos alumnos deben aprender unos contenidos comunes en cada especialidad. En uno de los grupos, de cada especialidad, se mantendrá el procedimiento docente, basado en clases magistrales, que servirá como referencia. En los otros grupos se cambiará la metodología docente, realizando en clase procedimientos activos (aprendizaje cooperativo, etc.) cuyas actividades evaluadas se asociarán a un porcentaje de la nota final. Todos los grupos de cada especialidad se someterán a un examen común, cuya calificación tendrá un peso distinto en la nota final en función del procedimiento seguido y que permitirá comparar los resultados alcanzados con las distintas metodologías.

2. Descripción del procedimiento de enseñanza/aprendizaje ensayado

En este apartado describiremos brevemente el procedimiento empleado en las asignaturas de Electricidad y Electrometría, de la especialidad Electrónica Industrial y en la asignatura Electricidad y Magnetismo, de la especialidad Electricidad. Ambas asignaturas son de primer curso. La primera tiene tres grupos de docencia con 170 alumnos matriculados en total. La segunda tiene dos grupos de docencia con 176 alumnos matriculados. Un grupo de cada especialidad queda como referencia, utilizando un procedimiento docente convencional, y en el resto se aplica la innovación propuesta.

2.1. Descripción del experimento de innovación realizado en el aula

Aquí detallaremos los aspectos más relevantes del procedimiento ensayado.

2.1.1. Contexto

El experimento se ha realizado para dos asignaturas de primer curso de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, de dos especialidades distintas. Las dos asignaturas, con sus diferencias de créditos, son esencialmente cursos básicos de electromagnetismo para estudiantes de ingeniería, con muy ligeras variaciones en sus contenidos.

En la especialidad Electrónica Industrial, la asignatura que nos ocupa se denomina “Electricidad y Electrometría”. Dentro del actual Plan de Estudios es una asignatura anual obligatoria con 13,5 créditos. En el tiempo previsto para la actividad hay programadas 120 horas de clase y siete sesiones de prácticas de laboratorio de dos horas cada una. Con el fin de comparar el procedimiento tradicional y el nuevo se ha realizado la siguiente división de grupos: Uno de los grupos de la mañana (G 72) sigue con el procedimiento de años anteriores (clases magistrales) con un solo profesor dedicado a ellas. En los otros dos grupos, uno de mañana (G 71) y otro de tarde (G 73) se cambió el procedimiento de enseñanza/aprendizaje, reduciendo las clases magistrales y dedicando el resto del tiempo de clase a realizar diversas actividades con procedimientos activos y cooperativos.

En la especialidad Electricidad, la asignatura que nos ocupa se denomina “Electricidad y Magnetismo”. Dentro del actual Plan de Estudios es una asignatura anual obligatoria con 10,5 créditos. En el tiempo previsto para la actividad hay programadas 90 horas de clase y siete sesiones de prácticas de laboratorio de dos horas cada una. Con el fin de comparar el procedimiento tradicional y el nuevo se ha realizado la siguiente división de grupos: El grupo de la mañana (G 40) sigue con el procedimiento de años anteriores (clases magistrales) con un solo profesor dedicado a ellas. El grupo de la tarde (G 41) sigue el nuevo procedimiento. En este grupo además se ensayó un nuevo procedimiento para la realización de las prácticas.

Al principio de cada asignatura se propuso a los estudiantes que se cambiasen al grupo que más les interesase en cuanto al procedimiento docente a seguir. En los primeros días de clase, a los alumnos de los grupos en los que se implantó el nuevo procedimiento se les pidió una ficha de inscripción. Tras este proceso la distribución de estudiantes quedó del siguiente modo (tabla 1 y 2).

La responsabilidad del grupo de docencia convencional en la especialidad Electricidad fue de 3 horas a la semana, docencia impartida por un profesor titular de escuela universitaria. Otro profesor funcionario con dedicación a tiempo completo impartió la docencia (4 horas a la semana) en el grupo 72 de procedimiento tradicional de la

especialidad Electrónica Industrial. La responsabilidad docente en los grupos de innovación (71, 73 y 41) fue de 11 horas semanales, cubiertas por dos profesores titulares de escuela universitaria.

Para la impartición de las clases magistrales en la especialidad de Electrónica Industrial (grupo 72) se utilizaron obviamente los mismos contenidos que en los otros dos grupos, así como la misma orientación en el desarrollo de los mismos, motivando desde el principio cada bloque temático mediante una aplicación práctica (estudio de un condensador, estudio de un circuito eléctrico...) y desarrollando en torno a ellos todo el contenido teórico. Las clases contaron además con el apoyo de experimentos de cátedra.

Grupo	Nº inscritos	Nº alumnos en clase 1 ^{eras} semanas	% alumnos en clase	Nº alumnos en clases finales 2º parc.	% alumnos en clase
G 72 (Referencia.)	81	40	49	20	25
G 71 (Nuevo proced.)	50	43	86	39	78
G 73 (Nuevo proced.)	39	30	77	22	56
Total	170	113	66	81	48

Tabla 1: Asistencia a clase en los tres grupos de la especialidad Electrónica Industrial.

Grupo	Nº inscritos	Nº alumnos en clase 1 ^{eras} semanas	% alumnos en clase	Nº alumnos en clases finales 2º parc.	% alumnos en clase
G 40 (Referencia.)	116	55	49	20	17
G 41 (Nuevo proced.)	60	57	95	54	90
Total	176	112	64	74	42

Tabla 2: Asistencia a clase en los dos grupos de la especialidad Electricidad.

El número de alumnos que se matriculan por primera vez en la asignatura Electricidad y Electrometría es de 97 (57 %) frente a los 73 (43 %) que repiten la asignatura. En la asignatura de Electricidad y Magnetismo se matriculan por primera vez 97 (55 %) y repiten la matrícula 79 (45 %).

2.1.2. Descripción del nuevo procedimiento de enseñanza-aprendizaje

En los años anteriores, hasta el segundo parcial del curso académico 2005-2006, se utilizó un procedimiento de enseñanza-aprendizaje basado en la clase magistral, en el que las horas de clase se empleaban en exposiciones magistrales de la teoría y en exposiciones magistrales de problemas en las que se administraban pequeñas fracciones del tiempo de clase para que el estudiante pensase algunos puntos concretos del problema y respondiese a preguntas del profesor. El procedimiento se apoyaba en abundantes recursos multimedia y explicaciones interactivas incluidas en el Anillo Digital Docente de nuestra Universidad. También se ofertaban a los estudiantes talleres voluntarios para la realización de problemas (empleando horas de tutorías de los profesores) y se hacían demostraciones en clase de las partes más significativas de la teoría. Pueden verse detalles sobre los procedimientos y material utilizado en www.unizar.es/icee04.

En el experimento que nos ocupa, iniciado en el segundo parcial del curso 2005/2006, se propone realizar en los grupos de prueba un cambio importante en el procedimiento de enseñanza/aprendizaje, manteniéndolo inalterado en el grupo de referencia.

En los tres grupos se **mantienen los mismos objetivos de aprendizaje de conocimientos**, que se evaluarán en un examen común, aunque a los estudiantes que se acogen al nuevo procedimiento se les ofrece un “menú” especial de evaluación en el que se tiene en cuenta los resultados de sus actividades en clase.

El **cambio** consiste en introducir **metodologías activas** en clase. Las metodologías utilizadas son: el **aprendizaje tipo puzzle**¹; la **resolución activa**, paso a paso, de **problemas tipo**; la **resolución** en clase de **preguntas de teoría tipo test o preguntas cortas**. Estas técnicas de aprendizaje se combinan con **frecuentes pruebas de evaluación** de los contenidos y del trabajo desarrollado, **realizadas en grupo e individualmente** [2].

En cuanto al procedimiento a seguir, al comienzo del curso se explicaron a los estudiantes los principios básicos de las nuevas actividades a realizar en clase que, en esencia, pueden resumirse así:

En primer lugar se dividen los estudiantes en grupos de trabajo de tres personas y la materia de clase en varias unidades didácticas. En este caso se han dividido en siete unidades. La primera unidad no se evalúa para dar tiempo a que se constituyan los grupos de trabajo y para poder explicar poco a poco los distintos elementos del procedimiento.

En la **primera sesión** de clase de **cada unidad** se reparte el **cronograma** de las **actividades** a realizar en el **aula**, así como la planificación de las actividades que cada estudiante debería realizar **fuera del aula**. En este cronograma hay una previsión de horas de estudio **coherente** con el nuevo **sistema de créditos ECTS**.

Se facilitan **apuntes detallados sobre la teoría** a los estudiantes, con la idea de que tengan un material escrito equivalente al que pudieran haber tomado en las clases magistrales.

Cada sesión de clase tiene asociado un **entregable** que previamente se ha dado al estudiante en el que se le pide que realice un **trabajo previo a la asistencia a clase**. Lectura de partes de la teoría, respuesta a preguntas cortas sobre la teoría estudiada y resolución de problemas. El material de los entregables se utilizará en clase para su trabajo en grupo, siguiendo técnicas cooperativas y activas. Cuando el número de estudiantes en clase lo permitía, se tenía en cuenta si el estudiante había realizado o no el trabajo previo para incentivarlo.

Una novedad incorporada este curso en los grupos de nuevo procedimiento fueron las sesiones de **clases magistrales bajo petición** de los estudiantes. En cada unidad se pasaba a los estudiantes una o dos veces (dependiendo de la duración y dificultad de la unidad) **fichas de inscripción a clase magistral**. En ellas debían poner su nombre y los tópicos que les interesaría ver en la clase. Si una mayoría de los asistentes a clase de actividades pedían la clase magistral esta se realizaba en la siguiente sesión; en caso

¹ El aprendizaje tipo puzzle consiste en fraccionar la teoría o problema que se quiere resolver en varias partes, encargando una a cada uno de los miembros de un grupo de trabajo. Una vez que cada miembro del grupo ha resuelto su parte hay una fase de discusión con otros compañeros que han trabajado en el mismo asunto (sesiones de expertos). Por último, en una reunión del grupo de trabajo se explican mutuamente cada una de las partes preparadas, de forma que todos acaban conociendo el conjunto.

contrario se continuaba con las actividades remitiendo a los estudiantes interesados a tutorías. **Al final de cada clase magistral** (40 minutos) se realizaba un **test de comprensión obligatorio** (10 minutos) de la materia vista en la clase **que se evaluaba** y daba un pequeño porcentaje de nota positiva o negativa en función de la calificación obtenida. Todo estudiante que se había inscrito para la clase magistral y al final no asistía, recibía un cero en el test final de comprensión de la clase, lo que constituía una nota negativa o penalización. Estas **clases magistrales bajo pedido** han resultado ser un instrumento pedagógico muy interesante, ya que fueron **muy bien aprovechadas** por los asistentes y dieron lugar a una dinámica distinta en cada uno de los grupos de innovación. Así el G 41 aceptó todas las clases magistrales que se le propusieron y prácticamente todos los asistentes a las actividades se apuntaron a ellas. El G 71 aceptó unas pocas clases en el primer parcial (unas 8 horas) y prácticamente ninguna en el segundo parcial (2 h) y el G 73 no quiso ninguna hora de clase magistral.

El grupo 73 es el primer grupo de nuestra Escuela al que se le imparte esta asignatura sin necesidad de clases magistrales, sin que los resultados objetivos sean peores que en el resto de los grupos.

En la tabla 3 se muestran los resultados resumidos obtenidos en las clases magistrales impartidas al grupo 41 de la especialidad Electricidad. Los tests propuestos al final de cada clase magistral eran similares a los realizados en la evaluación de la teoría de cada unidad que debía resolverse por grupo, y suponían un 10% de la nota final de teoría de cada estudiante.

Grupo	Nº de clases magistrales	Promedio de alumnos asistentes	% alumnos que siguen el procedimiento y asisten a la clase magistral	Nota media test obligatorio
41	9	48	84	4,97

Tabla 3: Resultado clases magistrales bajo petición en el grupo de la especialidad Electricidad.

Sesiones de aprendizaje de la teoría. Para apoyar el aprendizaje de la teoría se proponen sesiones de clase en las que se realizan diversas actividades: resolución, mediante el método del puzzle de pequeños problemas tipo; resolución secuencial y activa de problemas tipo, resolución de preguntas tipo test.

Sesiones de aprendizaje de problemas. Clase en la que se proponen una serie de problemas para resolver mediante aprendizaje cooperativo. En algunas ocasiones, se les recogía el trabajo realizado sin previo aviso y se evaluaba. Al final de curso, la parte evaluada consistía en repetir el mismo ejercicio al que se le añadía o cambiaba un apartado, aumentando algo su dificultad o complejidad, lo que suponía un avance en el aprendizaje. La nota de esa actividad nunca hacía descender la nota de la unidad, ya que en caso contrario hubiese supuesto una desventaja frente a los estudiantes que no asistían a la actividad.

Una **sesión de aprendizaje cooperativo de problemas, evaluada**, por unidad didáctica dedicada a realizar y resolver problemas mediante el método descrito. En ella los

estudiantes, en grupos de tres personas, deberán resolver tres problemas. Al final deben dar la solución en un cuestionario sobre los problemas. En la última media hora, cada alumno individualmente debe resolver, por escrito, uno de los problemas que le explicaron sus compañeros y que es seleccionado por el profesor.

Sesión de evaluación de la teoría. La teoría de cada unidad se evalúa planteando un test a cada grupo de trabajo, cuya resolución les dará una nota global. Además los estudiantes de los tres grupos pueden acceder a otra calificación adicional sobre la teoría realizando el test individual de cada clase magistral.

Prácticas de laboratorio en el grupo 41 de la especialidad Electricidad.

Aplicando un procedimiento más activo y cooperativo, a los estudiantes de la especialidad eléctrica (G 41) se les propuso seguir, de forma voluntaria, un sistema que exigía más al estudiante pero a cambio permitía obtener un 30 % de la nota, en vez del 10 % que se consigue con el procedimiento habitual. Basándonos en las prácticas que se realizan en el resto de los grupos se les propuso que los mismos grupos que trabajaban las actividades de clase serían grupos de prácticas. Cada componente del grupo tenía asignada una responsabilidad en el laboratorio (instrumentación, resultados teóricos para comparar e informe de resultado). En los últimos 15 minutos de cada sesión de prácticas se elegía, al azar, a uno de los tres miembros del equipo de prácticas que debía realizar individualmente uno de los apartados de la práctica. El resultado de esta prueba se evaluaba y daba nota a todos los integrantes del grupo. Al final de las prácticas de un parcial, cada estudiante individualmente debía someterse a un examen sobre las prácticas realizadas, consistente en realizar varios puntos seleccionados. Además cada grupo de prácticas tenía que hacer un pequeño trabajo experimental que presentaba al profesor al final de cada parcial. La nota de prácticas se conformaba con las tres notas obtenidas: la prueba al final de cada práctica (30%), la prueba individual del parcial (40%) y la nota del trabajo experimental (30%).

2.1.3. Método de evaluación propuesto

A los estudiantes, de la especialidad electrónica (G 71 y G 73) que se inscribieron al nuevo procedimiento se les propuso componer su nota de **teoría/problemas** del siguiente modo:

- 60 % de la nota de teoría/problemas está asociado a las **actividades** de aprendizaje cooperativo realizadas en **clase**.
- El 40 % restante de la nota está asociado a un **examen común a todos los grupos**.

Los estudiantes del grupo convencional obtenían el **100 %** de la **nota** de teoría/problemas mediante el **examen común**. Los estudiantes podían elegir libremente el grupo en función de su afinidad con el procedimiento seguido. Por último, se obtiene la **nota final** de los estudiantes de todos los grupos, ponderando un **90 % la nota de teoría/problemas con un 10 % de la nota de las prácticas de laboratorio**.

A los estudiantes de la especialidad eléctrica (G 41) se les hizo la siguiente propuesta de evaluación.

- 40 % de la nota final de la asignatura está asociado a las **actividades** de aprendizaje cooperativo realizadas en **clase**.

- 30 % de la nota final asociado a la realización de las **prácticas de laboratorio** con un nuevo procedimiento, que implica mayor participación.
- El 30 % restante de la nota está asociado a un **examen común a todos los grupos**.

De esta forma, un estudiante que se inscribió en el G71 o G73 y ha seguido todas las actividades propuestas en clase fía un 40 % de su nota al examen común, y un alumno del G 41 que sigue el procedimiento completo un 30 %. El resto de la nota la obtiene a partir de las calificaciones de diversas pruebas, propuestas durante el desarrollo de las clases (en total se **tienen más de 20 notas parciales de cada estudiante**). Como puede observarse este procedimiento de evaluación es prácticamente una **evaluación continua**. Por último, conviene indicar que se ofrecieron **planes de recuperación** para las distintas actividades realizadas en clase.

Para evitar que los estudiantes pudiesen aprobar la asignatura obteniendo una nota muy baja en el examen común (circunstancia observada en el curso pasado), en este curso se exigió que la nota del examen fuese igual o superior a **cuatro** (sobre 10) como **restricción** para promediar las notas obtenidas en las actividades de clase con la del examen.

2.2. Resultados

Aquí se muestran los cálculos realizados para obtener la carga de trabajo que corresponde a los estudiantes para las asignaturas que nos ocupa y el tiempo de profesor requerido para su explicación según el procedimiento propuesto. También reseñamos las opiniones de los estudiantes, tomadas a partir de encuestas. Por último, comparamos los resultados académicos obtenidos. Con todos estos datos se analiza y evalúa el procedimiento ensayado.

2.2.1. Valoración de la carga docente a los estudiantes

Para planificar las actividades relacionadas con las asignaturas en el experimento que nos ocupa, se ha tenido en cuenta su adecuación a las cargas previstas en los nuevos créditos ECTS. Los cálculos se han hecho del siguiente modo:

La asignatura Electricidad y Electrometría es anual, y en el Plan de Estudios actual es de carácter obligatorio con **13,5 créditos**. Para calcular la carga de trabajo que corresponde a los estudiantes, de acuerdo a los nuevos criterios de Bolonia, se realiza la siguiente conversión:

Usando los criterios habituales en los documentos de convergencia europea, son **exigibles** al estudiante **1600 h de trabajo por año**. Revisando el **plan** de estudios **actual** en el que se ubica la asignatura se deduce que el número de créditos promedio por año es de **83 créditos/año**. Utilizando este valor obtenemos que **cada crédito actual** debe suponer una **carga de trabajo al alumno** de $1600/83 = 19,2$ horas. (en los documentos que se usan actualmente se admiten hasta 25 horas de trabajo del estudiante por crédito ECTS). Por tanto, para superar los 13,5 créditos actuales que corresponden a este caso son exigibles $13,5 \times 19,2 = 260$ horas de trabajo a los estudiantes según el nuevo sistema de cargas docentes. Si queremos convertir la asignatura a **créditos del nuevo sistema** podemos hacer la conversión teniendo en cuenta que un curso en el nuevo sistema serán 60 créditos. Por tanto los créditos que le corresponden a la parte que nos ocupa son $13,5 \times (60/83) \approx 10$ **créditos ECTS**.

La asignatura Electricidad y Magnetismo es anual, y en el Plan de Estudios actual es de carácter obligatorio con **10,5 créditos**. Usando los criterios habituales en los documentos de convergencia europea, son **exigibles** al estudiante **1600 h de trabajo por año**. Revisando el **plan** de estudios **actual** en el que se ubica la asignatura se deduce que el número de créditos promedio por año es de **79 créditos/año**. Utilizando este valor obtenemos que **cada crédito actual** debe suponer una **carga de trabajo al alumno** de $1600/79 = 20,2$ horas. Por tanto, para superar los 10,5 créditos actuales que corresponden a este caso son exigibles $10,5 \times 20,2 = 212$ horas de trabajo a los estudiantes según el nuevo sistema de cargas docentes. Los créditos que le corresponden a la parte que nos ocupa son $10,5 \times (60/79) \approx 8$ créditos ECTS.

2.2.2. Valoración de la carga de trabajo del profesor

En este apartado se valorará el tiempo de profesor necesario para preparar las exposiciones y actividades de las clases presenciales que se realizan con todo el grupo junto, es decir las que en el POD (plan de ordenación docente) se tratan como clases de teoría y prácticas tipo I. Para preparar los materiales del nuevo procedimiento y ejecutar las clases, en los tres grupos involucrados, han intervenido dos profesores. Uno ha preparado los materiales de la asignatura Electricidad y Electrometría y el otro los de Electricidad y Magnetismo. Hay que decir que no se partía de cero sino de abundantes materiales de los años anteriores en los que los profesores han dado la asignatura. **Crear todos los materiales utilizados, en un solo curso, por un nuevo profesor que partiese de cero lo consideramos inviable y en todo caso requeriría al menos el doble de tiempo.**

En las tablas 4 y 5 se muestra el tiempo dedicado por uno de los profesores que han intervenido en el proyecto a cada una de las actividades docentes necesarias para la preparación de los materiales de trabajo, así como para la evaluación de los estudiantes de los dos grupos de la asignatura Electricidad y Electrometría. También se incluye el tiempo dedicado a la ejecución de las clases en uno de los grupos. **Con los tiempos reseñados** en esas tablas el profesor cubre **120 horas** de su encargo docente.

Del análisis de las tablas referidas podemos obtener algunas conclusiones interesantes para la **planificación del encargo docente** asociado con estos nuevos procedimientos.

Para el cálculo del tiempo de profesor necesario para la impartición, en condiciones de máxima calidad, de la docencia asignada es necesario considerar una serie de aspectos entre los que cabe destacar los siguientes:

- Número de créditos ECTS.
- Número de grupos en los un profesor imparte la misma materia.
- Número de años que el profesor al que se encarga la asignatura lleva trabajando en ella.
- Volumen de materiales que deben desarrollarse.
- Número de estudiantes.

No haremos aquí un intento de análisis de cómo esos factores afectan a la hora de obtener una fórmula para estimar la dedicación del profesor. Simplemente queremos dejar por escrito algunas consideraciones.

De nuestra experiencia del curso anterior y de éste hemos obtenido que, para la corrección de las **actividades de clase** en el método nuevo propuesto, el trabajo de

profesor es de aproximadamente **45 minutos/alumno por cuatrimestre** (este año solo han sido necesarios 30 minutos por cuatrimestre y alumno). Para la preparación y corrección de los **exámenes** parciales, junio, julio y septiembre son necesarios unos **75 minutos/alumno**.

	Previos	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4		Total
Prep Doc. de presentación	7						7
Prep.de material clases		6,5	43	44	35		128,5
							0
Corrección Actividades Clase			5	7,5	5,5		18
Pasar notas de act clase			5	5,5	3		13,5
Clases presen(G 71, 73 y 41)	5	12	16	20	5		58
Encuestas (dos)			5		3		8
Talleres				4			4
Tutorías		3	4	2	1		10
							0
Prep mat Practicas PID	25						25
Supervisión Pract PID	6						6
Corección practicas PID	3						3
Examen practicas PID	7						7
Total (horas dedicadas)	53	21,5	78	83	52,5	0	288

Exámenes comunes a los tres grupos	Preparar	Vigilar	Corrección	Reunión no	Análisis re	Revisión ex	Total
Primer parcial	5,5	4	9	6	4	1,5	30

Tabla 4: Detalle de los tiempos de profesor utilizados en las distintas tareas docentes llevadas a cabo para la asignatura de Electricidad y Electrometría en el primer cuatrimestre.

	Previos	Unidad 5	Unidad 6	Unidad 7			Total
Prep Doc. de presentación							0
Prep.de material clases		59	76	48			183
							0
Corrección Actividades Clase		8,5	8,5	6			23
Pasar notas de act clase		5	7	5			17
Clases presen(G 71, 73 y 41)		20	23	12			55
Encuestas (una)				5,5			5,5
Talleres							0
Tutorías		0,5	9	13			22,5
							0
Prep mat Practicas PID	17,5						17,5
Supervisión Pract PID	7						7
Corección practicas PID	1,5						1,5
Examen practicas PID	7						7
Total (horas dedicadas)	33	93	123,5	89,5	0	0	339

Exámenes comunes a los tres grupos	Preparar	Vigilar	Corrección-Pas	Reunión no	Análisis r	Revisión ex	Total
Segundo parc y 1ª Conv	5	4	7,5	10	8	3,5	38
2ª Convoc	12	4	8,5	2	2	3	31,5

Tabla 5: Detalle de los tiempos de profesor utilizados en las distintas tareas docentes llevadas a cabo para la asignatura de Electricidad y Electrometría en el segundo cuatrimestre.

Un resumen de la dedicación empleada en cada cuatrimestre para la preparación de la asignatura Electricidad y Electrometría y su porcentaje respecto a las horas presenciales asignadas puede verse en la tabla 6.

Primer cuatrimestre			Segundo cuatrimestre		
		% E			% E
Horas de enseñanza E	60		Horas de enseñanza E	60	
Preparación	135,5	226	Preparación	183	305
Tutorías	14	23	Tutorías	22,5	38
Evaluación actividades en clase	39,5	66	Evaluación actividades en clase	45,5	76
Prácticas PID	41	68	Prácticas PID	33	55
Evaluación examen parcial	30	50	Evaluación examen parcial	69,5	116
Total	318	530	Total	408,5	681

Tabla 6: Encargo docente por cuatrimestre para impartir un grupo de teoría de la asignatura Electricidad y Electrometría usando el nuevo procedimiento docente descrito aquí (no se han considerado las horas de los grupos de prácticas). Son datos obtenidos para un profesor con larga experiencia en la impartición de esa asignatura.

El profesor responsable de preparar por primera vez el material de la asignatura Electricidad y Magnetismo dedicó un total de **450 horas** a las **actividades docentes durante el primer cuatrimestre**. Si se le restan las 79 horas empleadas en la docencia presencial de las asignaturas, se concluye que dedicó 371 horas a la preparación de material, tutorías, evaluación de actividades en clase, prácticas PID y evaluación del examen parcial, todo ello correspondiente a la asignatura de 10,5 créditos (90 horas de clase + 14 horas de prácticas). Este número de horas puede extrapolarse a la dedicación del segundo cuatrimestre, y supone una relación de **7 horas de trabajo por hora de enseñanza presencial**.

El **tiempo dedicado** en la preparación, ejecución y evaluación de la docencia correspondiente a esta asignatura por parte de los profesores implicados ha sido **superior al utilizado en años anteriores en otros proyectos de innovación docente**, siendo este el **tercer año de implantación**. Ello se debe a la **mayor intensidad** con que se ha aplicado, que ha requerido una renovación amplia de los materiales a utilizar en clase.

La optimización del tiempo en función del número de años que se repite el procedimiento puede estimarse comparando los datos de la tabla 6 con los datos de dedicación obtenidos para la ejecución del procedimiento en los años anteriores [3] [4]. Así, el número de horas de profesor por hora presencial necesarias en función del número de veces que se repite el procedimiento en los diferentes cuatrimestres arroja el siguiente resultado:

Número de veces que el profesor ha ejecutado el procedimiento	1	2	3	4	5
Horas de profesor por hora presencial	5,9	4,8	3,8	5,3	6,8

Tabla 7: Horas de profesor empleadas en la asignatura de Electricidad y Electrometría en función del número de veces que se ha repetido el procedimiento.

Del análisis de la tabla anterior y con vistas a la implantación de un procedimiento como el descrito aquí, se observa que el coste de profesor es elevado y que para que sea sostenible por los profesores que se encarguen de ellos es necesario combinar su encargo docente con otras actividades que, o bien impliquen repetir las clases preparadas varias veces, o sean prácticas sencillas que no le requieran preparación previa. También es posible asignar a varios profesores la preparación de una misma asignatura cuando tiene varios grupos involucrados.

Los tiempos indicados en tablas 4, 5 y 6 son **tiempos netos medidos**. A efectos de planificación habría que **incrementarlos en un 10 %** para tener en cuenta los tiempos habituales de descanso en una jornada laboral. También hay que tener en cuenta que han sido tomados para profesores con amplia experiencia en la impartición de la asignatura, y que, en consecuencia, ya disponían de abundante material y de apuntes preparados para la docencia de la asignatura. Se entiende que **para profesores con menos de cinco años de experiencia** en la docencia de una asignatura habría que multiplicar por un **factor corrector k** el tiempo de preparación.

Por último, un comentario respecto al encargo docente. Utilizando criterios parecidos a los vistos para los estudiantes puede calcularse una carga máxima de trabajo anual para **el profesor de 1700 h/año**. Teniendo en cuenta que en los documentos de plantilla que utiliza la Universidad de Zaragoza se prevé que un tercio de la jornada del profesor debe dedicarse a tareas de investigación, y que parece razonable reservar un 20 % adicional para las tareas de formación, gestión de la docencia y de la investigación, innovación docente, etc., las **tareas relacionadas directamente con la docencia no debieran superar las 850 h/año de dedicación**. Una **dedicación actual** de profesor de Escuela Universitaria a tiempo completo es de **300 h de POD**. Esto implica que la dedicación por hora de POD adecuada es de $850/300 = 2,8$ **h de dedicación/hora de POD**. La **dedicación** de los **profesores** que han participado en **este proyecto** ha sido de **6 -7 horas por hora de POD de la asignatura que nos ocupa**. La dedicación adecuada puede conseguirse por una combinación de repetición de grupos de teoría y grupos de prácticas que, en nuestro caso requieren muchas menos horas de preparación.

No parece conveniente encargar a profesores noveles la implantación de nuevos procedimientos como los descritos aquí, ya que el tener que dedicar un esfuerzo muy importante tanto en la preparación de los contenidos como en a la creación de los nuevos materiales, puede desbordar su capacidad de trabajo.

2.2.3. Valoración de las opiniones de los estudiantes

Después de 6 semanas de trabajo se hizo una encuesta a los estudiantes de los tres grupos experimentales para recabar su opinión sobre las actividades realizadas en clase. Contestaron 57 estudiantes de la especialidad electrónicos (64 % de los inscritos) y 57 de la especialidad eléctricos (95 % de los inscritos). En resumen los resultados fueron los siguientes:

- Un 70 % de los electrónicos y un 55 % de los eléctricos dicen que el método propuesto para estudiar la teoría les parece bien o muy bien.
- El grado de satisfacción global con la asignatura hasta el momento es suficiente (un 25 % en el G 71, un 43 % en G 73 y un 21 % en G 41 dicen que su satisfacción es grande o muy grande.)
- El 42 % del G 71, el 71 % en G 73 y el 77 % en G 41 opina que el método activo seguido en esta asignatura es mejor o mucho mejor que el tradicional seguido en otras asignaturas.

- El 75 % del G 71, un 48 % en G 73 y un 54 % en G 41 dice que tiene que hacer un esfuerzo mayor con este procedimiento que con el convencional.
- El 50 % del G 71, un 70 % en G 73 y un 45 % en G 41 dice que aprovecha igual o mejor en este procedimiento respecto al convencional.
- A la pregunta sobre el tiempo de estudio que realmente han empleado respecto a planificado responden con una distribución centrada en el tiempo nominal ligeramente desplazada hacia el exceso, con lo que se valida aproximadamente el tiempo planificado para las actividades.

En los tres últimos cursos la EUITIZ ha realizado estudios para computar el tiempo de trabajo de los estudiantes, en créditos ECTS, para la preparación de las asignaturas. Los datos para dichos estudios se obtienen por medio de encuestas semanales realizadas a los estudiantes. El curso 2005-06 se evaluaron las asignaturas impartidas en 2º cuatrimestre del primer curso, de las 5 titulaciones, y el curso 2006-07 las asignaturas impartidas en el segundo cuatrimestre de los 3 cursos, de las 5 titulaciones. Los informes con los resultados se encuentran en la página web <http://www.unizar.es/euitiz/ees/ees.htm>.

Durante el primer cuatrimestre del curso 2007-2008 se han estudiado las asignaturas impartidas en el primer cuatrimestre de los 3 cursos, de las 5 titulaciones. El resultado de estas encuestas por asignaturas y grupos ha sido el siguiente:

Grupo	71	72	73	40	41
Dedicación semanal media (horas)	7,61	7,67	7,05	4,85	8,71

Tabla 8: Horas de estudiantes empleadas en la asignatura.

La dedicación media para los grupos de Electrónica Industrial es muy parecida y algo inferior a las 8,66 horas que les correspondería por créditos. No sucede lo mismo respecto a los grupos de la especialidad de Electricidad, donde los estudiantes del nuevo procedimiento dedican bastante más tiempo que la de sus compañeros del grupo convencional (G40). La media semanal de dedicación oficial es de 7 horas. La mayor dedicación del grupo 41 parece justificada por el número de actividades que contenía el procedimiento al hacerlo extensivo a las prácticas de laboratorio, pero la menor dedicación del grupo 40 no tiene una explicación sencilla. Como posible causa podemos pensar en la labor personal del profesor responsable de ese grupo, ajeno totalmente a actividades de innovación docente como la planteada en este proyecto.

- Tras una sesión de aprendizaje cooperativo de problemas, aproximadamente el 80 % en todos los grupos dice entender bastante o más el problema que se les ha encargado. En un porcentaje similar dicen entender los problemas que les explican sus compañeros. Si repasan en casa los problemas de la sesión el 90 % dice entenderlos bien. Cuando intentan resolver problemas parecidos a los hechos en clase fuera de ésta, el 25 % de ellos son capaces de resolver poco o nada.
- Respecto a las clases magistrales, el 6 % del G 71, un 10 % en G 73 y ninguno en G 41 dice que son de escaso interés. Aquí hay que resaltar que pese a la respuesta de esta pregunta en G 73, este grupo no aceptó ninguna de las clases magistrales que se le ofrecieron.

- Respecto a la resolución cooperativa de preguntas tipo test en clase, en torno a 12 % las encuentran de escaso interés.
- Respecto a la resolución cooperativa de problemas el 10 % las encuentran de escaso interés.
- Respecto a los tiempos programados para las actividades en clase sólo el 15 % considera que han sido insuficientes o muy escasos.

Tras 14 semanas de clase con el nuevo procedimiento se realizó una segunda encuesta a los estudiantes de ambos grupos y que rellenaron 45 estudiantes de la especialidad electrónicos (50 % de los inscritos) y 46 de la especialidad eléctricos (77 % de los inscritos). Los resultados se resumen así:

- El grado de satisfacción global con la asignatura mejora ligeramente respecto a la encuesta anterior (un 30 % en el G 71, un 74 % en G 73 y un 30 % en G 41 dicen que su satisfacción es grande o muy grande.)
- El 56 % del G 71, el 76 % en G 73 y el 77 % en G 41 opina que el método activo seguido en esta asignatura es mejor o mucho mejor que el tradicional seguido en otras asignaturas. Esto mejora claramente los resultados de la anterior encuesta
- El 55 % del G 71, un 63 % en G 73 y un 28 % en G 41 dice que tiene que hacer un esfuerzo mayor con este procedimiento que con el convencional.
- En cuanto al aprovechamiento de las clases, en torno a un 80 % de los estudiantes encuestados afirma que el aprovechamiento de las clases es mayor o mucho mayor con este procedimiento.
- A la pregunta sobre el tiempo de estudio que realmente han empleado respecto a planificado, responden con una distribución escorada hacia el exceso, lo que puede indicar que el tiempo planificado para las actividades es algo escaso.
- Respecto a las clases magistrales, menos del 10 % en G 71 y G 41 dicen que son de escaso interés, mientras que en el G 73 se eleva al 35 %.
- Respecto a los tiempos programados para las actividades en clase, el 15 % indica que han sido insuficientes o muy escasos.
- A la pregunta de si prefieren continuar el segundo cuatrimestre con un procedimiento tradicional en vez del seguido en el primer parcial, el 30 % del G 71, un 14 % en G 73 y un 9 % en G 41 preferirían continuar con un procedimiento tradicional.

La tercera encuesta se realizó en la última semana del segundo cuatrimestre y se propuso a los cinco grupos de docencia de la asignatura, tres de nuevo procedimiento y dos de tradicional. En los dos grupos del nuevo procedimiento respondieron a la encuesta 61 estudiantes de la especialidad Electrónica Industrial (dos grupos) y 54 de la especialidad Electricidad (un grupo), mientras que en los grupos convencionales de referencia respondieron en total 40 estudiantes (dos grupos, uno de Electricidad y otro de Electrónica Industrial).

- El grado de satisfacción global con la asignatura en los grupos de nuevo procedimiento mejora claramente respecto a las encuestas anteriores (un 69 % en el G 71, un 76 % en G 73 y un 76 % en G 41 dicen que su satisfacción es grande o muy grande.) El grado de satisfacción en los grupos de referencia es claramente inferior (un 50 % en G 72 y un 45 % en G 40 dicen que su satisfacción es grande o muy grande).

- A la pregunta sobre la necesidad de las exposiciones teóricas para el entendimiento de la materia, dicen que son necesarias o imprescindibles, en los grupos de nuevo procedimiento, un 47 % de los electrónicos (G 71 y G 73), un 84 % de los eléctricos del G 41; y en los grupos tradicionales un 80 % en G 72 y un 40% en G 40.
- El número de estudiantes que dice entender poco o nada cuando va a clase después de preparar las actividades que le han propuesto o de leerse la teoría a tratar son un 30 % de los electrónicos (G 71 y G 73), un 40% de los eléctricos del G 41; y en los grupos tradicionales un 20 % en el G 72 y ninguno en el G 40.
- Cuando se pregunta a los estudiantes de los grupos del nuevo procedimiento si creen que el método activo es mejor que el convencional, el 85 % dicen que mejor o mucho mejor. Cuando a los estudiantes del grupo de referencia se les pregunta si creen que hubiese mejorado su rendimiento con el nuevo procedimiento, todos dicen que su rendimiento hubiese sido mejor.
- Cuando se les pregunta sobre el tiempo empleado para las actividades propuestas respecto al planificado, solo el 20 % de los estudiantes encuestados en los grupos de referencia dicen que han necesitado más o mucho más tiempo de estudio, mientras que ese número se eleva al 26 % en los estudiantes del nuevo procedimiento.
- De la observación de las respuestas específicas de los grupos de referencia y de los otros se deduce que los estudiantes del nuevo procedimiento están en general más satisfechos con la asignatura que los del procedimiento tradicional. Esta tendencia invierte lo obtenido en las encuestas del curso anterior.

Merece la pena destacar algunas opiniones más relativas exclusivamente a los grupos del nuevo procedimiento.

- Un 13 % de los encuestados no está contento con el trabajo de sus compañeros en las actividades de clase.
- Los estudiantes encuestados están satisfechos en su mayoría con las actividades programadas, considerándolas de interés suficiente, alto o imprescindible más de un 70 % de los encuestados, salvo en la resolución de test en clase, tanto evaluados como sin evaluar; en ellos el porcentaje se reduce al 45 %.
- El nuevo procedimiento seguido para las prácticas de laboratorio ha sido valorado positivamente, ya que solo un 4,4% de los estudiantes no volverían a repetirlo.
- El 71,7% de los estudiantes que siguieron el nuevo procedimiento para las prácticas aseguran haber aprendido más que con uno convencional, frente al 2,2% que opinan haber aprendido menos.
- La organización de las prácticas se considera buena o muy buena por el 84,7% de los estudiantes del G 41 encuestados.

Si algún lector requiriese las encuestas realizadas para hacer algún otro análisis, puede consultarlas poniéndose en contacto con los participantes en este Proyecto.

2.2.4. Comparación de los resultados académicos obtenidos

En cuanto a los resultados académicos obtenidos tras la aplicación de este nuevo procedimiento a los dos grupos de docencia de electrónicos, durante un curso académico completo, hemos hecho varias comparaciones. En primer lugar se comparan los resultados globales de la asignatura Electricidad y Electrometría del curso

2004-2005 y, en segundo lugar, los obtenidos en este último curso. La comparación se muestra en la tabla 9. Hay que tener en cuenta que hasta el 2º parcial del curso 2005-2006 se siguió un procedimiento tradicional en los tres grupos. No tenemos datos de años anteriores de la asignatura Electricidad y Magnetismo.

	2004-2005	2004-2005	2005-2006	2005-2006	2006-2007	2006-2007	2007-2008	2007-2008
	Nº aprobados	% Apr/matr	nº aprobados	% Apr/matr	nº aprobados	% Apr/matr	nº aprobados	% Apr/matr
1 ^{er} Parcial.	99	30,0	55	20,5	87	41,2	67	39,4
2º Parcial	82	24,8	78	29,1	54	25,6	42	24,7
Junio	93	28,2	71	26,5	70	33,2	37	22,4
Julio	28	8,5	23	8,6	17	8,1	16	8,8

Tabla 9: Comparación de resultados académicos obtenidos en los cursos 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007 y 2007-2008 en la asignatura Electricidad y Electrometría. En el curso 04-05 hubo 330 alumnos matriculados, en el 05-06 hubo 268 y en el 06-07 hubo 211, y en el 2007-2008 170 de los que 89 se inscribieron al nuevo procedimiento.

Otro aspecto que suscita interés en este estudio es comparar los resultados de los grupos de referencia (G 72 y G 41) con respecto a los pertenecientes a los otros grupos implicados en los procedimientos de cambio. Los resultados obtenidos se muestran en tabla 10.

	Nº Alum. matriculados	Nº Al. presentados 1 Conv+ 2 Conv	% Presentados	Apr. Ex común	% Apr. Ex/matr	Apr. conv 1ª y 2ª conv.	% Apr. 1ª y 2ª conv/matri
G 72(ref)	54	24	50	12	26	12	22
G 71	58	40	69	18	35	22	36
G 73	58	28	50	20	38	20	34,5
G 40 (ref)	74	41	59,5	23	31	23	31
G 41	102	55	53,9	28	27	37	36

Tabla 10: Comparación de los resultados académicos obtenidos en el curso 2007-2008 en los distintos grupos de la asignatura. Recordar que G 72 y G 40 son los grupos de referencia (procedimiento tradicional).

En este caso **se ha cambiado un criterio respecto** a los análisis de resultados de **cursos anteriores**. Ahora en la primera columna se pone el número de alumnos oficialmente matriculados en cada grupo, ya que se ha observado que casi todos los que se inscriben en el procedimiento propuesto en uno de los grupos oficiales son estudiantes que originalmente estaban inscritos en él. En años anteriores en dicha columna se ponía el número de estudiantes que se apuntaron personalmente a principio de curso, asignando todos los demás al grupo de referencia.

Los resultados mostrados en la tabla 9 parecen indicar una continuidad en el tiempo de los resultados obtenidos en la asignatura de Electricidad y Electrometría en tanto por ciento respecto de los matriculados. La media histórica en las dos primeras convocatorias se encuentra en torno al 30% (la media del periodo 1998-2003 del curso completo –tres convocatorias– fue del 36%). El ligero ascenso del curso pasado 2006-2007 puede deberse al hecho de no haber limitado la nota del examen a un mínimo de 4, por lo que algunos estudiantes de los grupos de nuevo procedimiento aprobaron apoyándose casi exclusivamente en las notas obtenida en las actividades de clase. El descenso observado en el presente curso 2007-2008 puede ser debido a la

precipitación con que se terminó el periodo de exámenes (13 de junio) debido a la Exposición Internacional celebrada en Zaragoza (en un curso convencional ese periodo se alarga cuatro semanas).

2.3. Valoración del procedimiento ensayado

2.3.1. Puntos fuertes

- El procedimiento seguido ha permitido explicar la misma cantidad de conocimientos que el tradicional, basado en clases magistrales. Incluso en uno de los grupos, el G 73, **no se ha dado ninguna clase magistral**, sin que los resultados empeoren.
- Se relaja el papel del profesor como responsable único del proceso de enseñanza-aprendizaje, al transferir parte de esa responsabilidad al estudiante.
- La mayor actividad de los estudiantes en clase. (No obstante las habilidades, destrezas y competencias adquiridas derivadas de ello están por evaluar, véase apéndice 1).
- Cuando existe un objetivo claro y concreto, p.e. resolver un conjunto de problemas, los procedimientos de aprendizaje cooperativo pueden ser mejores que los clásicos basados en trabajo individual y explicación por parte del profesor.

2.3.2. Puntos débiles

- Los alumnos tienen una mayor inseguridad al ver sus deficiencias en las sucesivas evaluaciones que se plantean en clase.
- El método de aprendizaje cooperativo, cuando se aplica al estudio de un conocimiento teórico, abstracto y difícil de entender, resulta arduo de poner en práctica. Los alumnos están inseguros. Las actividades tienden a resolverse de forma trivial. Si comparan con las clases magistrales típicas piensan que están perdiendo mucho tiempo en clase y esfuerzo en casa para unos resultados mediocres. Se diluye el objetivo a conseguir en cuestiones genéricas.
- El procedimiento es mucho más sensible a la dinámica del grupo y a aspectos psicológicos que frecuentemente sorprenden al profesor. Cualquier alteración en estos aspectos puede perjudicar notablemente los resultados.
- En muchas ocasiones los estudiantes tienen la sensación de perder el tiempo en clase. Este defecto del método ha sido común en muchos comentarios de los estudiantes del G 41, el más numeroso e indisciplinado durante las actividades de clase. Los profesores habíamos sido ya conscientes durante el primer cuatrimestre de que la falta de entrenamiento en el trabajo en equipo provocaba un bajo rendimiento de aquellos intervalos dedicados a las explicaciones entre los miembros del grupo, sobre todo si la actividad no era evaluada. Fue difícil corregir este comportamiento y la única medida adoptada para amortiguarlo en el segundo cuatrimestre fueron las evaluaciones de actividades sin previo aviso.
- La sensación en el aula de los profesores implicados en este proyecto ha sido buena. No obstante, tras ver los resultados obtenidos en el examen común no queda clara la eficiencia de estos procedimientos para el aprendizaje real del estudiante.
- Poniendo un tope mínimo de 4 puntos en el examen común se observa que en la especialidad de Electrónica Industrial solo los que alcanzan este valor en el examen acaban aprobando la asignatura, independientemente de la nota obtenida

en las actividades de clase. En años anteriores no se puso esta limitación obteniéndose que un 20 % de los estudiantes que aprobaban la asignatura no conseguían superar el examen común. Esto no sucede en la especialidad de Electricidad, ya que hay un grupo significativo de estudiantes que, obteniendo una calificación en el examen entre el 4 y el 5, aprueban la asignatura apoyándose en las actividades de clase.

2.3.3. Posibilidades de generalización

- De los datos mostrados en este informe se deduce que es posible obtener resultados equivalentes a los obtenidos con el procedimiento convencional. En algunos aspectos se intuyen mejoras pero en otros parece haber un cierto empeoramiento. En consecuencia, si este procedimiento es más acorde con los criterios de convergencia europea puede ser utilizable. No obstante falta más constatación experimental en el aula para asegurarse de que no sea peor que el procedimiento clásico.
- Con las clases de que se dispone en la actualidad en nuestra Escuela con bancos fijos en los que las sillas no pueden moverse, hay que tener en cuenta que en cada banco de 5 sillas solo podrían sentarse 3 personas para desarrollar los procedimientos descritos aquí. Así, un aula para 120 personas (doce filas con dos bancadas de 5 asientos cada una) podría usarse para un máximo de 72 alumnos.
- Aunque la calidad de estos procedimientos aumenta al disminuir el número de estudiantes (lo que también ocurre en las clases magistrales), en este experimento se ha visto que es posible manejar grupos de 60 alumnos.
- El tiempo de profesor necesario para la implantación del procedimiento aumenta respecto a procedimientos tradicionales.

3. Conclusiones

Con este experimento se ha mostrado que, en las asignaturas que nos ocupan, es posible abarcar la misma cantidad de conocimientos teóricos utilizando un procedimiento de enseñanza / aprendizaje alternativo al basado en clases magistrales. Este nuevo procedimiento se basa en enseñanzas constructivistas, activas y cooperativas. En uno de los grupos (G 73) **no se ha impartido ninguna clase magistral** y sus **resultados son comparables** con los demás grupos.

Aunque es frecuente escuchar que los procedimientos activos y cooperativos llegan a un número mayor de estudiantes que las clases magistrales y que por tanto permiten mejorar drásticamente el número de estudiantes que alcanzan los objetivos de conocimiento marcados y que mejoran el ratio de estudiantes que asisten a las actividades programadas en clase, en **este experimento no han podido demostrarse ninguno de estos extremos.**

El **porcentaje de aprobados en los grupos** que han seguido el **nuevo procedimiento** respecto a los inscritos **es comparable** con los grupos que siguen el **procedimiento tradicional.**

A la vista de los resultados de este experimento, podría decirse que los resultados objetivos en cuanto al aprendizaje de conocimientos son similares a los del grupo de referencia y a los de años anteriores. Esto parece indicar que si se mantiene un cierto

nivel de conocimientos constante y se encarga a profesores con experiencia, interés y motivación la docencia de grupos diferentes de una asignatura, con **procedimientos muy diferentes los resultados pueden ser prácticamente iguales.**

De lo anterior deducimos que es preciso ser muy cauto con los cambios metodológicos que se propongan. Estos cambios han de ser experimentados a pequeña escala, de forma sistemática y durante varios años, haciendo comparaciones con los procedimientos actuales para concretar donde puede realmente mejorarse con un cambio y dejando a los buenos profesores libertad para ejecutar su propio sistema.

4. Apéndice 1: Prueba de retención de conocimientos

Es habitual oír en Congresos de Innovación docente que los procedimientos activos y cooperativos, como el que se ha ensayado aquí, mejoran la retención a largo plazo del conocimiento adquirido por los estudiantes. En consecuencia se reivindica como competencia transversal para estos procedimientos esa característica. Con intención de comprobarlo experimentalmente se ha planificado la siguiente prueba:

El día **10 de marzo de 2008** se propuso, sin previo aviso, a los cinco grupos (unos 330 alumnos matriculados) una **prueba voluntaria** en clase consistente en hacer parte de **uno de los ejercicios propuesto en el primer examen parcial**, realizado el **25 de enero del mismo año. Para estimular la participación se ofrecieron premios** a las mejores puntuaciones (un polímetro digital al mejor de cada grupo, unas tijeras de electricista al segundo y el sorteo de un soldador entre todos los que aprobasen en cada grupo).

El objetivo de la prueba era comprobar si los estudiantes que siguen el nuevo procedimiento de aprendizaje, activo y cooperativo retienen mejor los conocimientos que sus compañeros que aprenden por el procedimiento tradicional.

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

	Prueba retención de conocimiento					Primer parcial				
	N Present	N_media	N_max	N_apr	%_Apr_vs_Pres	N Present	N_media	N_max	N_apr	%_Apr_vs_Pres
G 72 (ref)	23	3,57	9,5	7	30,4	38	4,7	10	19	50,0
G 71	35	4,41	9,4	16	45,7	45	5,5	10	25	55,6
G 73	18	5,27	10	9	50,0	30	6,6	10	21	70,0
G 40 (ref)	20	2,76	9	6	30,0	43	4,95	9,2	24	55,8
G 41	42	2,67	8,2	10	23,8	53	4,84	8,63	25	45,5
Total	115	4,34		41	35,7	171	6,38		95	55,6

Tabla A1_1: Comparación de los resultados obtenidos en la prueba de retención de contenidos y en el primer parcial. Los grupos G 72 y G 40 son los grupos de referencia que usan el procedimiento tradicional, el resto den de nuevo procedimiento.

En las columnas de la parte izquierda de la tabla se muestran los datos para la prueba de retención de conocimientos y en las de la parte derecha los mismos datos para los resultados del problema propuesto en el primer parcial.

De izquierda a derecha, en cada columna se encuentran:

2º columna: N° de estudiantes presentados a la prueba de retención de memoria

3ª columna: Nota media de la prueba de retención de memoria

4ª columna: Nota máxima de la prueba de retención de memoria

5ª columna: N° de estudiantes aprobados en la prueba de retención de memoria

6ª columna: N° de estudiantes aprobados en la prueba de retención de memoria en %

Las columnas 8ª a 12ª siguen el mismo orden que las anteriores pero referidas al ejercicio del primer examen parcial.

Lo más sorprendente en los resultados es la diferencia tan notable entre las especialidades de eléctricos y electrónicos, cuando en los resultados del parcial no se observaron diferencias tan significativas.

Por lo demás no puede darse una conclusión clara sobre el objetivo del experimento siendo necesarias más pruebas para concluir con verosimilitud suficiente.

5. Apéndice 2: Experimento de innovación en las prácticas de laboratorio

En el apartado 2.1.2 se describieron los cambios realizados en las sesiones de prácticas de laboratorio. En general estos cambios fueron bien aceptados, exceptuando el hecho de que la evaluación de cada sesión de laboratorio correspondiese a uno de los integrantes del grupo elegido por sorteo. La evaluación individual de las prácticas durante un examen al final de cada cuatrimestre exigió 5 horas de trabajo por cuatrimestre a cada uno de los dos profesores responsables, horas que no estaban contempladas en el P.O.D.

Una actividad que fue muy bien acogida fueron los trabajos experimentales. Al principio de cada cuatrimestre se confeccionó una lista de 19 proyectos prácticos relativos a la materia que iba a impartirse durante ese cuatrimestre. Cada grupo escogió un trabajo (previo sorteo). Los trabajos se clasificaron según un criterio de mayor a menor **grado de presenciabilidad**. Este grado de presenciabilidad es mayor cuanto mayor era la dependencia de los estudiantes de recursos de la universidad para realizar este trabajo práctico (necesidad de instrumentos como fuentes de alimentación, osciloscopios y herramientas como soldadores, papel conductor, pintura conductora). Para aquellos proyectos de alto grado de presenciabilidad, se habilitaron horas de taller (que se hacían coincidir con horarios de prácticas de laboratorio) que eran tuteladas por los profesores y que contaban con el apoyo del maestro de laboratorio para facilitar instrumentos y herramientas a los integrantes de cada grupo.

Los resultados finales de los trabajos fueron mediocres. Únicamente tres trabajos en cada cuatrimestre podrían considerarse como buenos o muy buenos. Esta actividad exigió una dedicación horaria importante a los profesores, (88 horas/profesor, ver tablas 4 y 5) y complicó en momentos concretos del curso la organización de la docencia.

6. Justificación de gastos asociados al proyecto PIIDUZ-B1/nº 337

Los gastos asociados al proyecto pueden agruparse en cuatro bloques:

- a) **Premios para la prueba de retención de memoria**, que consistieron en cinco polímetros digitales de 4½ dígitos, 5 soldadores eléctricos y 5 tijeras de electricista. El precio de los 15 componentes fue de 319,52 euros.
- b) **Asistencia al VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAEE'08)**, celebrado en Zaragoza en julio de 2008, de los

profesores Miguel Samplón Chalmeta y Sergio Artal Sevil. Ambos presentaron contribuciones y el total de las dos inscripciones fue de 550,00 euros.

- c) Materiales para la construcción de una **máquina de Wimshurst** de 0,5 m de radio. Siguiendo con los trabajos propuestos a los estudiantes como proyectos final de carrera, que consisten en la construcción de máquinas para demostraciones, se han comprado cuatro grandes piezas de metacrilato para la construcción de una máquina de Wimshurst. En la página web www.telefonica.net/web2/javq/CONSTR.pdf puede encontrarse detalles de una máquina similar pero de tamaño menor.
- d) Materiales para la **realización de prototipos** reales asociados a proyectos final de carrera de estudiantes de la especialidad electrónica industrial y electricidad.

Premios prueba de retención de memoria	€319,52.-
Asistencia Congreso TAAE'08	€550,00.-
Máquina de Wimshurst.....	€621,76.-
Material prototipos proyectos.....	€503,87.-
TOTAL GASTADO:	€1995,15.-

La ayuda inicial recibida para las actividades de este proyecto fue de 2000.- euros.

7. Referencias Bibliográficas

- [1].- Mur J., Letosa, J., Usón A. "Ensayo de una metodología activa, alternativa a la utilizada actualmente, para mejorar la eficiencia en el aprendizaje de un curso básico de electricidad y magnetismo para estudiantes de Ingeniería Técnica." Disponible en www.unizar.es/icee04
- [2].- J. Bará, M. Valero-García. "Aprendizaje basado en proyectos (Project based Learning) en la formación de Ingenieros". ICE, Instituto Ciencias de la Educación. Marzo 2006. Universidad de Zaragoza.
- [3].- J. Mur Amada, J.S. Artal Sevil, A. Usón Sardaña, J. Letosa Fleta "Ensayo de una metodología activa, alternativa a la utilizada actualmente, para mejorar la eficiencia en el aprendizaje de un curso básico de electricidad y magnetismo para estudiantes de Ingeniería técnica"; Informe final; Ayudas a proyectos-piloto de adaptación de las titulaciones de la Universidad de Zaragoza al Espacio Europeo de Educación Superior 2005-2006. (Orden ECI/924/2005, de 21 de marzo del MEC); Dept. Ingeniería Eléctrica, EUITIZ, Universidad de Zaragoza; julio 2006. Puede descargarse de www.unizar.es/icee04 .
- [4].- Información sobre metodologías y distribución de tareas aplicadas al aprendizaje de la Física obtenido de la web <http://www.physics.pomana.edu/sixideas> "Online Instructor Manual".
- [5].- J.L. Bernal "Diseño curricular en la enseñanza universitaria desde la perspectiva de los ECTS" ICE, Instituto Ciencias de la Educación. Universidad de Zaragoza.