

El Temario Adaptativo como Herramienta de Trabajo en Grupo y Motivación del Estudiante de Ingeniería en Electrónica Industrial

⁽¹⁾Herminio Martínez García, ⁽²⁾Joan Domingo Peña y ⁽³⁾Beatriz F. Giraldo Giraldo

⁽¹⁾ *Departamento de Ingeniería Electrónica*

⁽²⁾ *Unidad de Electrónica Industrial*

⁽³⁾ *Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial*

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB)

Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

C/ Comte d'Urgell, 187

Tel.: 93.413.72.90. Fax: 93.413.74.01.

{ [herminio.martinez](mailto:herminio.martinez@upc.edu), [joan.domingo](mailto:joan.domingo@upc.edu), [beatriz.giraldo](mailto:beatriz.giraldo@upc.edu) } @upc.edu

Resumen

La presente ponencia describe una experiencia de trabajo cooperativo en la asignatura obligatoria "Electrónica Analógica - II" (EA-2), asignatura obligatoria de 6 créditos en 3^{er} cuatrimestre de la titulación de Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial, impartida en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB). En esta experiencia, han sido los propios estudiantes los que han decidido la evolución y temario de la asignatura, responsabilizándose de transmitir los conocimientos de buena parte de la misma (y siempre guiados por el profesor de teoría) al resto de compañeros a lo largo de las 15 semanas que dura el curso, de forma que el currículo de la misma, a lo largo de estas 15 semanas, ha sido decidido en buena parte por el conjunto del alumnado. Con ello se ha conseguido una fuerte involucración en la materia impartida por parte de los estudiantes, puesto que han asumido la materia como propia, la han explicado al resto de compañeros, y han realizado problemas de análisis y diseño que han ayudado a la comprensión de la misma.

1. Introducción

Los temarios cerrados, rígidos y bien definidos, siendo una herramienta que define perfectamente la guía de diseño y la evolución de una asignatura o curso a lo largo del cuatrimestre o año, son un aspecto altamente cómodo para el profesor. Sin embargo, en muchas ocasiones adolecen de proporcionar al estudiante una baja motivación. En efecto, los estudiantes son meros receptores pasivos de la información a transmitir (información, por otro lado, preestablecida a comienzo de curso sin tener en cuenta la opinión de los mismos), con el objetivo de cumplir con dichos temarios. Esto hace que muchos de estos estudiantes se "desenganchen" de la asignatura por verse poco o nada involucrados en la materia impartida en la misma.

La presente ponencia describe una experiencia de trabajo cooperativo en la mencionada asignatura obligatoria "Electrónica Analógica - II" (EA-2), que, como hemos comentado previamente, corresponde a una asignatura obligatoria de Universidad de 3^{er} cuatrimestre (dentro del Plan de Estudios 2002) de la titulación de Ingeniería Técnica en Electrónica

Industrial en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona. En la experiencia llevada a cabo durante el cuatrimestre de primavera del curso académico 2009-2010, los propios estudiantes han decidido a lo largo de las semanas (y siempre guiados por el profesor de teoría), la evolución y temario de la asignatura. De esta forma, el currículum de la misma, durante las 15 semanas lectivas que ha durado el cuatrimestre, ha sido decidido en buena parte por los propios estudiantes, ya que ellos han sido también los que han impartido la materia de teoría de la asignatura al resto de compañeros del curso.

El fin último de hacer que el temario sea “adaptativo” y decidido por el conjunto del estudiantado (aunque con supervisión por parte del profesor), es conseguir una fuerte involucración en la materia impartida por parte de los estudiantes, puesto que han asumido de buena manera y en gran parte la materia como propia, la han desarrollado y explicado al resto de compañeros, y han realizado problemas de análisis y diseño de sistemas electrónicos analógicos que han ayudado a la comprensión de la misma. Además, se han conseguido cubrir una serie de competencias transversales, a tener muy en cuenta en los estudios de grado dentro del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES); a saber:

- Potenciación del trabajo cooperativo entre estudiantes, y desarrollar la competencia transversal de ‘**trabajo en equipo**’.
- Desarrollo de la competencia transversal de ‘**trabajo autónomo**’, de forma que cada estudiante se responsabiliza de aquella parte de la materia asignada al grupo que, en semanas sucesivas, deberá explicar al resto de compañeros.
- Desarrollo de la competencia transversal de ‘**expresión oral**’, de forma que un estudiante sepa transmitir al resto de compañeros del curso aquellos conocimientos que, previamente, ha debido él asimilar convenientemente.
- Desarrollo de la competencia transversal de ‘**expresión escrita**’.
- Desarrollo de la competencia transversal de ‘**uso solvente de información**’, especialmente en lengua inglesa, ya que han debido buscar información en libros en inglés, páginas webs de habla inglesa, catálogos y *datasheets* en inglés de fabricantes de componentes y circuitos electrónicos, etc.

2. Contextualización de la Asignatura de Electrónica Analógica – II dentro del Plan de Estudios

Como hemos comentado anteriormente en la sección precedente, la asignatura de Electrónica Analógica – II (EA-2) es una asignatura obligatoria de Universidad de 3^{er} cuatrimestre (por tanto, de 2^o curso) impartida en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB), dentro de la especialidad de Electrónica Industrial de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial.

A esta asignatura los estudiantes llegan tras haber cursado en 1^{er} cuatrimestre (1^{er} curso) la asignatura troncal Teoría de Circuitos (TC) y, en 2^o cuatrimestre (por tanto, también en 1^{er} curso), las asignaturas troncales Electrónica Analógica – I (EA-1) y Electrónica Digital (ED), así como la asignatura, también obligatoria, de Redes y Máquinas Eléctricas (XME). Electrónica Analógica – II es, por tanto, una asignatura en la que los estudiantes de Ingeniería Electrónica se enfrentan con el análisis y, especialmente, el diseño de sistemas electrónicos analógicos, pero llevando un cierto *background* de conocimientos propios de su especialidad como son de Electrónica, pero también de Electricidad.

Concretamente, la asignatura de Teoría de Circuitos contiene un temario clásico consistente, básicamente, en cinco grandes bloques [1, 2]:

- Introducción a los componentes eléctricos (fuentes de tensión y corriente, resistores, inductores, condensadores, etc.), a los circuitos eléctricos y a su análisis.
- Análisis de circuitos eléctricos en DC.
- Análisis de circuitos eléctricos en AC: circuitos RC, RL, RLC y resonancia.
- Teoría de cuadripolos.
- Análisis transitorio de circuitos eléctricos.

Esta asignatura se complementa, ya en 2º cuatrimestre, con la asignatura de Redes y Máquinas Eléctricas, donde se estudia un temario clásico de Electrotecnia para estudiantes de ingeniería Electrónica formado por:

- Análisis de circuitos monofásicos en régimen armónico simple.
- Análisis de circuitos trifásicos en régimen armónico simple.
- Estudio de máquinas eléctricas estáticas: transformadores.
- Estudio de máquinas eléctricas rotativas: motores de DC, motores de AC asíncronos y de AC síncronos.

La asignatura de Electrónica Digital, por su parte, estudia los componentes y sistemas digitales clásicos:

- Estudio y diseño de sistemas combinacionales con componentes SSI y MSI.
- Estudio y diseño de sistemas secuenciales con componentes SSI y MSI.
- Estudio de las tecnologías de fabricación de circuitos digitales.
- Introducción a la arquitectura de microprocesadores (μ P) y microcontroladores (μ C).

La asignatura Electrónica Analógica – I, posterior a la de TC, y previa a la considerada en el presente trabajo (EA-2), tiene un temario formado básicamente por el estudio de dispositivos y componentes electrónicos básicos [3, 4]:

- Introducción a los componentes electrónicos.
- Estudio y aplicaciones del diodo semiconductor.
- Estudio y aplicaciones de los diodos especiales (zéner, varicap, etc.).
- Estudio y aplicaciones de los transistores de unión bipolares (BJT).
- Estudio y aplicaciones de los transistores de efecto de campo (JFET, MOSFET, etc.).

Finalmente, basándose en los contenidos de las asignaturas precedentes, el temario clásico y “formal” desarrollado en la asignatura EA-2 a lo largo de diferentes cuatrimestre (concretamente desde la aparición de la asignatura en el curso 2002-2003) puede verse en la figura 1, donde, como podemos observar, consiste básicamente en un curso clásico de análisis y síntesis de células, bloques y circuitos analógicos basados en el denominado ‘*amplificador operacional realimentado en tensión*’ (VFOA) o, más conocido simplemente como ‘*amplificador operacional*’. Conviene indicar que este temario se adapta o amolda perfectamente en los cursos académicos clásicos que tratan la enseñanza de amplificadores operacionales y sus aplicaciones, impartidos en la mayoría de Universidades de nuestro país y del extranjero. Consiste básicamente en cinco grandes bloques [5, 6]:

- Introducción al procesado analógico de la señal y al amplificador operacional realimentado en tensión (VFOA) (correspondiente a las cajas de color verde de la figura 1).
- Aplicaciones del VFOA cuando éste trabaja en régimen no saturado (aplicaciones lineales) y en régimen saturado (aplicaciones y operadores no lineales) (correspondiente a las cajas de color azulado de la figura 1).
- Limitaciones prácticas del VFOA real (correspondiente a la caja de color rosado de la figura 1).
- Readmisión de la señal y osciladores sinusoidales (correspondiente a la caja de color anaranjado de la figura 1).
- Filtrado de la señal en tiempo continuo (correspondiente a las cajas de color rojo de la figura 1).

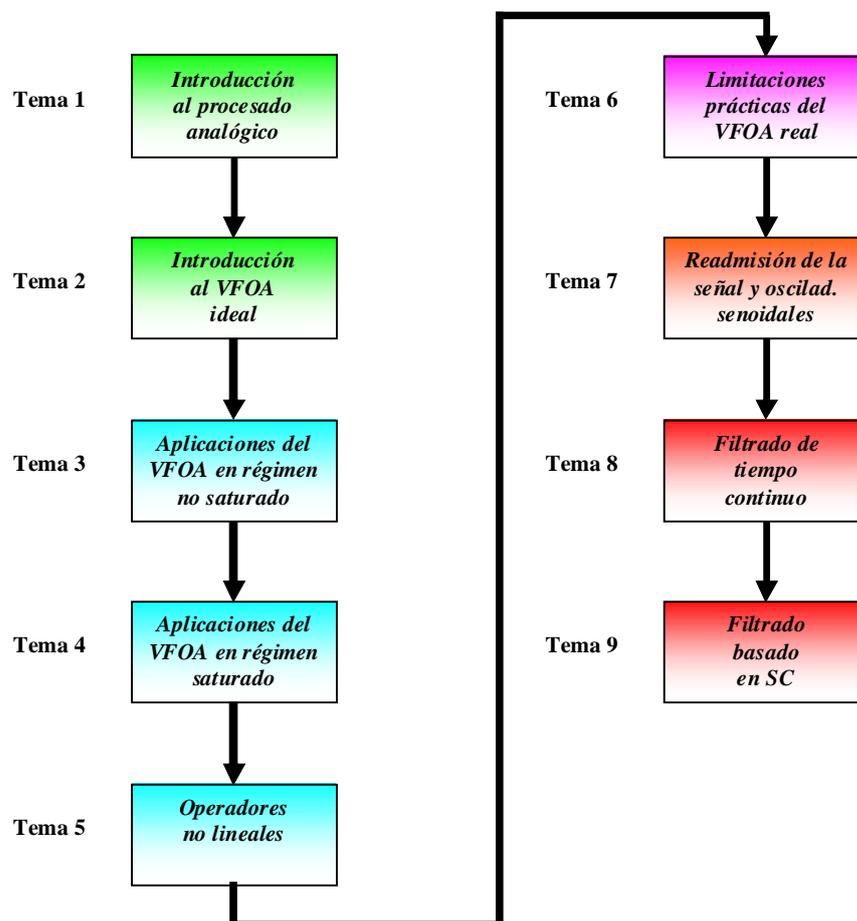


Figura 1. Temario “clásico” desarrollado en la asignatura Electrónica Analógica – II.

3. Experiencia Llevada a Cabo

La experiencia llevada a cabo durante el cuatrimestre de primavera del curso académico 2009-2010 se ha realizado aprovechando que éste ha sido el último cuatrimestre en que la mencionada asignatura se ha impartido antes de la implantación definitiva en la EUETIB de las nuevas titulaciones de grado, dentro del bien conocido Espacio Europeo de Educación Superior

(EEES). Por ello, el número de estudiantes matriculados era de trece. Además, de estos 13 estudiantes matriculados, muchos de ellos (concretamente 9) eran repetidores y, como consecuencia, conocedores (algunos *bien* conocedores), del temario de la asignatura. Es éste un aspecto importante y clave, pues permitirá llevar a cabo experiencias de las desarrolladas aquí, sin temor de que la asignatura deje lagunas sin cubrir en el temario, pues a buen seguro que si no en este cuatrimestre (por las modificaciones en el temario efectuadas), en cuatrimestres anteriores sí que fueron estudiadas.

Presentada la asignatura e impartidos por parte del profesor los temas introductorios 1 y 2, que sirvieron para asentar los conocimientos previos antes de introducirse de lleno en la asignatura (especialmente para aquellos estudiantes de nueva matriculación en la misma), los propios alumnos decidieron, ante un listado de posibles temas de aplicación, y asesorados por el profesor de teoría, aquellos temas que ellos creían que podrían ser más interesantes desarrollar en la asignatura. La figura 2 conforma así el temario llevado a cabo en el cuatrimestre que estamos considerando. Conviene indicar que la definición de este temario fue meditada y llevada a cabo a lo largo de una semana.

Como podemos apreciar en esta figura, los diferentes itinerarios intentan contener los diferentes bloques temáticos expuestos en la figura 1. Sin embargo, se han añadido otros temas relacionados con los primeros que, de alguna manera, intentan mostrar las **aplicaciones** prácticas en los actuales sistemas electrónicos analógicos (amplificación y filtrado de señales de audio, ecualizadores de audio, circuitos moduladores y demoduladores, etc.).

Es decir, la intención es que el estudiante de ingeniería electrónica no vea la materia estudiada en la asignatura como una mera sucesión de bloques o células básicas que posteriormente podrán (si es el caso) utilizar en el diseño e implementación de sistemas electrónicos, sino qué aplicaciones requerirán de dichos bloques. Es decir, que el estudiante sepa, *a priori*, antes de estudiar los bloques básicos de procesado analógico, la **finalidad** o **aplicabilidad** de los mismos, para poder desarrollar por ellos mismos, su estudio, análisis y síntesis.

Así, por ejemplo, las aplicaciones del amplificador operacional (VFOA) trabajando en régimen no saturado (bloque temático **A1**) tienen como una de sus principales aplicaciones el diseño e implementación de etapas amplificadoras para audio (bloque temático **A3**) y, concretamente, las etapas amplificadoras de salida (bloque temático **A4**). Otra de sus aplicaciones inmediatas es la utilización de VFOAs para implementar reguladores lineales de tensión para la estabilización de la tensión de salida en fuentes y sistemas de alimentación en DC (bloque temático **A2**).

Dentro de lo que serían aplicaciones del VFOA trabajando en régimen saturado (bloque temático **B1**) y de los operadores no lineales (multiplicadores y divisores analógicos, extractores del valor absoluto, etc.) (bloque temático **B2**), tendríamos las específicas en instrumentación (para la construcción de polímetros, instrumentos de medida, etc) (bloque temático **BC1**), considerando, además, las principales limitaciones del VFOA práctico (tensiones de *offset*, corrientes de bias y de *offset*, *slew rate*, limitación frecuencial, etc.), limitaciones que, por otro lado, deben ser consideradas en gran manera en este tipo de aplicaciones (bloque temático **C1**).

En cuanto a las células de generación de formas de onda (rectangular, triangular, diente de sierra, etc.) y circuitos de oscilación sinusoidal (bloque temático **D1**), tendríamos como aplicaciones inmediatas la de osciladores controlador por tensión (VCOs) (bloque temático **D2**), circuitos de enclavamiento de fase (PLLs) (bloque temático **D3**) y, por extensión, los circuitos moduladores (bloque temático **D4**) y demoduladores (bloque temático **D5**), tanto para AM (*amplitude modulation*) como para FM (*frequency modulation*).

Por otro lado, dentro de lo que sería el bloque temático de filtrado analógico de la señal (bloque temático **E1**), tendríamos como aplicaciones la de los sistemas ecualizadores de audio (en mesas de mezclas, en estudios de grabación, de producción de radio y de TV, etc.) (bloque temático **E2**).

Finalmente, y relacionada, por un lado, con los bloques temáticos de circuitos moduladores y demoduladores de AM y FM, y, por otro lado, con los sistemas analógicos de filtrado, tendríamos como aplicación final el bloque de filtrado en aplicaciones finales para circuitos de comunicaciones (bloque temático **DE1**); concretamente el de los filtros selectivos de canales (amplificadores sintonizados) y filtrado para portadoras en MODEMS de comunicaciones mediante filtros programables basados en capacidades conmutadas.

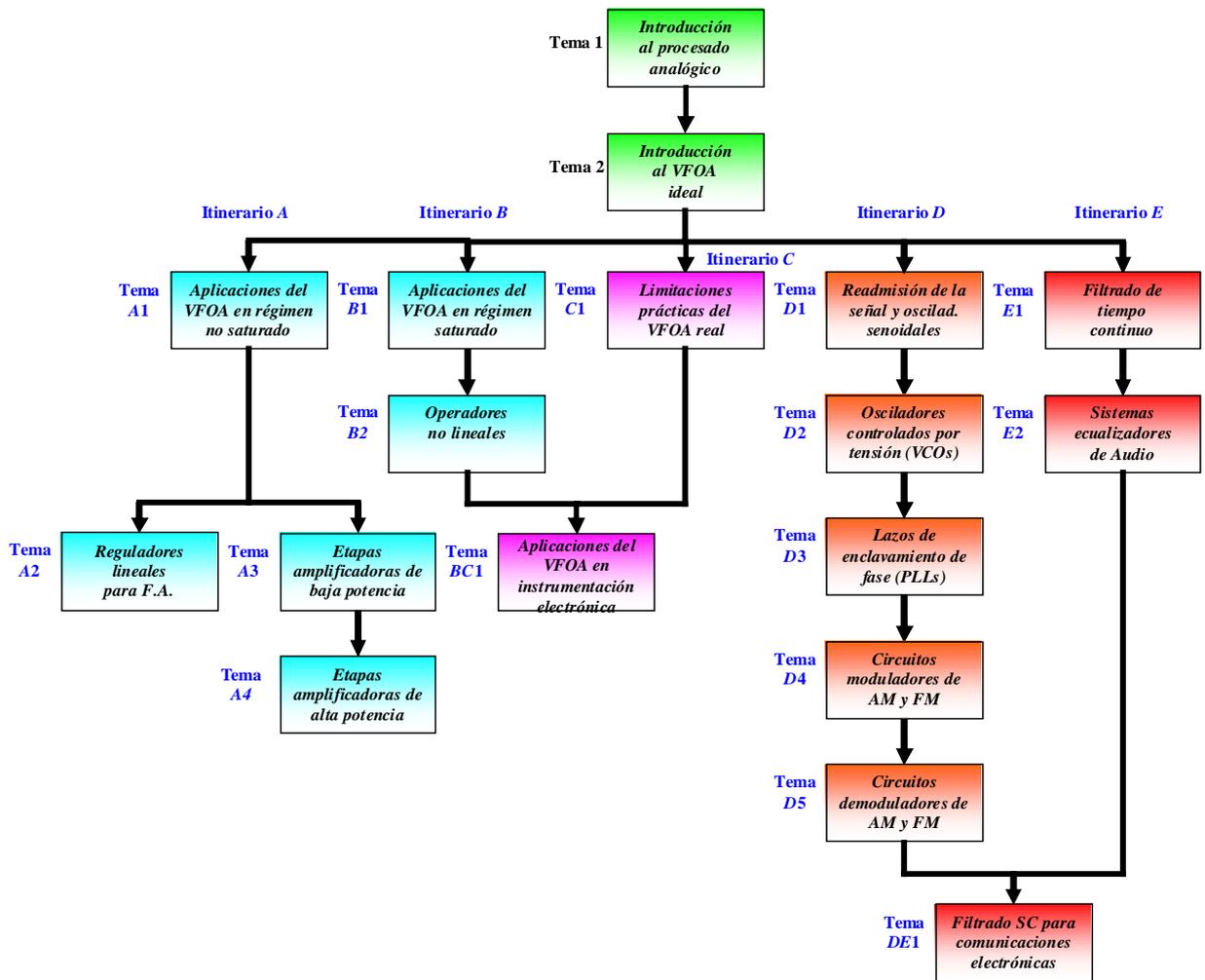


Figura 2. Temario desarrollado por los estudiantes de la asignatura Electrónica Analógica – II.

3.1. Planteamiento y Organización de la Asignatura

A comienzo de curso, los temas (o bloques temáticos) 1 y 2 fueron explicados en clase de forma detallada por parte del profesor de teoría, de forma que se introdujera al estudiante, con la mayor profundidad posible, en el tema genérico del procesado analógico de la señal y en el amplificador operacional ideal (características, estructura interna, funcionamiento, etc.). De esta manera, se pretendió que el conjunto de estudiantes partieran su trabajo personal con una base lo más sólida posible en la temática, sin partir de cero.

A partir de aquí, se realizó una división de tareas y programación temporal a lo largo de todo el cuatrimestre, tal y como muestra la figura 3. En concreto, el número de estudiantes matriculados en la asignatura era de 13. Uno de ellos, por motivos laborales, tenía la imposibilidad de poder asistir regularmente a clase, por lo que renunció a llevar esta dinámica de trabajo, estudiante por *modus proprio*, y se evaluó como clásicamente se había hecho en la asignatura. Los otros 12 estudiantes se agruparon en cuatro grupos de tres estudiantes cada uno de ellos (Grupos A, B, C y D). A partir de aquí, los estudiantes de cada grupo escogieron los diferentes bloques temáticos que se muestran en la figura 3.

Como podemos observar, se dividió los diferentes bloques temáticos en 12 partes o secciones suficientemente autocontenidas (que pueden, o no, corresponder a un bloque temático), pero relacionadas con los temas que los anteceden y preceden. Por ello, cada uno de los cuatro grupos debió de ocuparse en desarrollar tres de estas doce secciones o partes. Obsérvese que, a pesar de que existe una secuenciación temporal a lo largo de cuatrimestre entre los diferentes grupos, se intentó que cada uno de ellos interviniera en secciones “alejadas” en la temática y temporalmente, de forma que su esfuerzo no debiera de concentrarse exclusivamente en una parte de la materia.

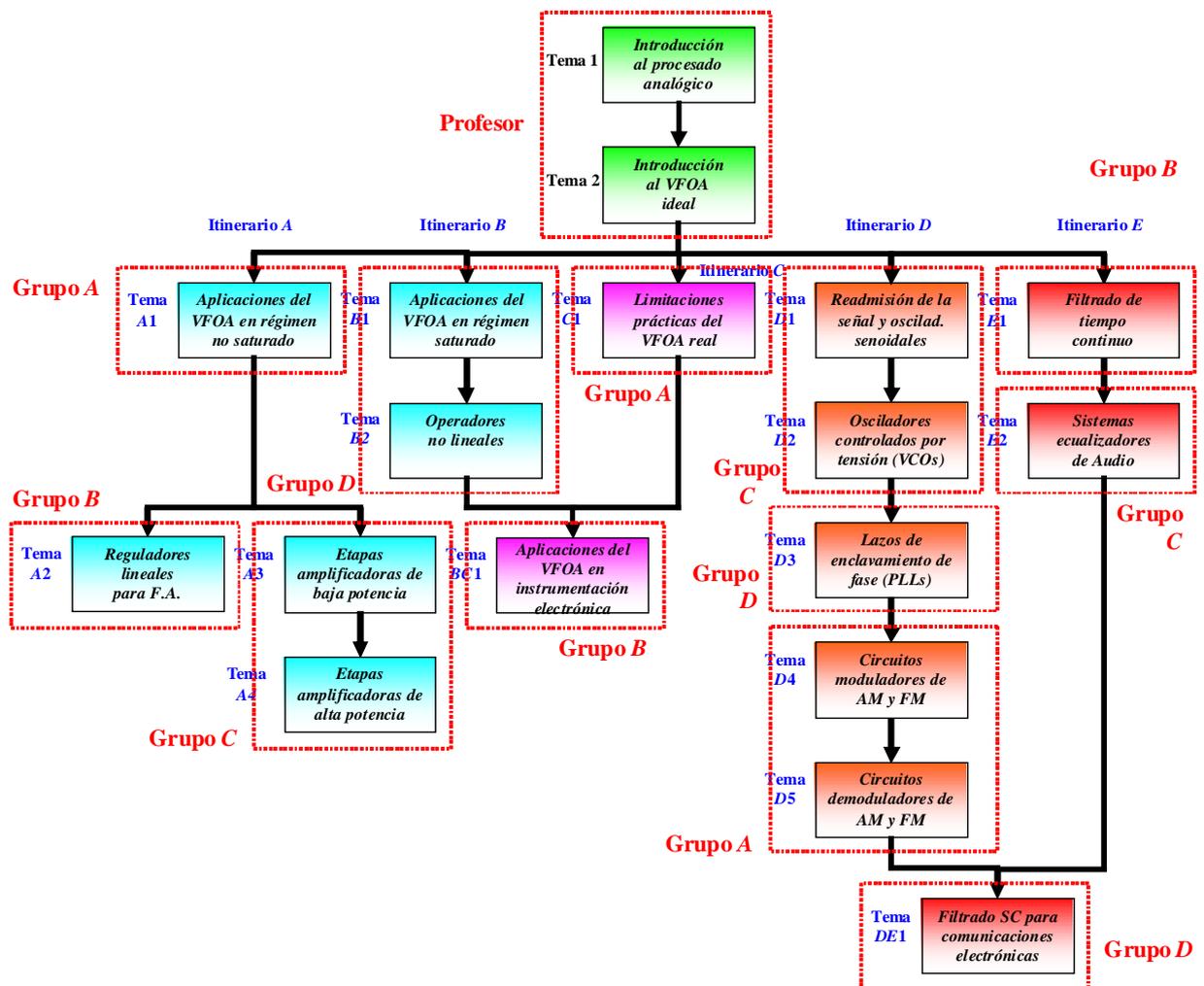


Figura 3. Subdivisión del temario desarrollado por los estudiantes de la asignatura *Electrónica Analógica – II* en secciones (líneas discontinuas de color rojo) y asignadas a cada uno de los cuatro grupos del curso.

Concretamente, a comienzo de curso se definió lo que cada grupo de estudiantes debía realizar que, concretamente, correspondía a:

- Preparar (estudiar) la materia de la sección asignada. Para ello, el profesor suministraba a los estudiantes aquellas referencias bibliográficas que considerara oportunas.
- Preparar una serie de transparencias para la presentación de dicha materia. Para ello, el profesor facilitó una plantilla estándar para que el material fuera uniforme.
- Preparar unos apuntes (a modo de resumen) en Word, de forma que recopilaran y desarrollaran las principales ideas de la materia a desarrollar. Se les exigió a los estudiantes que este documento estuviera, al menos, una semana antes de la correspondiente presentación, para que aquellos estudiantes de otros grupos que desearan mirarse o estudiar dicha materia pudieran hacerlo.
- Preparar una colección de problemas, de dificultad creciente, extraídos de la diferente bibliografía seleccionada, con la solución propuesta y desarrollada.
- Realizar la clase magistral correspondiente, donde explicaran la temática preparada. En estas clases magistrales, el profesor, al menos en teoría, debía de hacer de mero alumno “pasivo”, que escuchaba la clase. En la práctica, sin embargo, debido a algunas inconcreciones, lagunas en el temario o incluso errores, debía intervenir periódicamente en las clases impartidas por sus alumnos.

3.2. Forma de Evaluación de la Asignatura

La forma de evaluación y ponderación en la asignatura fue la siguiente:

- 20%, correspondiente a un examen parcial que comprendía la materia impartida por el profesor (temas 1 y 2) y de las cuatro primeras intervenciones (una por grupo) de los estudiante.
- 20%, correspondiente a las prácticas clásicas de laboratorio.
- 20%, correspondiente a una actividad '**no presencial**', en que se realizó el diseño y montaje de un circuito electrónico relacionado con la temática tratada por el grupo en cuestión.
- 40%, correspondiente a un examen final que comprendía toda la materia impartida; por un lado la del profesor (temas 1 y 2) y, por otro, de las doce intervenciones (tres por grupo) de los estudiantes, efectuadas a lo largo de todo el cuatrimestre. Este examen consistió en cuatro problemas que se escogieron (evidentemente por parte del profesor) de entre toda la colección presentada por los cuatro grupos de estudiantes.

Conviene indicar que los 12 estudiantes que formaban los cuatro grupos de trabajo aprobaron la asignatura sin problemas destacados, aunque todos reflejaron dos aspectos importantes:

- Involucrarse tanto en la asignatura, hasta el punto de decidir qué temario impartir, representa para el estudiante una carga de trabajo extra, especialmente porque, para exponer en clase su correspondiente parte del temario, para que el resto de compañeros lo entienda, representa un fuerte *handicap* al estudiante.
- Las satisfacción de entender el material de la asignatura al margen de las explicaciones y clases magistrales, bien porque lo ha estudiado él mismo (para después transmitirlo al resto de compañeros), bien porque otros compañeros se lo han explicado a él.

Respecto al estudiante treceavo matriculado en la asignatura, y que no intervino en la experiencia llevada a cabo por problemas laborales, conviene indicar que preparó por su cuenta la materia de la asignatura, y se evaluó como al resto de compañeros (incluidas los

mismos exámenes en las pruebas parcial y final). Aunque también aprobó, su nota estuvo por debajo de la media del conjunto de estudiantes matriculados en la asignatura.

3.3. Realización de la 'Actividad No Presencial'

Referente a la actividad '*no presencial*', ésta es una de las partes que sirven para evaluar muchas de las asignaturas (tanto troncales y obligatorias, como optativas y de libre elección) impartidas en la EUETIB. Teniendo en cuenta que es una tarea llevada a cabo por los propios estudiantes (asesorados, eso sí, por parte del profesor) fuera del horario lectivo, los cuatro grupos de estudiantes debían realizar el montaje de un sistema o circuito electrónico que fuera significativo de aquella parte de la materia que ellos mismos habían estudiado e impartido al resto de estudiantes. En concreto, el prototipo a llevar a cabo lo escogían ellos mismo, bajo la supervisión del profesor de teoría. Así los cuatro montajes llevados a cabo (uno por grupo de trabajo) fueron:

- Fuente de alimentación con regulador lineal de tensión.
- Medidor de valores eficaces de señales alternas.
- Ecuilibrador de audio de cinco bandas.
- Filtro analógico basado en capacidades conmutadas, programable digitalmente.

Al final del cuatrimestre, después de haber realizado el examen final, debieron enseñar, presentar, explicar y defender (con ayuda de transparencias y del propio montaje) el funcionamiento del sistema que ellos habían realizado, con tiempo limitado a 30 minutos, al resto de la clase y a los profesores del curso.

4. Conclusiones

El presente trabajo ha presentado la experiencia de trabajo cooperativo llevado a cabo a lo largo del cuatrimestre de Primavera del curso académico 2009-2010, en la asignatura obligatoria "Electrónica Analógica - II" (EA-2), de 3^{er} cuatrimestre (dentro del Plan de Estudios 2002) de la titulación de Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial en la EUTIB. En dicha experiencia llevada a cabo, han sido los propios estudiantes los que, guiados por el correspondiente profesor de teoría, han:

- Decidido el temario de la asignatura.
- Desarrollado y estudiado el temario de la asignatura a lo largo del cuatrimestre.
- Transmitido el temario de la asignatura a lo largo del cuatrimestre.
- Preparado el material de soporte y ayuda al desarrollo de la asignatura a lo largo del cuatrimestre.

Los principales objetivos pretendidos al realizar la presente actividad en clase han sido:

- Potenciar el trabajo cooperativo entre estudiantes, agrupados, como hemos dicho, en grupos de 3 personas, y desarrollar la competencia transversal de '**trabajo en equipo**'.
- Desarrollar (aunque sea de forma marginal) la competencia transversal de '**trabajo autónomo**', de forma que cada estudiante se responsabiliza de aquella parte de la materia asignada al grupo que, en semanas sucesivas, deberá explicar "de viva voz" en clase.

- Desarrollar la competencia transversal de '**expresión oral**', de forma que un estudiante sepa transmitir al resto de compañeros del curso aquellos conocimientos que, previamente, ha debido él asimilar convenientemente.
- Desarrollar la competencia transversal de '**expresión escrita**'.
- Desarrollar la competencia transversal de '**uso solvente de información**', especialmente en lengua inglesa, ya que han debido buscar información en libros en inglés, páginas webs de habla inglesa, catálogos y *datasheets* en inglés de fabricantes de componentes y circuitos electrónicos, etc.

5. Referencias

1. Thomas L. Floyd, *Principios de Circuitos Eléctricos*, Ed. Pearson Educación S.A., México D.F., 8ª Edición (2007).
2. Richard C. Dorf, James A. Svoboda, *Circuitos Eléctricos. Introducción al Análisis y Diseño*, Ed. Alfaomega Grupo Editor S.A., México D.F., 3ª Edición (2000).
3. Muhammad H. Rashid, *Circuitos Microelectrónicos. Análisis y Diseño*, Ed. Thomson Editores Spain / Paraninfo S.A., Madrid (2002).
4. Norbert R. Malik, *Circuitos Electrónicos. Análisis, Simulación y Diseño*, Ed. Prentice Hall, Madrid (1998).
5. Sergio Franco, *Diseño con Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Analógicos*, Ed. McGraw-Hill Interamericana, México, D.F., 3ª Edición (2005).
6. James M. Fiore, *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales*, Ed. Thomson Editores Spain / Paraninfo S.A., Madrid (2002).