

**Informe final del Proyecto de Innovación Docente**

**(Convocatoria PIIDUZ 2006)**

***“Ensayo de una metodología activa  
para la enseñanza conjunta de las  
asignaturas Electricidad y  
Electrometría y Matemáticas I en un  
primer curso de Ingeniería Técnica”***

***Zaragoza, 15 de julio de 2007***

*Profesores solicitantes:*

*Jesús Letosa Fleta.*

*Antonio Usón Sardaña.*

*Joaquín Mur Amada.*

*María Angeles Velamazán Gimeno.*

*Concepción Arasanz Lisón.*

**ADJUNTA AL RECTOR PARA LA CONVERGENCIA EUROPEA.**



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

### **Participantes en el Proyecto:**

Joaquín Mur Amada. ([joako@unizar.es](mailto:joako@unizar.es)).  
Antonio Usón Sardaña. ([auson@unizar.es](mailto:auson@unizar.es)).  
Jesús Letosa Fleta. ([jletosa@unizar.es](mailto:jletosa@unizar.es)).  
*Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial  
María de Luna 3. Ed. Torres Quevedo*

María Angeles Velamazán Gimeno. ([mavelama@unizar.es](mailto:mavelama@unizar.es))  
Concepción Arasanz Lisón ([carasanz@unizar.es](mailto:carasanz@unizar.es))  
*Departamento de Matemática Aplicada  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial  
María de Luna 3. Ed. Torres Quevedo*

---

---

## TÍTULO

ENSAYO DE UNA METODOLOGÍA ACTIVA, PARA LA ENSEÑANZA  
CONJUNTA DE LAS ASIGNATURAS *ELECTRICIDAD Y ELECTRO-  
METRÍA Y MATEMÁTICAS I*, EN UN PRIMER CURSO DE INGENIERÍA  
TÉCNICA

---

---

### **Resumen:**

El experimento de innovación docente que se presenta en este documento se ha ensayado durante el segundo cuatrimestre del curso 2006-2007 en dos asignaturas de primer curso de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica Industrial. Tiene como precedentes un ensayo con metodología similar realizado en el segundo cuatrimestre del curso anterior y otro realizado en el primer cuatrimestre de este año académico.

Su objetivo fundamental es comparar los resultados académicos obtenidos, al utilizar distintos procedimientos de enseñanza-aprendizaje, para impartir la misma materia y sus posibilidades de generalización a distintas disciplinas.

El planteamiento original de este ensayo fue el siguiente. Partiendo de tres grupos de docencia de un primer curso de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad Electrónica Industrial, se inició el primer cuatrimestre en una asignatura (Electricidad y Electrometría) con un grupo de referencia, que utilizó un procedimiento docente tradicional (basado en exposiciones magistrales) y otros dos grupos en los que se utilizó un procedimiento de enseñanza-aprendizaje activo y cooperativo (para detalles

sobre este proyecto véase el informe presentado en esta misma convocatoria). En el segundo parcial se ampliaba en uno de los grupos de innovación el procedimiento docente a la asignatura de Matemáticas I, en un intento de unificarlas solapando los contenidos y aprovechando los grupos ya creados en el primer cuatrimestre. Circunstancias ajenas a la actividad académica han hecho que el alcance de este ensayo haya sido muy limitado.

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

## 1. Introducción

El Programa de Convergencia Europea de la Educación Superior, al que están adscritos 27 países europeos, requiere profundos cambios en la estructura y en la metodología de enseñanza/aprendizaje. Por ello están en marcha muchos Proyectos Piloto para ensayar los nuevos procedimientos en nuestra universidad y otras.

En esta línea realizamos el año anterior un ensayo, durante el segundo cuatrimestre, en la asignatura de Electricidad y Electrometría, dedicado a comparar los resultados de aprendizaje entre varios grupos de docencia en función del procedimiento de enseñanza / aprendizaje utilizado. El ensayo se realizó en el marco de las 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 del MEC, de 21 de marzo de 2005) y los detalles sobre su realización y resultados pueden verse en el informe final del Proyecto [2] que se añade a esta documentación.

Durante el primer cuatrimestre del presente curso se ha continuado con una experiencia similar en la misma asignatura, y se han aplicado algunas de las técnicas ensayadas en una asignatura de segundo curso de otra especialidad denominada Electrónica Industrial. Los detalles de este ensayo pueden verse en el informe sobre el mismo presentado en esta misma convocatoria o descargarse de [www.unizar.es/icee04](http://www.unizar.es/icee04).

En el segundo cuatrimestre, hemos creído interesante continuar esta experiencia y además ampliarla a otra asignatura de primer curso en uno de los grupos de docencia, de forma que los estudiantes cursasen a la vez ambas materias con un procedimiento novedoso y común en ambas que obligase a un estudio conjunto de las mismas. El fin último de estos ensayos es incrementar los datos sobre las posibilidades didácticas del procedimiento ensayado y su potencialidad en la mejora de los resultados de aprendizaje.

La idea de este ensayo es aplicar un procedimiento de enseñanza-aprendizaje activo y cooperativo en un grupo, durante el segundo parcial, simultáneamente en las asignaturas de Electricidad y Electrometría y Matemáticas I, ambas de primer curso. A la par los otros dos grupos de docencia recibieron enseñanza de la asignatura de Matemáticas I de forma convencional (clases expositivas) y de los otros dos grupos de Electricidad y Electrometría, uno de ellos recibió clases convencionales y el otro siguió el procedimiento activo propuesto aquí. Problemas ajenos a la actividad académica de los profesores de la asignatura de Matemáticas I han impedido desplegar las actividades en ella como se había planificado reduciéndose mucho el alcance del ensayo en la citada materia.

Una de las premisas planteadas en este ensayo fue que en los tres grupos de docencia debían enseñarse unos contenidos comunes. Por ello, los tres grupos se

sometieron a un examen común, cuya calificación tuvo un peso distinto en la nota final en función del procedimiento seguido y que ha permitido comparar los resultados alcanzados con las distintas metodologías.

## **2. El ensayo de innovación llevado a cabo en la asignatura de Electricidad y Electrometría**

En este apartado describiremos brevemente el procedimiento empleado en la asignatura de Electricidad y Electrometría. Esta asignatura es de primer curso y tiene tres grupos de docencia con 211 alumnos matriculados en total. En dos de los grupos se aplica la innovación propuesta mientras que el tercer grupo queda como referencia utilizando un procedimiento docente convencional. Uno de los dos grupos de innovación debía participar al mismo tiempo en la innovación propuesta para la asignatura de Matemáticas I.

### **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 en el aula se ha realizado para una asignatura de primer curso de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad Electrónica Industrial, denominada “Electricidad y Electrometría”. Dentro del actual Plan de Estudios es una asignatura anual obligatoria con 13,5 créditos; esencialmente, es un curso básico de electricidad y magnetismo para estudiantes de ingeniería.

Aunque este ensayo se planteó para el segundo cuatrimestre, los alumnos que nos ocupan siguieron el procedimiento aquí propuesto desde el primer cuatrimestre ya que también estuvieron involucrados en otro proyecto de innovación del que se presenta informe en esta convocatoria. Por ello, a la hora de presentar resultados no solo nos referiremos a este cuatrimestre sino también a los resultados que obtuvieron en el anterior y los resultados globales de la asignatura, que en el plan de estudios vigente es anual.

A efectos de cuantificación tenemos únicamente en cuenta el tiempo asignado al segundo parcial de la asignatura, lo que equivale a un cuatrimestre (15 semanas). En dicho cuatrimestre se dispone de 60 horas de clase programadas y tres sesiones de prácticas de laboratorio de dos horas cada una.

En los grupos de innovación se cambió el procedimiento de enseñanza-aprendizaje, **reduciendo las clases magistrales a un 25 % del tiempo presencial** y dedicando el resto del tiempo de clase a procedimientos de enseñanza-aprendizaje activos y cooperativos.

Al comienzo del curso se propuso a los estudiantes de los tres grupos 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). Todos los alumnos que no se apuntaron a ninguno de los grupos activos se asignaron al grupo tradicional, estuviesen o no matriculados oficialmente en éste.

| Grupo                | Nº inscritos | Nº alumnos en clase 1 <sup>eras</sup> semanas del 2 <sup>a</sup> parcial | % alumnos en clase | Nº al. en clase fin 2 <sup>do</sup> parcial | % alumnos en clase |
|----------------------|--------------|--|--------------------|---|--------------------|
| G 71 (Referencia.)   | 110          | 34   | 31                 | 32  | 29                 |
| G 72 (Nuevo proced.) | 55           | 42   | 76                 | 25  | 45,5               |
| G 73 (Nuevo proced.) | 46           | 37   | 80                 | 31  | 67,4               |
| Total                | 211          | 113  | 53                 | 88  | 42,7               |

**Tabla 1:** Asistencia a clase durante el segundo cuatrimestre en los tres grupos.

La asistencia a clase en cada uno de los grupos se ha calculado a partir del número de ejercicios respondidos en las actividades propuestas para las clases. Repasando los datos de asistencia observamos números todavía más escuetos; así en las encuestas oficiales de evaluación (realizadas el 18 de mayo) tenemos en G 72 **23** respuestas (41 %) y otras **26** en G 73 (50 %) y en G 71 (el grupo de referencia) **29** (26 %). El día 8 de mayo durante una sesión de actividades del G 72 asistieron **16** personas (29 %); a esa misma sesión asistieron **25** estudiantes de G 73 (54 %). El grupo G 72 es el que tenía previsto compartir actividades con la asignatura de Matemáticas I.

Otro dato que puede ser de interés es el número de alumnos que se **matriculan por primera vez en la asignatura 115** (54,5 %) frente a los **96** (45,5 %) que **repiten la asignatura**.

### 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 por abundantes recursos multimedia y explicaciones interactivas incluidas en el Anillo Digital Docente de nuestra Universidad. También se ofertaban a los estudiantes talleres para la realización de problemas 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](http://www.unizar.es/icee04).

En el experimento actual, iniciado en el segundo parcial del curso anterior, 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**<sup>1</sup>, la **resolución activa, paso a paso**, de pequeños **problemas tipo**; la **resolución** en clase de **preguntas de teoría tipo test o cortas**. Estas técnicas de aprendizaje se combinan con **frecuentes pruebas de evaluación** de los contenidos y el trabajo, **realizadas en grupo e individualmente**.

<sup>1</sup> 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 en conjunto.

Como ya se ha dicho se ha mantenido un **25 %** del tiempo de clase dedicado a **clases magistrales** de explicación de la teoría.

En cuanto al procedimiento a seguir, 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 tres unidades.

En la primera sesión de clase se reparten las **tareas** que debe hacer cada miembro del grupo y el **cronograma** de las **actividades** a realizar en el **aula**, respecto a la unidad, 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** (véanse ejemplos de los materiales desarrollados en [www.unizar.es/icee04](http://www.unizar.es/icee04)).

Se explica en **clases magistrales** lo esencial de cada tema. Se ha restringido el tiempo de clase dedicado a las clases magistrales a aproximadamente un 25 % del total. Ello implica una densidad elevada de contenidos en dichas clases lo que hace especialmente delicada su preparación y exposición. Para mantener su nivel y profundidad, dentro de este proyecto, se ha dedicado un profesor específicamente a su preparación. Se dan apuntes detallados sobre la teoría previos a las clases magistrales.

**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, 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.

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, deberá resolver por escrito uno de los problemas que le explicaron sus compañeros, elegido por el profesor.

**Sesión de evaluación de la teoría.** La teoría de cada unidad se evaluará del siguiente modo. En clase se planteará un test a cada grupo de trabajo, cuya resolución les dará una nota global. El trabajo sobre la unidad, encargado para realizar fuera de clase, se evaluará mediante una nota individual. Además los estudiantes de los tres grupos pueden acceder a otra calificación adicional sobre la teoría realizando un test individual de cada unidad.

### **2.1.3. Método de evaluación propuesto**

Se ofreció a los estudiantes componer su nota del siguiente modo:

- **20 %** mediante **test individuales sobre la teoría**, al final de cada lección. Esta posibilidad se extendió también a los alumnos del grupo de referencia (G 71).
- **40 %** asociado a las **actividades** de aprendizaje cooperativo realizadas **en clase**. Este tipo de evaluación solo estaba disponible para los grupos 72 y 73.

- El **resto** de la nota hasta completar el 100 % está asociado a un **examen común a todos los grupos**.

Los estudiantes podían elegir libremente el grupo y cada uno de los bloques de evaluación en función de las notas obtenidas.

De esta forma, un estudiante que se inscribió en el grupo 72 ó 73 y ha seguido todas las actividades propuestas en clase fía un 40 % de su nota al examen común. 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 16 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.

## **2.2. Resultados**

Aquí se muestran los cálculos realizados para obtener la carga de trabajo que corresponde a los estudiantes para la asignatura 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 la asignatura se ha tenido en cuenta su adecuación a las cargas previstas en los nuevos créditos ECTS. Los cálculos se han hecho del siguiente modo:

Partimos de una asignatura anual, que en el Plan de Estudios actual es de carácter obligatorio con 13,5 créditos. Cómo el procedimiento se evalúa únicamente en un cuatrimestre le corresponden **6,75 créditos actuales**. 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. Por tanto, para superar los 6,75 créditos actuales que corresponden a este caso son exigibles  $6,75 \times 19,2 = 130$  horas de trabajo a los estudiantes según el nuevo sistema de cargas docentes. Si queremos convertir el fragmento de 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  $6,75 \times (60/83) \approx 5$  créditos.

### **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 se tratan como **clases de teoría y prácticas tipo I**.

En la tabla 2 se muestra el tiempo de dedicación de uno de los profesores a cada una de las actividades desarrolladas para la preparación y ejecución de las clases, así como para la evaluación de los estudiantes. Como la docencia se da a tres grupos con tres

profesores, puede extrapolarse de esta tabla la **dedicación necesaria por grupo de docencia**. A fecha de hoy **la dedicación no está cerrada** ya que falta corregir el examen de julio y toda la convocatoria de septiembre.

|                                | Dedicación segundo parcial Curso 06_07 |             | Dedicación de J Letosa |            |
|--------------------------------|--|-------------|------------------------|------------|
|                                | Tema 5                                 | Tema 6 y 7  | Tema 8                 | Total      |
| Prep Doc. de presentación      |  |             |                        | 0          |
| Prep.de clases magistrales     |  |             |                        | 0          |
| Prep. de clases de problemas   |  |             |                        | 0          |
| Prep. de materiales de estudio | 13                                     | 39          | 32,5                   | 84,5       |
| Corrección Trab. Teoría        |  |             |                        | 0          |
| Corrección Test Teoría         |  |             |                        | 0          |
| Pasar notas teoría             |  |             |                        | 0          |
| Corrección problemas           | 5                                      | 4           | 5                      | 14         |
| Pasar notas problemas          |  |             |                        | 0          |
| Clases presenciales            | 9                                      | 17,5        | 12                     | 38,5       |
| Encuestas                      |  | 1           |                        | 1          |
| Talleres                       |  |             |                        | 0          |
| Tutorías                       |  |             | 10,5                   | 10,5       |
| Análisis de resultados         |  |             |                        | 0          |
| Informe de resultados          | 8,5                                    |             |                        | 8,5        |
| Diario de clases               |  |             |                        | 0          |
| <b>Total (horas dedicadas)</b> | <b>35,5</b>                            | <b>61,5</b> | <b>60</b>              | <b>157</b> |

| Exámenes comunes a los tres grupos | Preparar exa | Vigilar | Corrección-Pas | Reunión notas | Análisis re | Revisión ex | Total |
|------------------------------------|--------------|---------|----------------|---------------|-------------|-------------|-------|
| Segundo parcial                    | 7,5          | 4,5     | 7,5            | 1,5           |             | 3           | 24    |
| Junio (1ª convocatoria)            | 9,5          | 2,5     | 7,5            | 1,5           |             | 2           | 23    |
| Julio (2ª convocatoria)            | 5            | 2       |                |               |             |             | 7     |
| Septiembre (3ª convocatoria)       | 2            |         |                |               |             |             | 2     |

**Tabla 2:** Detalle de los tiempos de profesor utilizados en las distintas tareas docente llevadas a cabo en el segundo cuatrimestre de la asignatura.

Del análisis de la tabla referida 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, 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.
- Número de estudiantes.

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

De nuestra experiencia del año anterior y de este hemos obtenido que la corrección de las **actividades de clase** en el método propuesto implica un trabajo de profesor de aproximadamente **45 minutos/alumno por cuatrimestre**. Para la preparación y corrección de los **exámenes** parciales, junio, julio y septiembre son necesarios unos **75 minutos/alumno**.

Un resumen de la dedicación empleada y su porcentaje respecto a las horas presenciales asignadas puede verse en la tabla 3.



El **tiempo dedicado** en la preparación, ejecución y evaluación de la docencia correspondiente a la parte de la asignatura que nos ocupa (2º parcial) por parte de los profesores implicados ha sido **similar al utilizado en años anteriores en otros proyectos de innovación docente**, siendo este el segundo año de implantación y el **tercer cuatrimestre en el que se ensaya**.

La **optimización del tiempo en función del número de años que se repite el procedimiento** puede estimarse comparando los datos de la tabla 3 con los datos de dedicación obtenidos para la ejecución del procedimiento el año anterior (primer año de implantación) [1] y los obtenidos en la repetición del procedimiento durante el primer parcial de este curso académico (véase informe final del proyecto presentado en esta convocatoria). Así, el **primer año** de ejecución se utilizaron **5,9 horas** de profesor por hora presencial; en el primer parcial de este curso (**segunda vez que se ejecuta el procedimiento**) se utilizaron **4,8 horas**, mientras que en el segundo parcial se han empleado (**tercera vez**) **3,8 horas** (se ha añadido un pequeño porcentaje respecto al dato dado en tabla 3 ya que falta por corregir la convocatoria de julio y la de septiembre).

Por lo tanto y para la implantación de un procedimiento como el descrito aquí, **a largo plazo, no debe ser un problema importante el incremento de coste de profesor**, salvo en los primeros años de implantación.

Los tiempos indicados en tablas 2 y 3 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.

|                                 |      | % E |
|---------------------------------|------|-----|
| Horas de enseñanza E            | 60   |     |
| Preparación                     | 93   | 155 |
| Tutorías                        | 10,5 | 18  |
| Evaluación actividades en clase | 14   | 23  |
| Evaluación exámenes finales     | 56   | 93  |
| Total                           | 212  | 353 |

**Tabla 3:** Encargo docente necesario para impartir por tercera vez un grupo de teoría usando el nuevo procedimiento docente propuesto 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.

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 maneja 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**, en lo que respecta a la asignatura que nos ocupa ha sido de **3,8 h por hora de POD de la asignatura**. La dedicación adecuada puede conseguirse mediante 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** ya que el tener que dedicar un esfuerzo muy importante en preparar los contenidos, unido a la preparación de los nuevos materiales, puede desbordar su capacidad de trabajo.

### **2.2.3. Valoración de las opiniones de los estudiantes**

Aunque esta memoria se centra en el proyecto desarrollado en el segundo cuatrimestre, dado que los estudiantes han estado sometidos durante todo el curso académico al procedimiento aquí propuesto, en la asignatura que nos ocupa, presentamos los resultados de todas las encuestas realizadas durante el curso para que pueda compararse la evolución de las opiniones en distintos aspectos.

Se realizaron cuatro encuestas a los estudiantes del nuevo procedimiento, dos en el primer parcial y otras dos en el segundo. En uno de los grupos se dejó de realizar una encuesta. Al grupo de referencia se le hizo una sola encuesta a final de curso. Los resultados pueden resumirse del siguiente modo:

#### **Encuestas en el primer cuatrimestre:**

Después de 6 semanas de trabajo se hizo la primera encuesta a los estudiantes de los dos grupos experimentales para recabar su opinión sobre las actividades realizadas en clase. Contestaron 77 (76 % de los inscritos). En resumen, los resultados fueron los siguientes:

- Una gran mayoría de estudiantes (más de 80 %) dice entender bien las clases magistrales de teoría.
- El grado de satisfacción global con la asignatura hasta el momento es bueno (más de 80 % de los repetidores dicen normal o mejor y más del 60 % de los no repetidores).
- El 93 % de los repetidores opina que el método activo seguido en esta asignatura es equivalente o mejor que el tradicional seguido en otras asignaturas, mientras que el 40 % de los no repetidores piensa que es peor o mucho peor.
- La mayoría de ambos colectivos dice que tiene que hacer un esfuerzo mayor con este procedimiento que con el convencional.
- El 100 % de los repetidores dice que aprovecha igual o mejor en este procedimiento respecto al convencional, sin embargo un 30 % de los no repetidores dicen aprovechar peor el tiempo.
- A la pregunta sobre el tiempo de estudio que realmente han empleado respecto a planificado responden con una distribución centrada en el tiempo nominal con lo que se valida, aproximadamente, el tiempo planificado para las actividades.
- Dentro del procedimiento tipo puzzle para el aprendizaje cooperativo, los alumnos no repetidores reconocen la importancia de todas las fases en más de un 90 % de los casos. Sin embargo un 25 % de los estudiantes no repetidores creen que las explicaciones entre ellos son de escaso o nulo interés.
- Tras una sesión de aprendizaje cooperativo de problemas, el 100 % de los repetidores dice entender bastante o mejor el problema que se les ha encargado, mientras que en los no repetidores hay un 28 % que entiende poco o nada de su problema. Respecto a los problemas que les explican los compañeros, el 28 % de

los repetidores dice entenderlos poco o nada, cantidad que asciende al 52 % para el caso de los no repetidores. Si repasan fuera de clase los problemas de la sesión, el 95 % de los repetidores los entiende y el 78 % de los no repetidores. Cuando intentan, fuera de clase, resolver problemas parecidos a los hechos en clase, el 10 % de los repetidores resuelven pocos o ninguno, cantidad que se eleva al 40 % en los no repetidores.

- Respecto a las clases magistrales, el 15 % de los repetidores dice que son de escaso interés, valor que se reduce al 4 % entre los no repetidores.
- Respecto a la resolución cooperativa de preguntas tipo test en clase, el 7 % de los repetidores las encuentran poco interesantes, cantidad que se eleva al 30 % entre los no repetidores.
- Respecto a la resolución cooperativa de problemas, el 7 % de los repetidores las encuentran de escaso interés y el 28 % de los no repetidores. Se sigue esta tónica general en el resto de actividades propuestas.
- Respecto a los tiempos programados para las actividades en clase, el 60 % de ambos colectivos indica que han sido insuficientes o muy escasos.

Tras 11 semanas de clase con el nuevo procedimiento se realizó una segunda encuesta a los estudiantes de ambos grupos que rellenaron 73 personas (72 % de los inscritos). Los resultados se resumen así:

- Indican que si van a las clases magistrales de teoría sin mirar previamente los apuntes un 30 % entiende poco o nada, mientras que todos entienden si han leído previamente los apuntes.
- El grado de satisfacción global con la asignatura sigue siendo bueno (el 80 %).
- El 87 % de los estudiantes opina que el método activo seguido en esta asignatura es equivalente o mejor que el tradicional seguido en otras asignaturas.
- El 40 % de los estudiantes dice que tiene que hacer un esfuerzo mayor o mucho mayor con este procedimiento.
- En cuanto al aprovechamiento de las clases, solo el 10 % dice que peor 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, solo el 5 % dice que son de escaso interés. Se sigue una tónica parecida en el resto de actividades propuestas, manteniéndose el escaso interés entre el 5 % y el 12 %.
- Respecto a los tiempos programados para las actividades en clase, el 35 % de ambos colectivos indica que han sido insuficientes o muy escasos.

### **Encuestas en el segundo cuatrimestre:**

Se realizó una tercera encuesta en la séptima semana del segundo cuatrimestre. Por un error solo se pasó al grupo 72, rellenándose 30 encuestas. Este grupo es el que debía iniciar en el segundo cuatrimestre un método similar en matemáticas. Los resultados fueron los siguientes:

- Cuando se les pregunta sobre su satisfacción respecto a las distintas actividades realizadas en clase, incluyendo las exposiciones teóricas, más del 80 % dice estar normalmente satisfechos o mejor.

- No obstante a lo dicho en el párrafo anterior, se observa una respuesta extraña relativa a la satisfacción y es que cuando se les pregunta por su satisfacción global respecto al primer parcial, el 63 % dice que peor o mucho peor. En principio esto podría relacionarse con la insatisfacción derivada de un funcionamiento diferente del procedimiento aplicado a la asignatura de Matemáticas I, pero este aspecto quedó sin demostrar.
- A la pregunta sobre lo que entendían en clase respecto al primer parcial, el 63 % dijo que peor o mucho peor. Esta respuesta es difícil de interpretar ya que a preguntas sobre su grado de aprendizaje en las distintas actividades planteadas en clase el 75 % dijo que normal, grande o muy grande.
- Respecto a la influencia del procedimiento iniciado en matemáticas sobre su aprendizaje de la asignatura el 50 % dijo que no influía mientras que un 36 % dijo que influía negativamente y un 14 % contestó que positivamente. La influencia negativa solo puede entenderse en un sentido psicológico ya que objetivamente no se cambió nada en esta asignatura respecto al primer parcial.
- A la pregunta sobre si entendían mejor la asignatura de Electricidad y Electrometría gracias a las explicaciones vistas en Matemáticas, el 70 % dijo que igual o mejor, pero el 30 % restante contestó que peor.

La cuarta encuesta se realizó en la semana 11 del segundo cuatrimestre con pequeñas variantes, relacionadas con la diferencia en los procedimientos seguidos, en los tres grupos de docencia. En los dos grupos del nuevo procedimiento respondieron a la encuesta 49 estudiantes y en el grupo de referencia 29.

- A la pregunta sobre su satisfacción global con la asignatura, respecto al primer parcial, el 100 % de los encuestados dice que comparable, mayor o mucho mayor, tanto en los grupos del nuevo procedimiento como en el de referencia. En este punto hay que indicar que este grado de satisfacción no era percibido por los profesores en las clases del nuevo procedimiento ya que abundaban las protestas.
- A la pregunta sobre la necesidad de las exposiciones teóricas para el entendimiento de la materia, el 93 % de los encuestados del grupo de referencia dice que son necesarias o imprescindibles, mientras que ese número se reduce al 60 % en los grupos del nuevo procedimiento.
- El número de estudiantes que dice entender poco o nada durante las explicaciones teóricas es del 10 % en el grupo de referencia, mientras que en los grupos del nuevo procedimiento se eleva hasta casi un 25 %. Un hecho difícil de interpretar ya que todas las clases las da el mismo profesor. En principio debe ser una cuestión relacionada con el procedimiento.
- Cuando se pregunta a los estudiantes de los grupos del nuevo procedimiento si creen que el método activo es mejor que el convencional, el 90 % dicen que mejor o mucho mejor. Sin embargo cuando a los estudiantes del grupo de referencia se les pregunta si creen que hubiese mejorado su rendimiento con el procedimiento cooperativo el 65 % dice que no. De aquí parece deducirse que **el estudiante se adapta con facilidad al procedimiento que se le proponga**.
- Cuando se les pregunta sobre el tiempo empleado para las actividades propuestas respecto al planificado, solo el 10 % de los estudiantes encuestados en el grupo de referencia dicen que han necesitado más o mucho más tiempo de estudio, mientras que ese número se eleva al 60 % en los estudiantes del nuevo procedimiento. Esto puede ser debido a un error de planificación de las

actividades o a una “adaptación al medio” de los estudiantes. Esta duda surge ya que las actividades planteadas son las mismas que el año anterior y, en ese caso, solo un 28 % dijo que debía emplear más o mucho más tiempo de estudio (era la primera vez que se ejecutaba).

- De la observación de las respuestas específicas del grupo de referencia y de los otros dos se deduce que los estudiantes del grupo de referencia están en general más satisfechos con la asignatura que los del nuevo procedimiento. Esto coincide con las impresiones de los profesores en el aula.

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

- Un 16 % 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.

Si algún lector requiriese las encuestas realizadas para hacer algún otro análisis, por favor póngase en contacto con los participantes en este Proyecto.

Queda pendiente de experimentar aspectos relacionados con las clases magistrales de teoría. El hecho de que el grupo de referencia las considere básicas para su aprendizaje, mientras que en los grupos de nuevo procedimiento se las considere más secundarias podría tener que ver con la mayor presencia de alumnos repetidores que ya asistieron anteriormente a esas clases. El escaso valor que tienen los contenidos teóricos en la evaluación final de la asignatura afecta igualmente al grupo de referencia como a los de nuevo procedimiento, por lo que no parece una razón que justifique esa diferencia de actitud.

#### 2.2.4. Comparación de los resultados académicos obtenidos

En cuanto a los resultados académicos obtenidos tras la aplicación de este nuevo procedimiento a dos grupos de docencia, durante un curso académico completo (dos cuatrimestres), hemos hecho varias comparaciones. En primer lugar se comparan los resultados globales de la asignatura en 2004-2005 y primer parcial de 2005-2006 (procedimiento tradicional) y, en segundo lugar, los obtenidos este último año con los del segundo parcial del anterior (nuevo procedimiento en dos grupos de docencia y uno de referencia con procedimiento tradicional). La comparación se muestra en la tabla 4.

|             | 2004-2005    | 2004-2005  | 2005-2006    | 2005-2006  | 2006-2007    | 2006-2007  |
|-------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|             | nº aprobados | % Apr/matr | nº aprobados | % Apr/matr | nº aprobados | % Apr/matr |
| 1er Parcial | 99           | 30,0       | 55           | 20,5       | 87           | 41,2       |
| 2º Parcial  | 82           | 24,8       | 78           | 29,1       | 54           | 25,6       |
| Junio       | 93           | 28,2       | 71           | 26,5       | 70           | 33,2       |

**Tabla 4:** Comparación de resultados académicos obtenidos en los cursos 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007 en la asignatura que nos ocupa. En el curso 04-05 hubo 330 alumnos matriculados, en el 05-06 hubo 268 y en el 06-07 hubo 211, de los que 101 se inscribieron al nuevo procedimiento.

En la tabla 4 no se observa una variación importante en el número de aprobados que pueda considerarse una mejora sustancial asociada al cambio de procedimiento.

Otro aspecto que suscita interés en este estudio es comparar los resultados del grupo de referencia (G 71) con respecto a los pertenecientes a los otros grupos implicados en los procedimientos de cambio. Los resultados obtenidos se muestran en tabla 5.

|            | Nº Al<br>matr | Nº Al<br>pres junio | % pres<br>junio | Apr exam.<br>común jun | Apr Conv<br>Jun | %AP<br>EX/pres | %Apr<br>CONV/pres | %AP<br>EX/matr | %Apr<br>CONV/matr |
|------------|---------------|---------------------|-----------------|------------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| G 71 (ref) | 110           | 31                  | 28,2            | 23                     | 26              | 74,2           | 83,9              | 20,9           | 23,6              |
| G 72       | 55            | 25                  | 45,5            | 14                     | 24              | 56,0           | 96,0              | 25,5           | 43,6              |
| G 73       | 46            | 24                  | 52,2            | 13                     | 20              | 54,2           | 83,3              | 28,3           | 43,5              |

**Tabla 5:** Comparación de los resultados académicos obtenidos en el curso 2006-2007 en los distintos grupos de la asignatura tras la primera convocatoria (junio) Recordar que G 71 es el grupo de referencia (procedimiento tradicional).

**Quizá pueda discutirse la metodología** utilizada para obtener los datos de la tabla 5 y por ello se expone sucintamente a continuación. En la primera columna se asigna el número de estudiantes a cada grupo no por la matrícula oficial sino incorporando en cada uno de los grupos del nuevo procedimiento (G 72 y G 73) aquellos estudiantes que se apuntaron personalmente a principio de curso y asignando todos los demás, de la matrícula oficial, al G 71, independientemente de que asistan o no a sus clases.

De los números presentados en esta tabla se observa una **mejora** relevante en el **porcentaje de presentados al examen** entre los grupos del **nuevo procedimiento**. El **porcentaje** de estudiantes **matriculados** que **aprueban el examen común** (sin tener en cuenta las actividades evaluadas de clase) es **similar** al del grupo de referencia, aunque el **porcentaje de aprobados en el examen frente a presentados** es mejor en el grupo de referencia. Teniendo en cuenta la nota obtenida en las actividades de clase el **porcentaje de aprobados en la convocatoria** en los grupos del **nuevo procedimiento aumenta** significativamente **respecto al grupo de referencia** llegando a ser **casi del doble**.

Existen algunos datos que pueden generar algunas **reservas respecto a la bondad del procedimiento** y son los siguientes: De los **44 estudiantes que han seguido el nuevo procedimiento aprobados en la convocatoria, 17** (un 39 %) **suspendieron el examen común** con el grupo de referencia; **diez** de ellos (un 23 %) obtuvieron una nota en el examen común **inferior a 4 puntos** (sobre 10) y **3** (un 7 %) una nota **inferior a tres puntos** en el examen común. En el G 72 **de los 14 alumnos que aprueban el examen, 4 abandonaron el nuevo procedimiento**.

También **merece la pena resaltar** algunos datos adicionales complementarios a la tabla anterior. De los **101 alumnos** inscritos en los **nuevos procedimientos, 42** alumnos son **repetidores** (41,5 %, un poco por debajo de la media de la matrícula total que es del 45,5 %). De éstos han **aprobado en la convocatoria** considerada aquí **25** (60 %). Por otra parte, de los **31 alumnos** que se presentaron del **grupo de referencia 14** son **repetidores** (45 %), de los que **aprobaron 10** (71,5 %).

En la tabla 6 se muestra la comparación entre los alumnos que han aprobado la asignatura y los que aprobaron las actividades propuestas en clase. Como dato adicional decir que en el G 72 aprobaron dos alumnos la asignatura sin tener aprobadas las actividades de clase y en G 73 solo uno.

|      | Nº Al inscritos | Nº apr jun | Nº apr act clase | Nº Apr Ex_Jun | %apr act clas/insc | % apr asig/apr act clas | %Appr_EX/Act clase |
|------|-----------------|------------|------------------|---------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| G 72 | 55              | 24         | 25               | 14            | 45,45              | 96,0                    | 56,0               |
| G 73 | 46              | 20         | 30               | 13            | 65,22              | 66,7                    | 43,3               |

**Tabla 6:** Comparación entre los alumnos que aprueban las actividades propuestas en clase y los que finalmente aprueban la asignatura

Aunque no son significativas, si que se observan algunas diferencias entre los dos grupos G72 y G73, diferencias que también se han observado en cursos anteriores entre grupos en los que se impartía la docencia de forma tradicional. Es significativa la diferencia entre grupos en la séptima columna, donde se presentan en % la relación entre los alumnos que aprueban la asignatura y los que aprueban las actividades de clase. El G72 es un grupo con horario matutino, mientras que el G73 es de horario vespertino. A este último se han incorporado tradicionalmente estudiantes que se encuentran trabajando o tienen otras obligaciones personales ajenas a su formación universitaria.

### **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.
- Se relaja el papel del profesor en cuanto a mantener el ambiente de silencio y orden necesario para la impartición de una clase magistral.
- La mayor actividad de los estudiantes en clase. (No obstante las habilidades, destrezas y competencias adquiridas derivadas de ello están por evaluar).
- 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 hacer descender significativamente los resultados.
- Para ejecutar con la calidad necesaria un procedimiento de este tipo con muchos alumnos y varios grupos de docencia es necesario el concurso de varios profesores, en la misma asignatura, lo que despersonaliza un tanto la relación con los estudiantes.
- La sensación en el aula de los profesores implicados en este proyecto no ha sido buena. En las clases de teoría se ha notado un distanciamiento de los alumnos y en las de problemas una cierta desidia de los estudiantes y limitaciones en el procedimiento de aprendizaje cooperativo.

- La comparación de resultados con un examen común al grupo de referencia parece indicar que un porcentaje en torno al 30 % de los que aprueban no alcanzan conocimientos objetivos suficientes.

### **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 50 alumnos.
- El tiempo de profesor necesario para la implantación del procedimiento aumenta en los primeros años de implantación pero dados los ratios obtenidos no es de esperar una diferencia excesiva con el procedimiento tradicional.
- Si se quiere diseñar un procedimiento de este estilo que abarque a todas las materias de un curso, con fuerte interrelación entre ellas, la organización del curso se complica mucho. La interacción de muchos profesores sobre los mismos estudiantes puede crear confusión y contradicciones que afecten muy notablemente al proceso de enseñanza aprendizaje.

## **3. El ensayo de innovación llevado a cabo en la asignatura de Matemáticas I**

En este apartado describiremos brevemente el procedimiento empleado en la asignatura de Matemáticas I. Esta asignatura es de primer curso, anual, tiene tres grupos de docencia y los estudiantes la cursan a la par que la asignatura de Electricidad y Electrometría. La innovación propuesta estaba previsto aplicarla a uno de los grupos de docencia (G 72), que cuenta con 49 alumnos, y durante el segundo cuatrimestre, manteniendo los otros dos grupos con un procedimiento docente convencional, respecto a esta asignatura. Los estudiantes estaban informados desde principio de curso y tuvieron oportunidad de cambiar de grupo en función de su interés por participar en el ensayo.

### **3.1. Descripción del experimento de innovación realizado en el aula**

Aquí detallaremos los aspectos más relevantes del procedimiento ensayado.

#### **3.1.1. Contexto**

El experimento en el aula se ha realizado para una asignatura de primer curso de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad Electrónica Industrial, denominada “Matemáticas I”. Dentro del actual Plan de Estudios es una asignatura



anual obligatoria con 18 créditos, que esencialmente es un curso básico de álgebra y cálculo para estudiantes de ingeniería.

A efectos de cuantificación tenemos únicamente en cuenta el tiempo asignado al segundo parcial de la asignatura, lo que equivale a un cuatrimestre (15 semanas). En dicho cuatrimestre se dispone de 75 horas de clase programadas y cinco sesiones de prácticas de laboratorio con el programa Mathematica de dos horas cada una.

En el grupo 72, en principio, hubo una reducción de las clases magistrales a un 25% del tiempo presencial y dedicando el resto al trabajo individual y en grupo del alumno.

### **3.1.2. Descripción del procedimiento de enseñanza-aprendizaje utilizado**

La idea original para este ensayo surge a partir de la experiencia docente realizada durante el segundo parcial del curso académico 2005/06, en la asignatura de Electricidad y Electrometría. En ella se introdujeron metodologías activas y cooperativas en clase. En el ensayo se utilizó como premisa el mantenimiento de los mismos objetivos de aprendizaje de conocimientos. Se mantuvieron a la par grupos de referencia con enseñanza tradicional que permitieron comparar resultados mediante pruebas de evaluación comunes.

Por lo que respecta a esta asignatura se pretendía ensayar esas mismas técnicas, probando actividades con partes conjuntas que favoreciesen el estudio simultáneo de ambas materias. A la par se quería obtener materia para comparar resultados con los grupos de enseñanza convencional.

Los estudiantes del grupo de docencia experimental estaban ya divididos en grupos de trabajo de tres personas, desde el principio de curso, para las actividades llevadas a cabo en la asignatura de Electricidad y Electrometría, así que esos grupos se mantuvieron para esta asignatura también.

La materia de clase se dividió en tres unidades didácticas de la misma duración temporal que las unidades propuestas en la asignatura de Electricidad y Electrometría.

Se hizo el cronograma de la primera unidad didáctica, de 5 semanas de duración, en el que se detallaron las actividades a realizar en el aula, así como la planificación de las actividades que cada estudiante debería realizar fuera del aula, de forma coherente con el nuevo sistema de créditos ECTS. También se preparó una distribución de tareas a cada miembro de los grupos de trabajo.

La experiencia de esta primera unidad didáctica no fue muy positiva. En principio, se produjo una reducción drástica de la asistencia del alumno a las clases (estimada en un 50%), lo que llevó a varios cambios en la organización de los grupos.

También se observó la necesidad de dar más explicaciones magistrales, que el comentado 25%, ya que la repetición del mismo tipo de errores conllevaba a insistir varias veces en lo mismo y precisar mayores explicaciones.

En la segunda unidad didáctica, y de acuerdo con los alumnos, aumentaron a un 40% las clases magistrales, con la consiguiente reducción del trabajo en grupo.

En la tercera unidad, problemas ajenos a la docencia afectaron a la profesora del grupo 72, con lo que estas clases se sustituyeron por profesores de matemáticas que siguieron el procedimiento convencional de años anteriores.

### **3.1.3. Método de evaluación propuesto**

Se ofreció a los estudiantes componer su nota del mismo modo que en la asignatura de Electricidad y Electrometría:

- **20 %** mediante **test individuales sobre la teoría**, al final de cada lección.
- **40 %** asociado a las **actividades de aprendizaje** cooperativo realizadas **en clase**.
- El resto de la nota hasta completar el 100 % está asociado a un **examen común a todos los grupos**.

Debido a los problemas imprevistos citados anteriormente este esquema de notas no llegó a aplicarse en su totalidad, aunque se consideraron los tests y las actividades individuales en la evaluación final.

Comparando los resultados entre los grupos G72 y G73, la situación final es muy semejante. En la primera convocatoria aprueban en el G72 20 de 49 estudiantes (40 %), y en el G73 14 de 54 estudiantes (25,9 %)

## **3.2. Comentarios de las profesoras involucradas en el ensayo**

### **3.2.1. Puntos fuertes**

- Ser una idea buena y ampliable a más asignaturas de la carrera para hacer un estudio globalizado y no particularizado de una forma estanca de cada una de sus componentes, sino de la idea en su conjunto.
- Ver nexos de unión y no suma de asignaturas.
- Trabajar coordinadamente los profesores de las distintas asignaturas.

### **3.2.2. Puntos débiles**

- Respuesta no positiva a la actividad del grupo. Si en el 1<sup>er</sup> parcial la no asistencia a clase del alumno, en general no afectaba a la presentación y marcha de la asignatura, en el 2<sup>o</sup> parcial la no asistencia a clase del alumno hacía que el grupo tuviese modificaciones y la no constancia en el trabajo pudo, tal vez, ser el motivo de un gran descenso en la asistencia del alumnado a clase en este 2<sup>o</sup> parcial.
- A la hora de realizar problemas conjuntos de Electricidad y Matemáticas, los alumnos no veían las matemáticas como una herramienta de trabajo, que proporciona el manejo y solución del problema en cuestión, sino como una dificultad añadida: entender el problema no era el único objetivo; ahora se complicaba el problema con lo que ellos consideraban simplemente cuentas.
- Persistencia en la idea de que lo más importante es aprobar las asignaturas, y si además son las dos a la vez, mejor. No hay gran entusiasmo por aprender, sino por aprobar.

## **4. Conclusiones**

Con este experimento se ha mostrado que, en la asignatura que nos ocupa 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.

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 dobla el del grupo de referencia que ha seguido el método de años anteriores (clases magistrales) como se deduce de la observación de la tabla 5. No obstante, cuando se compara el número de aprobados en el examen común frente a inscritos los resultados son comparables con los de años anteriores.

A la vista de los resultados, de este experimento podría decirse que los resultados objetivos en cuanto a al aprendizaje de conocimientos son similares a los del grupo de referencia y a los de años anteriores, aunque si se cuentan las calificaciones dadas por las actividades en clase el porcentaje de aprobados con el nuevo procedimiento aumenta significativamente.

Un 30 % de los estudiantes que siguieron el nuevo procedimiento y aprobaron en la convocatoria de junio, obtuvieron una nota inferior a 4 puntos sobre 10 en el examen común, lo que pone en entredicho su grado de aprendizaje. En consecuencia, mientras no se demuestren las competencias adicionales que han conseguido los estudiantes que siguieron este procedimiento no podrá decirse que mejora al anterior

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.

En conjunto, la carga docente de los profesores ha aumentado respecto a lo exigido en el método tradicional. Con un adecuado diseño del procedimiento y después de llevar instaurada varios años la nueva metodología, la dedicación docente puede converger a lo estipulado en el Plan de Ordenación Docente.

Es posible que la implantación sistemática de este nuevo procedimiento no sea siempre beneficiosa. La dinámica de los grupos es muy distinta dependiendo de las personas que lo integren, horarios de clase, afinidades entre los miembros del grupo etc. En los últimos años se han observado problemas importantes de disciplina en grupos de docencia concretos en los que se hace muy difícil y costosa la enseñanza mediante clases magistrales incluso a profesores muy experimentados. En estos casos, el cambio de metodología puede ser una respuesta eficaz que reequilibre la responsabilidad del aprendizaje y aumente el compromiso del estudiante en su formación.

## **5. Justificación de gastos asociados al proyecto**

Actualmente no se ha cargado ningún gasto a este proyecto (los gastos que se han realizado han sido con cargo a otro proyecto realizado durante el primer parcial). La financiación del proyecto se dedicará a las tareas que se detallan a continuación antes del 30 de septiembre de 2007. Nótese que el reparto económico es una previsión del gasto.

- Gastos generados durante el 18, 19, 20 de julio de 2007 debidos a la asistencia al XV Congreso Universitario de Innovación Educativa en las

Enseñanzas Técnicas en la Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid.

- ..... ~450 €
- Asistencia al lanzamiento y al grupo de trabajo de la Cátedra UNESCO sobre Enseñanza Basada en Problemas en Ingeniería que se realizará el 6 y 7 de septiembre de 2007 en la Universidad de Aalborg (Dinamarca).  
..... ~700 €
- Demostración sobre la conversión y almacenamiento de energía  
..... ~500 €
- Emulador y grabadora para controladores PICs  
..... ~190 €
- Compra de materiales de propiedades especiales y kits educativos  
..... ~900 €
- Libros y material para formación del profesorado  
..... ~500 €
- Fuente de alimentación de tensión continua para experimentos en clase  
..... ~40 €
- Pequeño material fungible  
..... ~220 €
  
- Total remanente en el proyecto: .....3500 €

La gestión de los pagos se realizará a través de la Unidad de Planificación 112 de la Universidad de Zaragoza (administración de la EUITIZ). Los originales de las facturas se entregarán al responsable de la Unidad de Planificación (Nieves Soriano) y el responsable del proyecto, Joaquín Mur, guardará copias de las mismas, que pondrá a disposición de los organismos que así lo cree requieran.

## 6. Referencias Bibliográficas

[1] Mur Amada, J., Usón Sardaña, J.; Letosa Fleta, J.; “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](http://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] 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”.

[4]. J.L. Bernal “Diseño curricular en la enseñanza universitaria desde la perspectiva de los ECTS” ICE, Instituto Ciencias de la Educación. Universidad de Zaragoza.

**Informe final del Proyecto de Innovación Docente**

**(Convocatoria PIIDUZ 2006)**

***“Ensayo de una metodología activa para la enseñanza conjunta de las asignaturas Electricidad y Electrometría y Matemáticas I en un primer curso de Ingeniería Técnica”***

**ANEXOS:**

- **Fichas de las asignaturas.**
- **Estimación de la carga del estudiante en el 2º Parcial.**
- **Planificación horaria de la asignatura en el 2º Parcial.**



# FICHA ASIGNATURA ECTS

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

|   |                  |                       |
|---|------------------|-----------------------|
| <b>Titulación:</b>  |                  |                       |
| <b>Órgano Responsable:</b>  |                  |                       |
| <b>Departamento:</b>  |                  |                       |
| <b>Área de conocimiento:</b>                                      |                  |                       |
| <b>Nombre Asignatura:</b>   |                  | <b>Tipo:</b>          |
| <b>Curso:</b> <input type="text" value="Primero"/>                | <b>Duración:</b> | <b>Créditos ECTS:</b> |
| <b>Horas totales estimadas de trabajo del estudiante:</b>         |                  |                       |
| <b>Horas de docencia teórica:</b>                                 |                  |                       |
| <b>Horas de prácticas:</b>  |                  |                       |
| <b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b>             |                  |                       |
| <b>Profesor/es que imparte/n la asignatura:</b>                   |                  |                       |
| <b>Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:</b> |                  |                       |
| <b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b>                  |                  |                       |
| <b>Contenido (breve descripción de la asignatura):</b>            |                  |                       |
| <b>Bibliografía:</b>  |                  |                       |
| <b>Metodología docente:</b>                                       |                  |                       |
| <b>Tipo de evaluación:</b>  |                  |                       |
| <b>Lugar de impartición:</b>                                      |                  |                       |
| <b>Fechas de impartición:</b>                                     |                  |                       |
| <b>Idioma en que se imparte:</b>                                  |                  |                       |
| <b>Observaciones:</b>   |                  |                       |



# FICHA ASIGNATURA ECTS

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

|   |                  |                       |
|---|------------------|-----------------------|
| <b>Titulación:</b>  |                  |                       |
| <b>Órgano Responsable:</b>  |                  |                       |
| <b>Departamento:</b>  |                  |                       |
| <b>Área de conocimiento:</b>                                      |                  |                       |
| <b>Nombre Asignatura:</b>   |                  | <b>Tipo:</b>          |
| <b>Curso:</b> <input type="text" value="Primero"/>                | <b>Duración:</b> | <b>Créditos ECTS:</b> |
| <b>Horas totales estimadas de trabajo del estudiante:</b>         |                  |                       |
| <b>Horas de docencia teórica:</b>                                 |                  |                       |
| <b>Horas de prácticas:</b>  |                  |                       |
| <b>Horas de trabajo personal y otras actividades:</b>             |                  |                       |
| <b>Profesor/es que imparte/n la asignatura:</b>                   |                  |                       |
| <b>Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:</b> |                  |                       |
| <b>Prerrequisitos para cursar la asignatura:</b>                  |                  |                       |
| <b>Contenido (breve descripción de la asignatura):</b>            |                  |                       |
| <b>Bibliografía:</b>  |                  |                       |
| <b>Metodología docente:</b>                                       |                  |                       |
| <b>Tipo de evaluación:</b>  |                  |                       |
| <b>Lugar de impartición:</b>                                      |                  |                       |
| <b>Fechas de impartición:</b>                                     |                  |                       |
| <b>Idioma en que se imparte:</b>                                  |                  |                       |
| <b>Observaciones:</b>   |                  |                       |

## Tema 5: Corriente eléctrica

“La política es para el momento, una ecuación es para la eternidad” Albert Einstein.

### Contenidos:

#### 1. Descripción general

#### 2. Densidad e intensidad de corriente eléctrica

- 2.1. Definición de intensidad de corriente eléctrica
- 2.2. Vector densidad de corriente eléctrica

#### 3. La ley de Ohm (Cálculo de resistencias)

- 3.1. Definición de medio óhmico: Tipos de conductores
- 3.2. Cálculo de resistencia eléctrica de un conductor: Ley de Ohm macroscópica

- **Estudio de simetría:** Obtener la dirección de  $\mathbf{J}$  y su dependencia en la dirección perpendicular al movimiento de los portadores libres de carga.
- Aplicar la definición de corriente eléctrica a partir de  $\mathbf{J}$  para obtener  $|\mathbf{J}|$  en función de  $I$ .
- Aplicar la **ley de Ohm local** ( $\mathbf{J} = \sigma \cdot \mathbf{E}$ ) para calcular  $\mathbf{E}$ .
- Obtener la **diferencia de potencial** entre los electrodos por integración del campo eléctrico.
- Calcular la **resistencia** aplicando la **ley de Ohm global o macroscópica** ( $V = I \cdot R$ ).

#### 4. La ecuación de continuidad

- 4.1. Descripción
- 4.2. La ley de Kirchhoff para la intensidad

#### 5. Disipación de potencia en circuitos

- 5.1. Potencia transferida a un circuito eléctrico: Ley de Joule.
- 5.2. Densidad de potencia disipada en un conductor

#### 6. Fuerza electromotriz

- 6.1. Relación entre la fuerza electromotriz (fem) de un generador y la diferencia de potencial (ddp) entre sus terminales
- 6.2. Generadores eléctricos

#### 7. Mecanismos de conducción en la materia

- 7.1. Conducción en metales
- 7.2. Semiconductores
  - 7.2.1. Dependencia de la conductividad de los semiconductores con la concentración de impurezas y con la temperatura: Observaciones experimentales.
  - 7.2.2. Teoría de conducción en semiconductores
  - 7.2.3. Aplicaciones
- 7.3. Superconductores
  - 7.3.1. Cronología de los descubrimientos experimentales
  - 7.3.2. Aplicaciones
  - 7.3.3. La teoría que explica su comportamiento

### Objetivos:

- ⇒ Comprender la descripción de la corriente eléctrica, tanto en función de la cantidad escalar y global, intensidad de corriente  $I$ , como de la cantidad vectorial y local densidad de corriente eléctrica.
- ⇒ Entender la ecuación de continuidad como expresión matemática de la conservación de la carga en un volumen cualquiera.
- ⇒ Asimilar la relación entre la ecuación de continuidad y la ley de Kirchhoff para las intensidades en un nudo.



- ⇒ Saber que existen algunos conductores en los que la densidad de corriente es proporcional al campo eléctrico, denominados óhmicos.
- ⇒ Comprender el método a seguir para el cálculo de campos eléctricos en el interior de conductores con corriente eléctrica, usando la ecuación de continuidad.
- ⇒ Entender el método de cálculo de resistencias en función de la geometría y la conductividad del material.
- ⇒ Conocer como se calcula la potencia disipada en un conductor por el paso de una corriente eléctrica. En función de  $V$  e  $I$  y también en función de  $\mathbf{J}$  y  $\mathbf{E}$ .
- ⇒ Concebir el concepto de fuerza electromotriz, como la causa que genera corrientes estacionarias en el medio conductor, cuyo origen ha de ser distinto al de las fuerzas electrostáticas.
- ⇒ Conocer cualitativamente el mecanismo de conducción en metales.
- ⇒ Conocer los fundamentos de la conducción en semiconductores y superconductores y sus principales aplicaciones prácticas.

### **Bibliografía básica:**

|          |                              |   |                   |
|----------|------------------------------|---|-------------------|
| Apt. 1   | Resnick 32.1                 | Cheng 4.1   |                   |
| Apt. 2   | Resnick 32.2                 | Cheng 4.2.a   | Serway 27.2       |
| Apt. 3   | Resnick 32.3 pp. 121 – 122   | Cheng 4.2.b   | Serway 27.3       |
| Apt. 4   | Marshall 6.4.2 pp. 316 – 318 | Cheng 4.3 (prescindir en ambas de los cálculos diferenciales) |                   |
| Apt. 5   | Resnick 32.6                 | Cheng 4.4   | Serway 27.7, 27.8 |
| Apt. 6   | Resnick 33.1                 | Serway 28.1   |                   |
| Apt. 7.2 | Resnick 32.7                 |   |                   |
| Apt 7.3  | Resnick 32.8                 | Serway Compl 27.4   |                   |

Serway Compl= Serway R.; “Física”, V. 2; 4ª Ed. McGraw-Hill, México, 1997.

### **Bibliografía adicional:**

Se recomienda, consultar los vídeos Nº 32 “La batería Eléctrica”, y Nº 33 “Circuitos eléctricos”, de la colección audiovisual El universo mecánico y más Allá, dirigida por David Goodstein, y producida por California Institute of Technology y Southern California.

#### *Sobre semiconductores:*

Resnick 53.5-7; 53.9  
Seway Compl. 43.6, 43.7

#### *Sobre superconductores:*

Para profundizar más en esta materia véase:

Resnick 53.10  
Serway Compl. capítulo 44

Schöttler et al., “Superconductivity against Lightning strikes”; Power Quality Journal, february 2000

*Interesante artículo sobre alimentación ininterrumpida de una fábrica mediante la energía acumulada en un sistema con superconductores, para evitar paradas de la cadena de montaje por microcortes del suministro eléctrico. Fácil de leer.*

Mayo J., “Superconductividad”, MacGraw-Hill, España, 1991.

*Libro perteneciente a una serie de divulgación científica con datos interesantes sobre superconductores.*

**Secuenciación prevista:**

*En esta sección se detallan las horas de trabajo del estudiante que se han estimado necesarias para el aprendizaje del tema.*

*✎ Téngase en cuenta las observaciones hechas en la secuenciación de los temas anteriores*

**Horas previstas para el estudio de la parte teórica del tema: 7 h.**

*✎ Es conveniente que a la vez que se repasan los conceptos teóricos de cada apartado se intente hacer algún problema relacionado, para comprobar el grado de entendimiento de la materia estudiada.*

*De la colección de problemas que se proponen para este tema se realizarán en clase, en principio, los siguientes:*

**Problemas para ilustrar la teoría: 9(a y b) (cálculo de resistencia con simetría cilíndrica) 14 (densidad de potencia y potencia), 21 (fuerza electromotriz).**

**Problemas más complejos y de aplicación: 19, 23.**

**Los estudiantes deberían intentar resolver los siguientes ejercicios:**

|   |               |                  |     |
|---|---------------|------------------|-----|
| Densidad e intensidad de corriente:             | 2, 3          | Tiempo previsto: | 1 h |
| Ecuación de continuidad:                        | 4, 5          | Tiempo previsto: | 1 h |
| Ley de Ohm: Cálculo de resistencias.            | 6, 7, 9 c, 10 | Tiempo previsto: | 4 h |
| Ley de Joule (Potencia y densidad de potencia): | 12, 13, 16    | Tiempo previsto: | 2 h |
| Problemas aplicados:                            | 18, 20        | Tiempo previsto: | 4 h |

**Para ello el tiempo medio estimado es de 13 h.**

*Los problemas 1 y 22 se consideran reiterativos respecto a los propuestos. Por ello, no consideramos que sea necesario hacerlos, al menos en la primera fase de estudio del tema.*

*Los problemas 8, 11, 17 y 26 se consideran de una dificultad especial que excede un poco lo visto en clase por lo que se recomiendan únicamente para los alumnos especialmente interesados.*

*Más adelante se entregarán a los estudiantes algunos problemas del tema totalmente resueltos para ayudar a la preparación del examen.*

**En resumen, el tiempo total de estudio estimado para este tema, incluido el necesario para la realización de ejercicios, es de 20 h.**

## Tema 6: Campo Magnético en vacío

“El aprendizaje no se logra por casualidad; debe buscarse con pasión y atenderse con esmero” Abigail Adams, 1780.

### Contenidos:

#### 1. Introducción

#### 2. La Ley de Biot y Savart

- 2.1. Fuerza magnética entre elementos de corriente de circuitos filiformes
- 2.2. *El producto vectorial.*
- 2.3. Vector campo magnético para circuitos filiformes (Ley de Biot y Savart)
  - 2.3.1. Líneas de campo magnético: significado físico
- 2.4. Cálculo de campos magnéticos de circuitos sencillos

#### 3. La Ley de Ampere

- 3.1. Comprobación para el caso de un hilo de corriente rectilíneo e indefinido
- 3.2. Cálculo de campos magnéticos utilizando la ley de Ampere

- \* **Estudio de simetría** para determinar la dirección del campo magnético y los puntos del espacio en los que su módulo permanece constante.
- \* Cálculo de la **circulación** de **B**. Para ello se requiere **elegir una trayectoria adecuada**, en la que **B** permanezca constante en módulo.
- \* Cálculo de la **corriente abrazada I por la trayectoria elegida**.
- \* **Cálculo de B** utilizando la **ley de Ampere** para los resultados de los apartados anteriores.

#### 4. Fuerzas y pares de fuerzas magnéticas sobre circuitos portadores de corriente

- 4.1. Fuerza sobre un conductor rectilíneo
- 4.2. Par de fuerza sobre una espira de corriente en un campo magnético constante
- 4.3. Aplicaciones: el galvanómetro, motores eléctricos, altavoces.

#### 5. Fuerza magnética sobre una carga puntual en movimiento (Ley de Lorenz)

- 5.1. Ley de Lorenz
- 5.2. El Efecto Hall
  - 5.2.1. Aplicaciones a la medida de: Signo de portadores de carga, medida de corriente, potencia eléctrica

### Objetivos:

- ⇒ Tomar conciencia de que el origen de los campos magnéticos está en las corrientes eléctricas.
- ⇒ Conocer la forma de calcular el campo magnético creado por una corriente eléctrica sobre un circuito filiforme por superposición del campo creado por cada uno de sus elementos de corriente (Ley de Biot y Savart).
- ⇒ Entender el significado físico de las líneas de campo magnético.
- ⇒ Ser consciente de que la Ley de Ampere y la de Biot y Savart reflejan el mismo principio experimental.
- ⇒ Saber utilizar la Ley de Ampere para el cálculo de campos magnéticos con simetría suficiente.
- ⇒ Saber calcular la fuerza ejercida por un campo magnético sobre un circuito por el que circula corriente eléctrica.
- ⇒ Entender como un campo magnético origina pares de fuerzas en circuitos con corrientes y que en este principio se fundamentan numerosas aplicaciones prácticas: galvanómetros analógicos, motores eléctricos, altavoces.
- ⇒ Conocer en que consiste el efecto Hall y sus principales aplicaciones prácticas.

### Bibliografía básica:

|               |                                    |                                     |
|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Apt. 2.2      | Marshall pp. 11 – 12               | Cheng 2.3.2, 2.4.1                  |
| Apt 2.1 y 2.3 | Resnick 35.1                       | Serway 30.1                         |
| Apt 2.4       | Resnick 35.2                       | Serway Ejemplos 30.1, 30.3, 30.3    |
| Apt 3.1       | Resnick 35.5                       | Serway 30.3                         |
| Apt. 3.2      | Resnick 35.6, Pb. Muestra 5 p. 196 | Serway 30.4, 30.5 y Ej. 30.4 y 30.5 |

|          |                               |                   |                        |
|----------|-------------------------------|-------------------|------------------------|
| Apt. 4.2 | Resnick 34.5, 34.6 y 34.7     | Serway 29.3, 29.4 |                        |
| Apt. 4.3 | Resnick Pb. Muestra 7, p. 175 | Giancoli 37.6     | Marshall Ej. 7, p. 417 |
| Apt. 5   | Resnick 34.2                  | Serway 29.2       |                        |
| Apt. 5.2 | Resnick 34.4                  | Serway 29.7       | Marshall 7.6.2         |

Giancoli D.C., "Física para Universitarios", 3ª Ed. Vol. 1, Prentice-Hall, México, 2002.

*Un libro de física general, del mismo nivel que Serway Resnick y Tipler. Una cosa que lo hace muy interesante y que cada vez más libros ofrecen es que tiene una página web en la dirección: <http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/giancoli3/>. Podéis buscar direcciones web de otros libros poniendo en un buscador general de internet como goole.com el nombre del autor.*

### **Bibliografía complementaria:**

**Mas información sobre aplicaciones de los sensores Hall:** Arcega J., Guerrero B., Pardina A. y Pérez J., "Sensores Hall: Múltiples aplicaciones", Automática e Instrumentación, Nº 244, mayo 1994.

Williams Pearce, "André-Marie Ampère", Scientific American, pp. 90-97, 1989, enero.  
*Una lectura interesante sobre las vida y los descubrimientos de Ampere.*

**Secuenciación prevista:**

*En esta sección se detallan las horas de trabajo del estudiante que se han estimado necesarias para el aprendizaje del tema.*

*✎ Téngase en cuenta las observaciones hechas en la secuenciación de los temas anteriores*

**Horas previstas para el estudio de la parte teórica del tema: 10 h.**

*✎ Es conveniente que a la vez que se repasan los conceptos teóricos de cada apartado se intente hacer algún problema relacionado, para comprobar el grado de entendimiento de la materia estudiada.*

*De la colección de problemas que se proponen para este tema se realizarán en clase, en principio, los siguientes:*

**Problemas para ilustrar la teoría:**

|  |                   |
|--|-------------------|
| <i>Cálculo de campo <math>\mathbf{B}</math> con Biot y Savart:</i> | <i>1, 2</i>       |
| <i>Cálculo de campo <math>\mathbf{B}</math> con Ampere:</i>        | <i>11, 13, 14</i> |
| <i>Fuerza sobre conductores rectilíneos</i>                        | <i>16</i>         |
| <i>Par de fuerzas</i>  | <i>22</i>         |
| <i>Efecto Hall</i>   | <i>26</i>         |

**Los estudiantes deberían intentar resolver los siguientes ejercicios:**

|  |                           |                             |
|--|---------------------------|-----------------------------|
| <i>Cálculo de campo <math>\mathbf{B}</math> con Biot y Savart:</i> | <i>3, 6</i>               | <i>Tiempo previsto: 2 h</i> |
| <i>Cálculo de campo <math>\mathbf{B}</math> con Ampere:</i>        | <i>7, 9, 10, 12</i>       | <i>Tiempo previsto: 5 h</i> |
| <i>Fuerzas y pares de fuerzas</i>                                  | <i>15, 17, 18, 20, 21</i> | <i>Tiempo previsto: 5 h</i> |
| <i>Ley de Lorenz y efecto Hall</i>                                 | <i>23, 25, 27</i>         | <i>Tiempo previsto: 3 h</i> |

*Para ello el tiempo medio estimado es de 16 h.*

*Los problemas 4, 5, 8, 19 y 24, no consideramos que sea necesario hacerlos, al menos, en la primera fase de estudio del tema.*

*Más adelante se entregarán a los estudiantes algunos problemas del tema totalmente resueltos para ayudar a la preparación del examen.*

***En resumen, el tiempo total de estudio estimado para este tema, incluido el necesario para la realización de ejercicios, es de 26 h.***

## Tema 7: El Campo Magnético en la materia

“El esfuerzo por comprender el universo es una de las pocas cosas que eleva la vida humana por encima de la farsa y la tragedia” Steven Weinberg

### Contenidos:

#### 1. El flujo del campo magnético a través de superficies cerradas

#### 2. El origen del magnetismo en la materia

#### 3. La ley de Ampere generalizada a medios materiales

- 3.1. Vector intensidad de campo magnético  $\mathbf{H}$ . Vector magnetización  $\mathbf{M}$ . Susceptibilidad y permeabilidad magnética.
- 3.2. La ley de Ampere Generalizada

- \* Estudio de la simetría.
- \* Elección de una trayectoria de Ampere adecuada y del sentido de circulación.
- \* Cálculo de la circulación de  $\mathbf{H}$  por la trayectoria elegida.
- \* Cálculo de la corriente abrazada por la trayectoria de Ampere.
- \* Aplicación de la ley de Ampere generalizada a medios materiales para despejar  $\mathbf{H}$ .
- \* Obtener  $\mathbf{B}$  en función de  $\mathbf{H}$ .

#### 4. Clasificación de materiales por sus propiedades magnéticas

- 4.1. Materiales no magnéticos: Paramagnetismo y Diamagnetismo
- 4.2. Materiales magnéticos: Ferromagnetismo. No linealidad e histéresis

#### 5. El magnetismo terrestre

### Objetivos:

- ⇒ Conocer el hecho experimental de que el flujo de  $\mathbf{B}$  a través de cualquier superficie cerrada es nulo y sus implicaciones respecto a la no existencia de polos magnéticos aislados.
- ⇒ Entender que el origen del magnetismo en la materia está en las corrientes creadas por el movimientos de los electrones en torno a sus núcleos.
- ⇒ Saber que la imanación de un material puede representarse mediante corrientes equivalentes, y caracterizarse mediante el vector magnetización, o densidad volúmica de momento dipolar.
- ⇒ Conocer la extensión de la ley de Ampere a medios materiales y en concreto su expresión en función del vector intensidad de campo magnético y de las corrientes reales.
- ⇒ Conocer la relación entre los vectores  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{M}$  y  $\mathbf{H}$ . Susceptibilidad y permeabilidad magnética.
- ⇒ Distinguir los distintos tipos de materiales en cuanto a sus propiedades magnéticas.
- ⇒ Ser consciente de la relación no lineal y dependiente de la historia anterior, para los vectores  $\mathbf{B}$  y  $\mathbf{H}$ , en materiales ferromagnéticos.

### Bibliografía básica:

|         |                        |                      |
|---------|------------------------|----------------------|
| Apt. 1  | Resnick 37.1           | Serway 30.6, 30.7    |
| Apt. 2  | Resnick pp. 239 – 240  | Serway pp. 222 – 223 |
| Apt. 3  | Marshall pp. 294 – 298 | Serway pp 224 – 226  |
| Apt. 4  | Resnick 37.4           | Serway pp. 226 – 230 |
| Apt 4.2 | Marshall 7.4.3         | Serway pp. 226 – 228 |

### Bibliografía complementaria:

Sobre diamagnetismo véase su aplicación para la levitación en (puede obtenerse mucha más información sobre el tema en internet buscando con las palabras clave “diamagnetic levitation”):

<http://www.hfml.sci.kun.nl/levitate.html>

*Se describen experimentos muy interesantes sobre levitación diamagnética de varios objetos, entre ellos una rana en el laboratorio de grandes campos magnéticos de la universidad de Nijmegen.*

**También es interesante la dirección:** [www.physics.ucla.edu/marty/diamag](http://www.physics.ucla.edu/marty/diamag)

Sobre el apartado 5 relativo al magnetismo terrestre pueden consultarse: Resnick 37.5.

Garrido G. “¿Se volverá loca la brújula?”, El semanal, 8 febrero 2004.

*Trata sobre algunas evidencias experimentales de la existencia de grietas en el campo magnético terrestre que permiten que una fracción de rayos cósmicos alcance la tierra. Divulgativo, fácil y divertido de leer*

Akasofu Syun-Ichi, Artículo sobre las auroras boreales en pp. 866-870 del Tipler 3ª Ed.

*Artículo en castellano sobre las Auroras boreales del mismo autor que el citado a continuación, siendo un resumen del mismo, pero con fotos a todo color. Forma parte del Tipler. Interesante.*

Akasofu Syun-Ichi, “The dynamic aurora”, Scientific American, May, 1989.

*Describe el fenómeno atmosférico de la Aurora boreal como la interacción entre el campo magnético terrestre y el viento solar. (palabras clave en inglés para buscar en internet **northern lights**)*

Carrigan C., Gubbins D., “The source of the earth’s Magnetic field”, Scientific American, February, 1979.

*Explica el mecanismo de generación del campo magnético terrestre que se acepta en la actualidad.*

Como complemento a los contenidos de esta lección es aconsejable visionar los siguientes audiovisuales de la colección “El universo mecánico y más allá”

Video nº 34 “Magnetismo” dedicado al magnetismo terrestre y sus efectos (auroras boreales, cinturones de Van-Allen, etc) y a los campos magnéticos en el sol.

Video nº 35 “Campo magnético” dedicado a la ilustración de la ley de Ampere.

### **Secuenciación prevista:**

*En esta sección se detallan las horas de trabajo del estudiante que se han estimado necesarias para el aprendizaje del tema.*

✍ *Téngase en cuenta las observaciones hechas en la secuenciación de los temas anteriores*

**Horas previstas para el estudio de la parte teórica del tema: 6 h.**

✍ *Es conveniente que a la vez que se repasan los conceptos teóricos de cada apartado se intente hacer algún problema relacionado, para comprobar el grado de entendimiento de la materia estudiada. Además, para este tema recomendamos alguna lectura de las indicadas en las referencias.*

*De la colección de problemas que se proponen para este tema se realizarán en clase, en principio, los siguientes:*

#### **Problemas para ilustrar la teoría:**

Ley de Ampere e histéresis 11 y 12

#### **Problemas aplicados:**

El galvanómetro 14

#### **Los estudiantes deberían intentar resolver los siguientes ejercicios:**

Cálculo del flujo de  $\mathbf{B}$ : 1, 3, 5, 6 Tiempo previsto: 3 h

Ley de Ampere generalizada a materiales: 8, 9, 10 Tiempo previsto: 4 h

Medios no lineales 7 Tiempo previsto: 1 h

Problemas aplicados 13 Tiempo previsto: 1 h

*Para ello el tiempo medio estimado para la realización de los problemas es de 10 h.*

*Los problemas 2 y 4, no consideramos que sea necesario hacerlos, al menos, en la primera fase de estudio del tema.*

**En resumen, el tiempo total de estudio estimado para este tema, incluido el necesario para la realización de ejercicios, es de 16 h.**

## Tema 8: Inducción electromagnética y energía magnética: Aplicaciones.

“...Faraday visualizaba líneas de fuerza que atravesaban todo el espacio donde los matemáticos solo veían centros de fuerza que actuaban a distancia: Faraday veía un medio donde ellos sólo veían distancia: Faraday buscó la fuente de los fenómenos a partir de acciones reales que se llevaban a cabo en el medio, mientras aquellos quedaron satisfechos con haberla encontrado en el poder de acción a distancia presente en los fluidos eléctricos.” J.C. Maxwell.

### Contenidos:

#### 1. Los Experimentos de Faraday

#### 2. La Ley de Faraday y Lenz

##### 2.1. Fundamento energético de la Ley de Lenz

#### 3. F.e.m. inducida sobre un circuito móvil en un campo magnético estático

#### 4. Autoinducción e inducción mutua

##### 4.1. Autoinducción: Cálculo para circuitos básicos

- \* Cálculo del campo  $\mathbf{B}$  mediante la ley de Ampère
- \* Cálculo del flujo magnético creado sobre el mismo circuito por su campo  $\mathbf{B}$
- \* Cálculo del coeficiente de autoinducción como el cociente entre el flujo y la intensidad por el circuito

##### 4.2. Inducción mutua

- \* Cálculo del campo  $\mathbf{B}_{21}$ , mediante la ley de Ampere, que crea el circuito 1 sobre el circuito 2.
- \* Cálculo del flujo magnético  $\Phi_{21}$  creado sobre el circuito 2 por el campo  $\mathbf{B}_{21}$  creado por el circuito 1.
- \* Cálculo del coeficiente de inducción mutua  $M$ , como el cociente entre el flujo,  $\Phi_{21}$ , sobre el circuito 2 y la intensidad por el circuito 1.

#### 5. Energía magnética

##### 5.1. Densidad de energía en función de $\mathbf{B}$ y $\mathbf{H}$

#### 6. Corrientes parásitas o de Foucault

#### 7. El transformador ideal (opcional)

#### 8. Generadores eléctricos básicos (opcional)

### Objetivos:

- ⇒ Conocer la ley experimental que permite calcular la intensidad inducida en un circuito mediante un campo magnético variable.
- ⇒ Saber de la posibilidad de generar corrientes eléctricas por movimiento de un circuito en un campo magnético constante.
- ⇒ Entender los conceptos de autoinducción e inducción mutua.
- ⇒ Conocer la expresión de la energía magnética en función del campo magnético.
- ⇒ Interpretar la aparición de corrientes parásitas (o de Foucault) en sólidos conductores que están en presencia de campos magnéticos variables, utilizando la ley de Faraday y Lenz.
- ⇒ Utilizar los conceptos de autoinducción e inducción mutua para el cálculo de un transformador.



### **Bibliografía básica:**

|         |                    |                 |                    |
|---------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Apt. 1  | Resnick 36.1       | Serway 31.1     |                    |
| Apt 2   | Resnick 36.2       | Serway 31.1     |                    |
| Apt 2.1 | Resnick 36.3       |                 |                    |
| Apt 3   | Resnick 36.4       | Serway 31.2     | Marshall 8.5       |
| Apt 4.1 | Resnick 38.1. 38.2 | Serway 32.1     |                    |
| Apt 4.2 | Marshall 6.6.3     | Serway 32.4     |                    |
| Apt 5   | Tipler 28.6        | Giancoli 29.6   |                    |
| Apt 6.1 | Resnick 38.4       | Serway 32.3     |                    |
| Apt 7   | Tipler 26.5        | Giancoli p. 744 | Plonus pp. 479-482 |
| Apt 8   | Tipler 26.6        | Giancoli 29.4   |                    |

### **Bibliografía complementaria:**

Sobre Generadores y motores eléctricos:

Howald, W., "Los alternadores de la central hidráulica de alta presión de Bieudron", Revista ABB, 2/1998.

Dentler J. "Motores eléctricos", artículo en Tipler p. 929-937.

Se recomienda visionar los siguientes audiovisuales de la colección "El universo mecánico y más allá"

Video nº 36 "Campos vectoriales e hidrodinámica" que relaciona flujo y circulación eléctrica y magnética con las magnitudes correspondientes del campo de velocidades de un fluido, explicando las posibles fuentes y sumideros de un campo vectorial.

Vídeo nº 37 "Inducción electromagnética" sobre la ley de Faraday y Lenz.

Vídeo nº 38 "Corrientes eléctricas" sobre la controversia en la transmisión de energía eléctrica mediante corriente continua o mediante corriente alterna personalizada en Edison y Tesla.

Video nº 39 "Las ecuaciones de Maxwell" ilustra las contribuciones de Maxwell a la teoría electromagnética completando la ley de Ampere y prediciendo la naturaleza electromagnética de la luz.

**Secuenciación prevista:**

*En esta sección se detallan las horas de trabajo del estudiante que se han estimado necesarias para el aprendizaje del tema.*

*✍ Téngase en cuenta las observaciones hechas en la secuenciación de los temas anteriores*

**Horas previstas para el estudio de la parte teórica del tema: 5 h.**

*✍ Es conveniente que a la vez que se repasan los conceptos teóricos de cada apartado se intente hacer algún problema relacionado, para comprobar el grado de entendimiento de la materia estudiada.*

*De la colección de problemas que se proponen para este tema se realizarán en clase, en principio, los siguientes:*

**Problemas para ilustrar la teoría:**

|   |                 |
|---|-----------------|
| <i>F.e.m. inducida:</i>                 | <i>1, 2</i>     |
| <i>Autoinducción e inducción mutua:</i> | <i>8, 8b, 9</i> |
| <i>Energía magnética:</i>               | <i>14</i>       |
| <b>Problemas aplicados:</b>             | <b>5, 12</b>    |

**Los estudiantes deberían intentar resolver los siguientes ejercicios:**

|   |                |                             |
|---|----------------|-----------------------------|
| <i>F.e.m. inducida:</i>                 | <i>3, 4, 7</i> | <i>Tiempo previsto: 3 h</i> |
| <i>Autoinducción e inducción mutua:</i> | <i>10, 11</i>  | <i>Tiempo previsto: 2 h</i> |
| <i>Energía magnética:</i>               | <i>13, 16</i>  | <i>Tiempo previsto: 2 h</i> |
| <b>Problemas aplicados:</b>             |                |                             |
| <i>Experimento del salto del anillo</i> | <i>6</i>       | <i>Tiempo previsto: 2 h</i> |

*Para ello el tiempo medio estimado es de 10 h.*

*El problema 15, no consideramos que sea necesario hacerlo, al menos, en la primera fase de estudio del tema.*

*Los problemas de transformadores y los que están bajo el epígrafe generadores eléctricos se dejan sólo para los estudiantes especialmente interesados.*

*Más adelante se entregarán a los estudiantes algunos problemas del tema totalmente resueltos para ayudar a la preparación del examen.*

***En resumen, el tiempo total de estudio estimado para este tema, incluido el necesario para la realización de ejercicios, es de 15 h.***

**Cronograma Tema 5 Grupo 72 (Electricidad y Electrometría)**

| Semana | Sesión             | Actividades en clase   | Horas de trabajo del estudiante (fuera de clase)   |                    |
|--------|--------------------|--|--|--------------------|
| 1      | Martes<br>6/2/06   | <b>Clase expositiva de la teoría I</b> (2 h)<br>Apartado 1: Introducción<br>Apartado 2: Densidad e intensidad de corriente<br>Apartado 3: Ley de Ohm   |  |                    |
|        | Viernes<br>9/2/06  | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de la teoría I</b> (2 h)<br>Explicación de la ecuación de continuidad<br>Resolución de pequeños problemas tipo  | Repaso de los ejercicios vistos en sesión anterior<br>Estudio de la teoría explicada en clase anterior   | 1 h<br>1 h         |
| 2      | Martes<br>13/2/06  | <b>Clase expositiva de la teoría II</b> (2 h)<br>Apartado 5: Disipación de potencia en circuitos eléctricos<br>Apartado 6.1: Relación entre f.e.m. y d.d.p.  | Lectura previa a la asistencia a clase de la teoría  | 1 h                |
|        | Viernes<br>16/2/06 | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de problemas I</b> (2 h)<br>Problemas de cálculo de resistencias  | Estudio de la teoría explicada en clase anterior   | 1 h                |
| 3      | Martes<br>20/2/06  | <b>Clase expositiva de la teoría III</b> (2 h)<br>Apartado 6.2: Generadores eléctricos<br>Apartado 7: Mecanismos de conducción en la materia.  | Repaso de los problemas vistos en sesión anterior<br>Lectura previa a la asistencia a clase de la teoría | 1 h<br>1 h         |
|        | Viernes<br>23/2/06 | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de problemas II</b> (2 h)<br>Problemas de cálculo de potencia y de f.e.m.   |  |                    |
| 4      | Martes<br>27/2/06  | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de problemas III</b> (2 h)<br>Problemas aplicados   | Repaso de los problemas vistos en sesión anterior  | 1 h                |
|        | Viernes<br>2/3/06  | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de la teoría II</b> (1 h)<br>Resolución de preguntas cortas   | Entrenamiento para la resolución de los test de la lección   | 1 h                |
|        |                    | <b>Sesión de evaluación de la teoría</b> (1 h)<br><b>Evaluación al grupo de la teoría</b> (Test) (1/4 h)<br><b>Evaluación individual de la teoría</b> (resolución en clase de uno de los problemas encargados y entrega de la versión de ese mismo problema elaborada en casa) (1/2 h) | Realización de trabajo encargado   | 6 h                |
|        |                    |  | <b><u>Total de horas de trabajo del estudiante en esta lección</u></b>                                   |                    |
| 5      | Viernes<br>9/3/06  | <b>Sesión evaluada de problemas</b> (2 h)<br>(Por cuestiones organizativas, el martes 6 se iniciará el siguiente tema)   | Horas de clase:<br>Horas de realización de trabajos encargados<br>Horas de estudio fuera de clase        | 18 h<br>6 h<br>9 h |
|        |                    |  | Total:   | 33 h               |

**Cronograma Tema 5 Grupo 73**

| Semana | Sesión               | Actividades en clase   | Horas de trabajo del estudiante (fuera de clase)  |                    |
|--------|----------------------|--|---|--------------------|
| 1      | Lunes<br>5/2/06      | <b>Clase expositiva de la teoría I</b> (2 h)<br>Apartado 1: Introducción<br>Apartado 2: Densidad e intensidad de corriente<br>Apartado 3: Ley de Ohm   |   |                    |
|        | Miércoles<br>7/2/06  | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de la teoría I</b> (2 h)<br>Explicación de la ecuación de continuidad<br>Resolución de pequeños problemas tipo  | Repaso de los ejercicios vistos en sesión anterior<br>Estudio de la teoría explicada en clase anterior          | 1 h<br>1 h         |
| 2      | Lunes<br>12/2/06     | <b>Clase expositiva de la teoría II</b> (2 h)<br>Apartado 5: Disipación de potencia en circuitos eléctricos<br>Apartado 6.1: Relación entre f.e.m. y d.d.p.  | Lectura previa a la asistencia a clase de la teoría   | 1 h                |
|        | Miércoles<br>14/2/06 | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de problemas I</b> (2 h)<br>Problemas de cálculo de resistencias  | Estudio de la teoría explicada en clase anterior  | 1 h                |
| 3      | Lunes<br>19/2/06     | <b>Clase expositiva de la teoría III</b> (2 h)<br>Apartado 6.2: Generadores eléctricos<br>Apartado 7: Mecanismos de conducción en la materia.  | Repaso de los problemas vistos en sesión anterior<br>Lectura previa a la asistencia a clase de la teoría        | 1 h<br>1 h         |
|        | Miércoles<br>21/2/06 | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de problemas II</b> (2 h)<br>Problemas de cálculo de potencia y de f.e.m.   |   |                    |
| 4      | Lunes<br>26/2/06     | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de problemas III</b> (2 h)<br>Problemas aplicados   | Repaso de los problemas vistos en sesión anterior   | 1 h                |
|        | Miércoles<br>28/2/06 | <b>Sesión de aprendizaje cooperativo de la teoría II</b> (1 h)<br>Resolución de preguntas cortas   | Entrenamiento para la resolución de los test de la lección<br>Repaso de los problemas vistos en sesión anterior | 1 h<br>1 h         |
|        |                      | <b>Sesión de evaluación de la teoría</b> (1 h)<br><b>Evaluación al grupo de la teoría</b> (Test) (1/4 h)<br><b>Evaluación individual de la teoría</b> (resolución en clase de uno de los problemas encargados y entrega de la versión de ese mismo problema elaborada en casa) (1/2 h) | Realización de trabajo encargado  | 6 h                |
| 5      | Miércoles<br>7/3/06  | <b>Sesión evaluada de problemas</b> (2 h)<br>(Por cuestiones organizativas, el martes 6 se iniciará el siguiente tema)   | Horas de clase:<br>Horas de realización de trabajos encargados<br>Horas de estudio fuera de clase               | 18 h<br>6 h<br>9 h |
|        |                      |  | <b>Total de horas de trabajo del estudiante en esta lección</b>   | <b>33 h</b>        |

**Cronograma Temas 6 y 7 Grupo 72 (Electricidad y Electrometría)**

| Semana                     | Sesión                                    | Actividades en clase  | Horas de trabajo del estudiante (fuera de clase)  |
|----------------------------|---|---|---|
| 1                          | Martes<br>13/03/07                        | <b>Clase expositiva de la teoría I (2 h)</b><br>- T6, Apartado 1: Introducción al magnetismo<br>- T6, Apartado 2: Ley de Biot y Savart<br>Apartado 3: Ley de Ampere   |   |
|                            | Martes<br>20/03/07                        | <b>Sesión I de aprendizaje cooperativo de la TEORÍA (2 h)</b><br>- Resolución de pequeños problemas tipo de cálculo de B por Biot y Savart y por Ampere<br><b>Test individual teoría Tema 5</b>   | Estudio de lo visto en la clase teórica anterior 1 ½ h  |
| 2                          | Martes<br>27/03/07                        | <b>Sesión I+II de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de cálculo de campo B utilizando la ley de Biot y Savart y Ampere (2 h)</b>  | Revisión de ejercicios hechos en la clase anterior 1 h  |
|                            | Viernes<br>30/03/07                       | <b>Clase expositiva de la teoría II (2 h)</b><br>- T6, Apartado 4: Fuerzas y pares de fuerzas<br>- T6, Apartado 5: Fuerza de Lorenz y efecto Hall   | Revisión de los problemas hechos en la clase anterior 2 h<br>Lectura previa del material teórico de la lección T6 pp. 13-27 1 h |
| 3                          | Martes<br>3/04/07                         | <b>Sesión II de aprendizaje cooperativo de la TEORÍA (2 h)</b><br>- Resolución de pequeños problemas tipo de cálculo de Fuerzas y efecto Hall   | Estudio de lo visto en la clase teórica anterior 1 ½ h  |
|                            | Miércoles<br>4/04/07<br>(hace de viernes) | <b>Sesión III de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de fuerzas y pares (2 h)</b>  | Revisión de ejercicios hechos en la clase anterior 1 h<br>Revisión de problemas hechos en esta clase 1 h                        |
| Vacaciones de Semana Santa |   |   |   |
| 4                          | Martes<br>17/04/07                        | <b>Sesión IV de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de Efecto Hall (2 h)</b>   | Repaso previo de la teoría sobre el efecto Hall 1 h   |
|                            | Viernes<br>20/04/07                       | <b>Clase expositiva de la teoría III (2 h)</b><br>- T7, Apartado 1: Flujo de <b>B</b> a través de superficies cerradas<br>- T7, Apartado 2: Origen del magnetismo en la materia<br>- T7, Apartado 3: Ley de Ampere para medios materiales | Revisión de los problemas hechos en la clase anterior 1 h<br>Lectura previa del material teórico de la lección T7 pp. 1-8 1 h   |

|   |                     |   |  |
|---|---------------------|---|--|
| 5 | Martes<br>24/04/07  | <b>Clase expositiva de la teoría IV (2 h)</b><br>- T7, Apartado 4.1: Materiales no magnéticos<br>- T7, Apartado 4.2: Materiales ferromagnéticos<br>- T7, Apartado 5: Magnetismo terrestre   | Estudio de lo visto en la clase teórica anterior 1 h<br>Lectura previa del material teórico de la lección T7 pp. 9-22 1 h  |
|   | Viernes<br>27/04/07 | <b>Sesión V de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de ley de Ampere con materiales y de materiales no lineales y con histéresis (1 h ¼)</b><br>- Test al grupo sobre la teoría (¼ h)<br>- Resolución de uno de los pb encargados sobre el tema (½ h) | Estudio de lo visto en la clase teórica anterior 1 h<br>Preparación del test sobre la teoría (sigue detrás) 1 h  |
| 6 | Viernes<br>4/05/07  | <b>Sesión evaluada de aprendizaje cooperativo de problemas 2 h</b>  | Preparación del trabajo encargado 6 h<br><br><b><u>Total de horas de trabajo del estudiante en esta lección</u></b><br>Horas de clase: 24 h<br>Horas de prácticas 4 h<br>Horas de preparación de prácticas 2 h<br>Horas de estudio fuera de clase 16 h<br>Horas de preparación, en limpio, de materiales 6 h<br><b>Total:</b> 52 h |

### Cronograma Temas 6 y 7 Grupo 73

| Semana | Sesión                     | Actividades en clase  | Horas de trabajo del estudiante (fuera de clase)  |
|--------|----------------------------|---|---|
| 1      | Lunes<br>12/03/07          | <b>Clase expositiva de la teoría I (2 h)</b><br>- T6, Apartado 1: Introducción al magnetismo<br>- T6, Apartado 2: Ley de Biot y Savart<br>Apartado 3: Ley de Ampere   |   |
|        | Miércoles<br>14/03/07      | <b>Sesión I de aprendizaje cooperativo de la TEORÍA (2 h)</b><br>- Resolución de pequeños problemas tipo de cálculo de B por Biot y Savart y por Ampere<br><b>Test individual teoría Tema 5</b>   | Estudio de lo visto en la clase teórica anterior 1 ½ h  |
| 2      | Lunes<br>19/03/07          | <b>Sesión I de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de cálculo de campo B utilizando la ley de Biot y Savart (2 h)</b>  | Revisión de ejercicios hechos en la clase anterior 1 h  |
|        | Miércoles<br>21/03/07      | <b>Sesión II de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de cálculo de campo B utilizando la ley de Ampere (2 h)</b>  | Revisión de los problemas hechos en la clase anterior 1 h<br>Lectura previa del material teórico de la lección T6 pp. 13-27 1 h |
| 3      | Lunes<br>26/03/07          | <b>Clase expositiva de la teoría II (2 h)</b><br>- T6, Apartado 4: Fuerzas y pares de fuerzas<br>- T6, Apartado 5: Fuerza de Lorenz y efecto Hall   | Estudio de lo visto en la clase teórica anterior 1 ½ h  |
|        | Miércoles<br>28/03/07      | <b>Sesión II de aprendizaje cooperativo de la TEORÍA (2 h)</b><br>- Resolución de pequeños problemas tipo de cálculo de Fuerzas y efecto Hall   | Revisión de ejercicios hechos en la clase anterior 1 h  |
| 4      | Lunes<br>2/04/07           | <b>Sesión III de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de fuerzas y pares (2 h)</b>  | Revisión de los problemas hechos en la clase anterior 1 h<br>Revisión de problemas hechos en esta clase 1 h                     |
|        | Vacaciones de Semana Santa |   |   |
| 4      | Lunes<br>16/04/07          | <b>Clase expositiva de la teoría III (2 h)</b><br>- T7, Apartado 1: Flujo de <b>B</b> a través de superficies cerradas<br>- T7, Apartado 2: Origen del magnetismo en la materia<br>- T7, Apartado 3: Ley de Ampere para medios materiales | Lectura previa del material teórico de la lección T7 pp. 1-8 1 h  |
| 5      | Miércoles<br>18/04/07      | <b>Sesión IV de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de Efecto Hall (2 h)</b>   | Estudio de lo visto en la clase teórica anterior 1 h<br>Repaso previo de la teoría sobre el efecto Hall 1 h                     |
|        | Miércoles<br>25/04/07      | <b>Clase expositiva de la teoría IV (2 h)</b><br>- T7, Apartado 4.1: Materiales no magnéticos<br>- T7, Apartado 4.2: Materiales ferromagnéticos<br>- T7, Apartado 5: Magnetismo terrestre   | Revisión de los ejercicios hechos en la clase anterior 1 h<br>Lectura previa del material teórico de la lección T7 pp. 9-22 1 h |

|   |                      |   |  |  |
|---|----------------------|---|--|--|
| 6 | Lunes<br>30/04/07    | <b>Sesión V de aprendizaje cooperativo de PROBLEMAS de ley de Ampere con materiales y de materiales no lineales y con histéresis</b><br><b>- Test al grupo sobre la teoría</b><br><b>- Resolución de uno de los pb encargados sobre el tema</b> | Estudio de lo visto en la clase teórica anterior<br>Preparación del test sobre la teoría (sigue detrás)  | 1 h<br>1 h   |
|   | Miércoles<br>2/05/07 | <b>Sesión evaluada de aprendizaje cooperativo de problemas</b> 2 h  | Preparación del trabajo encargado<br><br><b>Total de horas de trabajo del estudiante en esta lección</b><br>Horas de clase:<br>Horas de prácticas<br>Horas de preparación de prácticas<br>Horas de estudio fuera de clase<br>Horas de preparación, en limpio, de materiales<br><b>Total:</b> | 6 h<br><br>24 h<br>4 h<br>2 h<br>16 h<br>6 h<br>52 h |



**Cronograma Tema 8 Grupo 72 (Electricidad y Electrometría)**

| Semana | Sesión              | Actividades en clase  | Horas de trabajo del estudiante (fuera de clase)  |
|--------|---------------------|---|---|
| 1      | Martes<br>8/05/07   | <b>Clase expositiva de la teoría I (1 h)</b><br>- Los experimentos de Faraday con demostraciones prácticas<br>- Ley de Faraday y Lenz<br>- Fuerza electromotriz inducida en un circuito móvil.<br><b>Sesión I de aprendizaje activo de la teoría (1 h)</b><br>- Ejercicios para la explicación de la teoría | Lectura previa del material teórico de esta clase (pp. 1-9) 1 h   |
|        | Viernes<br>11/05/07 | <b>Clase expositiva de la teoría II (1 h)</b><br>- Autoinducción e inducción mutua.<br><b>Sesión II de aprendizaje activo de la teoría (1 h)</b><br>- Ejercicios para la explicación de la teoría   | Estudio del material visto en la clase anterior 1 h<br>Lectura previa del material teórico de esta clase (pp. 10-16) 1 h  |
| 2      | Martes<br>15/05/07  | <b>Clase expositiva de la teoría III (1 ¾ h)</b><br>- Energía magnética<br>- Corrientes de Foucault o de Eddy<br><b>Test individual sobre teoría T 6 y 7 (¼ h)</b>  | Estudio del material visto en la clase anterior 1 h<br>Lectura previa del material teórico para esta clase (pp. 21 – 25) 1 h  |
|        | Viernes<br>18/05/07 | <b>Sesión I de aprendizaje cooperativo de problemas (2 h)</b><br>Los problemas previstos son: T8, 5, 6 y 9  | Estudio del material visto en la clase anterior 1 h<br>Preparación del test de teoría 1 h   |
| 3      | Martes<br>22/05/07  | <b>Sesión II de aprendizaje cooperativo de problemas (1 ¾ h)</b><br>Los problemas previstos son: T8, 12, 14 y 16<br><b>- Test de teoría al grupo (¼ h)</b>  | Revisión de los problemas hechos en la clase anterior 1 h   |
|        | Viernes<br>25/05/07 | <b>Sesión evaluada de apr. cooperativo de problemas (1 ½ h)</b><br><b>Desarrollo de un problema, al azar, de los encargados (½ h)</b>   | Revisión de los problemas hechos en la clase anterior 1 h   |
|        |                     |   | Hacer los 5 problemas. encargados 5 h<br><br><b><u>Total de horas de trabajo del estudiante en esta lección</u></b><br>Horas de clase: 12 h<br>Horas de prácticas 2 h<br>Horas de preparación de prácticas (lectura del apt. 5 de los apuntes + el guión de la práctica) 2 h<br>Horas de estudio fuera de clase 9 h<br>Horas de realización de los problemas encargados 5 h<br><br><b>Total:</b> 30 h |

### Cronograma Tema 8 Grupo 73

| Semana | Sesión                | Actividades en clase  | Horas de trabajo del estudiante (fuera de clase)  |
|--------|-----------------------|---|---|
| 1      | Lunes<br>7/05/07      | <b>Clase expositiva de la teoría I (1 h)</b><br>- Los experimentos de Faraday con demostraciones prácticas<br>- Ley de Faraday y Lenz<br>- Fuerza electromotriz inducida en un circuito móvil.<br><b>Sesión I de aprendizaje activo de la teoría (1 h)</b><br>- Ejercicios para la explicación de la teoría | Lectura previa del material teórico de esta clase (pp. 1-9) 1 h   |
|        | Miércoles<br>9/05/07  | <b>Clase expositiva de la teoría II (1 h)</b><br>- Autoinducción e inducción mutua.<br><b>Sesión II de aprendizaje activo de la teoría (1 h)</b><br>- Ejercicios para la explicación de la teoría   | Estudio del material visto en la clase anterior 1 h<br>Lectura previa del material teórico de esta clase (pp. 10-16) 1 h  |
| 2      | Lunes<br>14/05/07     | <b>Clase expositiva de la teoría III (1 ¾ h)</b><br>- Energía magnética<br>- Corrientes de Foucault o de Eddy<br><b>Test individual sobre teoría T 6 y 7 (¼ h)</b>  | Estudio del material visto en la clase anterior 1 h<br>Lectura previa del material teórico para esta clase (pp. 21 – 25) 1 h  |
|        | Miércoles<br>16/05/07 | <b>Sesión I de aprendizaje cooperativo de problemas (2 h)</b><br>Los problemas previstos son: T8, 5, 6 y 9  | Estudio del material visto en la clase anterior 1 h<br>Preparación del test de teoría 1 h   |
| 3      | Lunes<br>21/05/07     | <b>Sesión II de aprendizaje cooperativo de problemas (1 ¾ h)</b><br>Los problemas previstos son: T8, 12, 14 y 16<br><b>- Test de teoría al grupo (¼ h)</b>  | Revisión de los problemas hechos en la clase anterior 1 h   |
|        | Miércoles<br>23/05/07 | <b>Sesión evaluada de apr. cooperativo de problemas (1 ½ h)</b><br><b>Desarrollo de un problema, al azar, de los encargados (½ h)</b>   | Revisión de los problemas hechos en la clase anterior 1 h   |
|        |                       |   | Hacer los 5 problemas. encargados 5 h<br><br><b><u>Total de horas de trabajo del estudiante en esta lección</u></b><br>Horas de clase: 12 h<br>Horas de prácticas 2 h<br>Horas de preparación de prácticas (lectura del apt. 5 de los apuntes + el guión de la práctica) 2 h<br>Horas de estudio fuera de clase 9 h<br>Horas de realización de los problemas encargados 5 h<br><br><b>Total:</b> 30 h |