



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS  
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD  
X CONVOCATORIA (2008-2009)



❖ **DATOS IDENTIFICATIVOS:**

**Título del Proyecto**

APLICACIONES DIDÁCTICAS DEL MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS FÍSICO-TECNOLÓGICOS.

**Resumen del desarrollo del Proyecto**

En este proyecto hemos planteado una metodología didáctica para el estudio de una serie de sistemas físico-tecnológicos, en la que el modelado y simulación de los mismos posibilita integrar de forma activa, el conocimiento teórico (modelado) con la simulación y contrastación experimental en el laboratorio. Dicha metodología favorece que el alumno adquiera una forma de enfrentarse a los problemas (habilidades o competencias) análoga a la que se requiere en su profesión.

	<b>Nombre y apellidos</b>	<b>Código del Grupo Docente</b>
<b>Coordinador/a:</b>	Antonio Blanca Pancorbo	021
<b>Otros participantes:</b>	José García-Aznar Escudero	021
	José Ruiz García	020
	Francisco José Bellido Outeriño	021
	Matías Liñán Reyes	020
	José María Flores Arias	021
	Antonio Moreno Muñoz	020

**Asignaturas afectadas**

<b>Nombre de la asignatura</b>	<b>Área de Conocimiento</b>	<b>Titulación/es</b>
Sistemas de Comunicación Ópticos	Física Aplicada	I. T. Inf. de Sistemas y de Gestión
Aplicaciones Industriales de la Electrónica de Potencia	Electrónica	I. Automática y Electrónica Ind.
Circuitos Electrónicos de Potencia	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Electrónica	Tecnología Electrónica	I. T. Inf. de Sistemas
Electrónica Industrial	Tecnología Electrónica	I. Automática y Electrónica Industrial
Instrumentación Electrónica	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Electrónica Analógica	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Regulación de convertidores electrónicos	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Electrónica Básica	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Sistemas Electrónicos de Potencia	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica

## 1. Introducción

En los Departamentos de Física Aplicada y A. C. Electrónica y Tecnología Electrónica de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba, desde hace algunos años, se están llevando a cabo en diversas asignaturas una serie de innovaciones didáctico-metodológicas de coordinación y sincronización de un conjunto de prácticas y trabajos donde se aborda el estudio de algunos sistemas físico-tecnológicos desde diversos enfoques: modelación, simulación, implementación real y experimentación, análisis y contraste de los resultados obtenidos en las diversas fases del estudio y análisis del sistema físico-tecnológico.

En el estudio de los sistemas físico-tecnológicos, la modelación y simulación presentan una serie de ventajas. La modelación es un intento de describir de un modo preciso la comprensión de los elementos de un sistema de interés, sus estados y sus interacciones con otros elementos. Los modelos deberán ser lo suficientemente detallados y precisos para que en principio puedan ser utilizados para simular el comportamiento de un sistema en un ordenador.

La primera cuestión a plantear cuando uno se enfrenta a un proyecto de modelación es decidir exactamente qué características incluir en el modelo, y en particular, el nivel de detalle que pretendemos capture el modelo.

El arte de construir un buen modelo consiste en capturar las características esenciales del sistema sin cargar el modelo con detalles no esenciales. Un modelo matemático es una simplificación deliberada de la realidad, lo que es un indicativo de las limitaciones que tienen los modelos

Así que, cualquier modelo es en cierto aspecto una simplificación del sistema que modela. Sin embargo, su validez se debe a que cogen dichas simplificaciones y se hacen explícitas, de modo que puedan ser analizadas no sólo cualitativamente sino también cuantitativamente.

Tener un modelo detallado de un sistema nos permite probar que las deducciones que se extraen del mismo coinciden con los resultados obtenidos experimentalmente, lo que nos indica si su comprensión y conocimiento son correctos.

La modelación también posibilita la realización de predicciones sobre el comportamiento del sistema a través de experimentos virtuales, que de otra forma generalmente serían difíciles, consumidores de tiempo, dinero y recursos, o imposibles de realizar en el laboratorio. Tales experimentos pueden descubrir importantes relaciones indirectas entre los componentes del modelo que de otra forma serían muy difíciles de predecir. Los modelos pueden ser muy útiles para facilitar el diseño y análisis de sistemas muy complejos.

Por otro lado, los procesos de enseñanza-aprendizaje en el campo científico-tecnológico plantean una serie de dificultades relacionadas habitualmente con la masificación de las aulas, la carencia de materiales adecuados en muchos laboratorios docentes y un número de créditos bastante limitado en muchas asignaturas que hace que se resienta bastante la interrelación teoría- práctica.

La utilización del ordenador tanto en las simulaciones de sistemas físicos como en la toma y análisis de datos experimentales ha servido para mitigar en gran medida algunas de las dificultades relacionadas anteriormente.

Las herramientas informáticas permiten plantear experiencias que:

Son menos costosas que las prácticas realizadas con dispositivos físicos reales.

Complementan las experiencias reales introduciéndoles en el campo de la simulación que tanta importancia tiene actualmente en el mundo de la ingeniería.

Se pueden incluir en la programación de las asignaturas de forma conjunta con las cuestiones y problemas, planteándolo, por ejemplo, como problemas teórico-prácticos.

Permiten una interrelación más profunda entre las asignaturas implicadas en el Proyecto.

Se posibilita que el alumno pueda acceder a las herramientas informáticas de modelado y simulación fuera del horario lectivo habitual, lo que favorece la potenciación de los procesos de aprendizaje, la recuperación de prácticas perdidas o evaluadas negativamente y le permite desarrollar trabajos complementarios que formarán parte de la evaluación.

Además, si se realiza la implementación real de las prácticas simuladas se puede comprobar la bondad y fidelidad de los modelos simulados, mostrándoles una metodología de trabajo que les ayuda a adquirir muchas de las competencias necesarias para el trabajo en su ámbito profesional.

Por estas razones creemos que es importante en la formación de un ingeniero la modelación, simulación e implementación real de dichos sistemas (circuitos, sistemas de comunicación, etc.) con el objetivo de estudiar una serie de aplicaciones con una importancia cada vez mayor en el campo de sus salidas profesionales.

En este proyecto se planteará la modelación y simulación de una serie de sistemas físico-tecnológicos (eléctricos, electrónicos, optoelectrónicos, sistemas de comunicación, etc.) cuyo conocimiento y comprensión tienen importancia en varias asignaturas de las diferentes especialidades de las que se imparten en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba.

## **2. Objetivos**

Objetivo clave en la formación científico-técnica de nuestros alumnos es que adquieran un grado o nivel de competencia adecuado que les posibilite abordar con garantías los diversos problemas que se les planteen en el ejercicio profesional (capacidades o competencias de resolución de problemas, de aplicar los conocimientos en la práctica, trabajar en equipo, etc.). Además, dado el ritmo de avance en muchos campos científico-tecnológicos, creemos que es importante que nuestros alumnos adquieran las competencias de autoaprendizaje (capacidades o competencias de adaptación a nuevas situaciones, para el aprendizaje autónomo y profundo, innovación, iniciativa y espíritu emprendedor, etc.).

Esto nos ha llevado a plantearnos unos objetivos:

### **Generales:**

1. Potenciar la interrelación clases teóricas-experiencias de laboratorio.
2. Potenciar la interrelación entre las asignaturas implicadas en el Proyecto.
3. Potenciar el trabajo conjunto de alumnos especializados en informática y otros en electrónica, formando equipos multidisciplinares.
4. Introducir en las experiencias simuladas e interrelacionarlas con las clases teóricas y las experiencias de laboratorio.
5. Enseñar la implementación de simulaciones de sistemas físicos, por ejemplo circuitos eléctricos y electrónicos, etc.
6. Introducir el uso de herramientas informáticas habituales en la resolución de problemas de ingeniería (MATLAB, PSPICE).
7. Introducir en el tratamiento de los datos obtenidos en simulaciones y/o experimentales con la ayuda de programas informáticos ( Insite, Chaos Data Analyzer, Xppaut).

### **Específicos:**

Elaborar de una serie de experiencias de laboratorio (reales y simuladas) para las asignaturas implicadas que incluirán las siguientes partes:

- Estudio teórico, análisis y obtención de resultados utilizando los datos correspondientes a los sistemas implicados.
- Confección del modelo de la experiencia y obtención de los resultados de la simulación del mismo.
- Montaje experimental y obtención de datos reales.
- Reproducción del comportamiento no lineal a partir de los datos obtenidos en las experiencias simuladas y en los experimentos de laboratorio.
- Contraste de los resultados obtenidos de los análisis teóricos, de la simulación y del experimento real.
- Discusión y modificación de los modelos de simulación, si fuera necesario, a fin de eliminar disparidades entre resultados reales y de simulación.
- Estudiar la influencia de diversos tipos de ruidos en algunos sistemas no lineales cuando se encuentran en el intervalo de parámetros con una gran diversidad de comportamiento dinámico (estacionario, periódico, cuasiperiódico, caótico, etc.) utilizando diversas técnicas. [2ª fase]
- Transmitir información en un sistema de comunicación encriptada caóticamente, utilizando el control y sincronización de circuitos electrónicos no lineales. [2ª fase]
- Estudiar la influencia de diversos tipos de ruidos en el comportamiento de un sistema de comunicación óptico, simulado en Matlab. [2ª fase]

### **3. Descripción de la experiencia** (exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia)

#### **a) Elección de los programas para la simulación .**

En esta experiencia se ha realizado el estudio, simulación y montaje experimental de algunos circuitos y dispositivos eléctricos, electrónicos y algunos de los dispositivos de los sistemas de comunicación por fibra, sentando las bases para la comprensión y utilización de los programas implicados en las simulaciones propuestas.

Programas de simulación numérica como el ORCAD/PSpice permiten verificar el funcionamiento de un circuito eléctrico o electrónico rápidamente y sin necesidad de una implementación utilizando los componentes reales, de modo que dichos programas se han convertido en herramientas muy útiles para salvar tiempo y coste en el diseño de circuitos.

Sin embargo, los simuladores numéricos tienen el inconveniente de que no pueden reemplazar a los cálculos analíticos necesarios para obtener un conocimiento cualitativo del circuito en las primeras etapas del proceso de diseño (ej., cómo las características de funcionamiento dependen de los parámetros del circuito, etc.).

Tradicionalmente, los cálculos de diseño analítico han sido realizados manualmente pero hoy día se puede aprovechar para realizar dichos estudios de diseño, algunos entornos de cálculo numérico y simbólico (Mathematica, Matlab, etc.) capaces de realizar operaciones matemáticas complejas automáticamente, aunque su aplicabilidad práctica tiene sus limitaciones ya que, por ejemplo, el tamaño de las funciones de transferencia simbólica crece exponencialmente con el tamaño del circuito.

#### **b) Contexto de la experiencia**

Se trata de un Proyecto en el que participamos profesores que pertenecemos a diferentes departamentos (Electrotecnia y Electrónica, Física de la E.P.S.), además, se encuentran implicadas asignaturas diferentes correspondientes a distintos cursos y titulaciones.

Esto hace que tengamos que realizar la modelación-simulación de sistemas físico-técnicos diferentes, tanto en el tipo de sistemas como en su complejidad, implementación experimental y tipo de análisis a realizar.

Este contexto nos plantea un desafío (con algunos grupos) en relación a cómo conseguir implicar a nuestros alumnos para que adquieran la competencia de trabajar en grupo aún cuando estos grupos no sean homogéneos. Esto presenta ventajas e inconvenientes, aunque en el proyecto se les ha hecho incidencia en que debían aprovechar esos conocimientos y competencias diferentes, para una adecuada división de las tareas en la realización de las prácticas y los trabajos a entregar.

### **c) Estrategia docente**

Durante el desarrollo del proyecto en las distintas asignaturas, se han aplicado estrategias didácticas basadas en un enfoque metodológico teórico-práctico, esto es, se ha procurado mantener permanentemente una estrecha relación entre teoría y práctica, de forma que, ambos aspectos se apoyen y refuercen mutuamente sin quedar supeditada una a otra.

El desarrollo de la experiencia con los alumnos ha consistido en:

- 1) Se han formado una serie de grupos donde cada dos alumnos ocupan un puesto de prácticas tanto de simulación (ante el ordenador) como en el laboratorio (en la implementación de los circuitos con sus componentes reales).
- 2) Se han dispuesto varios puestos de prácticas.
- 3) Antes de las sesiones de prácticas se les hace entrega de:
  - los tutoriales de los programas de simulación que se van a utilizar,
  - un guión con la descripción de la utilización del instrumental de medición que manejarán,
  - el guión de la práctica correspondiente.
- 4) En cada sesión de prácticas:
  - a) se ha dado una breve explicación con el objetivo de aclarar:
    - la relación teoría-práctica.
    - los pasos a seguir en la realización de la práctica (indicándoles el por qué de dicha secuenciación).
  - b) se les ha hecho un seguimiento continuo, resolviendo dudas y planteando sugerencias (para motivarles, orientarles y ayudarles a profundizar en su trabajo).
- 5) Sesiones prácticas
  - Las tres primeras sesiones prácticas se han dedicado al aprendizaje de los programas de simulación y su interrelación. Para que dicho aprendizaje no se realice en abstracto hemos utilizado unas demos para concretar cómo han de realizarse los procesos de simulación (dichas demos están incluidas en los tutoriales de los programas de simulación, que se han elaborado).
  - La sesión siguiente se ha dedicado a implementar en el laboratorio el circuito simulado en la demo y a realizar las mediciones, para lo que, previamente se les enseña cómo deben utilizar el instrumental correspondiente.
  - La quinta sesión se dedica a enseñarles cómo deben elaborar el informe de las prácticas, enfocando su realización como la de un informe de carácter científico (resumen, introducción, objetivos, material utilizado, descripción de

la experiencia, tratamiento y análisis de los datos experimentales, conclusiones).

- En las demás sesiones los alumnos desarrollan las diversas simulaciones y montajes experimentales programados en las diversas asignaturas implicadas en el proyecto.
- A nivel experimental hemos realizado una sesión de prácticas en que un grupo (voluntario) ha realizado una exposición pública de su trabajo (tipo mini-proyecto) entrándose después en una fase de debate público en que los demás alumnos planteaban sus dudas, objeciones, sugerencias, etc.

#### **4. Materiales y métodos** (describir la metodología seguida y, en su caso, el material utilizado)

Los materiales utilizados han sido los disponibles en los departamentos implicados, tanto el existente en los laboratorios correspondientes (osciloscopios, fuentes de alimentación, material fungible diverso, etc.), como las aulas de ordenadores montados en los propios departamentos como los disponibles para la comunidad universitaria por parte de la Universidad de Córdoba. El software puesto a disposición corresponde en algunos casos al disponible en los departamentos (Orcad/Spice, Chaos Data Analyzer, Insite); al puesto a disposición por la Universidad de Córdoba (Matlab, Microsoft Office Word y Excel); al de distribución libre como Maxima, Scilab y Octave, Tisean, Visual Recurrence Analysis.

En las primeras reuniones, hemos realizado una distribución del trabajo de forma que cada uno de los profesores en función de la asignatura que imparte, realizará el planteamiento del sistema a modelar-simular, así como si es factible la implementación experimental, a plantear la fabricación de los montajes correspondientes.

Una vez elegidos los sistemas que van a constituir el material con el que se vamos a trabajar en el proyecto, pasamos a plantear (basándonos en la experiencia obtenida en otros proyectos de innovación) las líneas maestras que debemos seguir en la elaboración de los tutoriales de manejo de los programas utilizados, demos y guías didácticas para la realización de las modelaciones- simulaciones, guiones de las prácticas a implementar en el laboratorio, cuestiones a plantear para que las resuelvan utilizando las simulaciones y/o experimentaciones realizadas, formato que deben tener las memorias a entregar con la realización de las prácticas y/o trabajos de modelación-simulación y experimentales.

También nos hemos planteado utilizar el método o técnica de evaluación, consistente en que los alumnos hagan una defensa pública de sus trabajos, en la que los demás compañeros les puedan formular diversas preguntas (así como los profesores responsables de ese trabajo), así como una experiencia de coevaluación de algunos de los aspectos de los trabajos, exposición y defensa.

Dado que no teníamos ninguna experiencia en cómo iba a funcionar la coevaluación, hemos planteado que la exposición-defensa de los trabajos se realice de forma voluntaria.

Para coordinar todos los aspectos implicados en la realización del proyecto hemos tenido diversas reuniones de puestas en común entre los diversos miembros del grupo implicados en actividades complementarias, así como puestas en común generales periódicas para seguimiento global de los objetivos pretendidos.

#### **5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso** (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad)

Los resultados obtenidos con los alumnos y asignaturas participantes en el proyecto aparecen reflejados en la Tabla 2.

En ella mostramos algunas de las asignaturas implicadas y las otras asignaturas con las que se han coordinado a través de la realización de las prácticas de modelación-simulación y/o experimentos correspondientes. También se muestra algunos ejemplos de sistemas físico-tecnológicos trabajados

Ya que han participado todos los alumnos no presentamos cuadros cuantitativos que reflejen la evolución de esa participación. Por otro lado como no hemos realizado un seguimiento cuantitativo estadístico de los resultados, tampoco aparecen los cuadros y gráficas correspondientes a los mismos.

Como ya hemos dicho, uno de los objetivos fundamentales del proyecto es que los alumnos adquieran una serie de competencias que les posibilite una formación y una visión de cuál va a ser (en general) su forma de trabajar en el ámbito profesional, para ello se les ha enseñado una metodología de trabajo (que es la habitualmente utilizada en el campo científico-técnico) acorde con la realidad profesional que se encontrarán en el ámbito de las muchas empresas (eléctricas y electrónicas, etc.).

Se les ha introducido en el campo del modelado y simulación, cuya importancia, relevancia y perspectivas actuales y futuras son cada vez mayores.

Han desarrollado la competencia de trabajar en grupo, tanto en la realización de las experiencias, en la elaboración de informes y en la preparación, exposición y defensa de sus trabajos. Esto conlleva también el trabajo de otras competencias como las de organización y planificación, comunicación oral y escrita en la lengua nativa, habilidad en las relaciones interpersonales, etc.

También hemos detectado que con la utilización de estas prácticas y trabajos de modelación-simulación, los alumnos pueden adaptar mejor su tiempo y ritmo de aprendizaje, ya que tienen la posibilidad de acudir al laboratorio fuera de su horario lectivo (aparte de poder utilizar versiones de evaluación de los programas disponibles en los Departamentos y que también se pueden descargar gratuitamente a través de Internet), adentrándose en el camino de la autoformación (tan esencial para la renovación de sus conocimientos y competencias cuando acaben sus estudios oficiales).

A lo largo de las experiencias hemos intentado transmitirles (creemos haberlo conseguido en algunos casos) y hacerles constatar, la idea de que la teoría es una herramienta (conceptual) fundamental para resolver y comprender los problemas y necesidades de la tecnología, aunque es necesario también su contrastación experimental.

Además, se han realizado una serie de simulaciones de circuitos eléctricos y electrónicos y se han implementado físicamente algunos de ellos, lo que ha favorecido la conexión teoría-simulación-experimentación y cómo contrastarlos.

Dado que algunas de las implementaciones de los circuitos son costosas, no se han podido construir muchas unidades, lo cual limita el número de alumnos que pueden acceder a dichas experiencias.

Dicho material queda a disposición del profesorado que lo solicite, siempre que acredite un uso adecuado del mismo, con objetivos docentes, y se responsabilice de su integridad.

Como muestra de actividades realizadas en la Tabla 1 se muestra partes de tres ejemplos de algunas de estas:

1) En la asignatura Electrónica Analógica

**EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL COMO INTEGRADOR.**

El objeto de esta práctica es el estudio del amplificador operacional cuando se utiliza como integrador (análisis transitorio, función de transferencia, barrido en frecuencia, etc.). Para ello se llevará a cabo su modelado, simulación, montaje experimental y la contrastación con los resultados de la simulación.

2) En la asignatura Sistemas Electrónicos de Potencia

### PUENTE MONOFÁSICO TOTALMENTE CONTROLADO

El objeto de esta práctica es el estudio de los circuitos electrónicos rectificadores de onda completa (comprender su funcionamiento, estudiar sus características, parámetros típicos, fenómenos que en él se pueden producir y comportamientos que puede tener). Para ello se llevará a cabo su modelado, simulación, montaje experimental y la contrastación con los resultados de la simulación.

3) En la asignatura Sistemas de Comunicación Ópticos

### MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE UN AMPLIFICADOR ÓPTICO EN MATLAB

El objeto de esta práctica es el estudio de un amplificador óptico semiconductor (comprender su funcionamiento, estudiar sus parámetros típicos, fenómenos que en él se pueden producir y comportamientos que puede tener) utilizando un modelo implementado con Simulink y simulado en el entorno de Matlab.

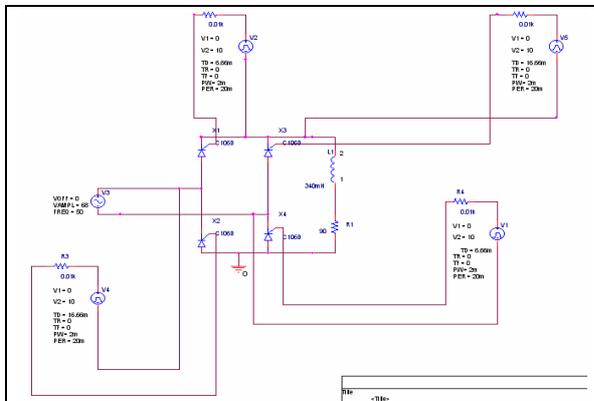


FIGURA 1.-Esquema de puente monofásico controlado. Con ángulo de disparo  $30^\circ$

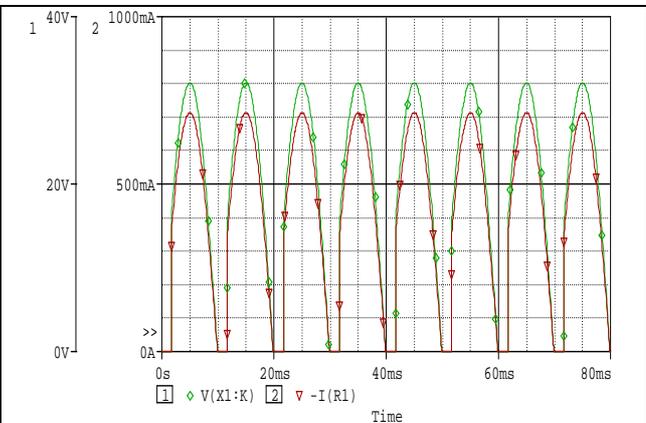


FIGURA 2.-Tensión y corriente. Carga  $R=45 \alpha=30^\circ$

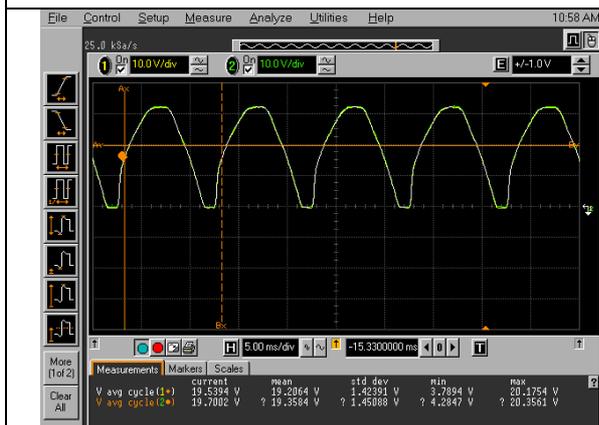
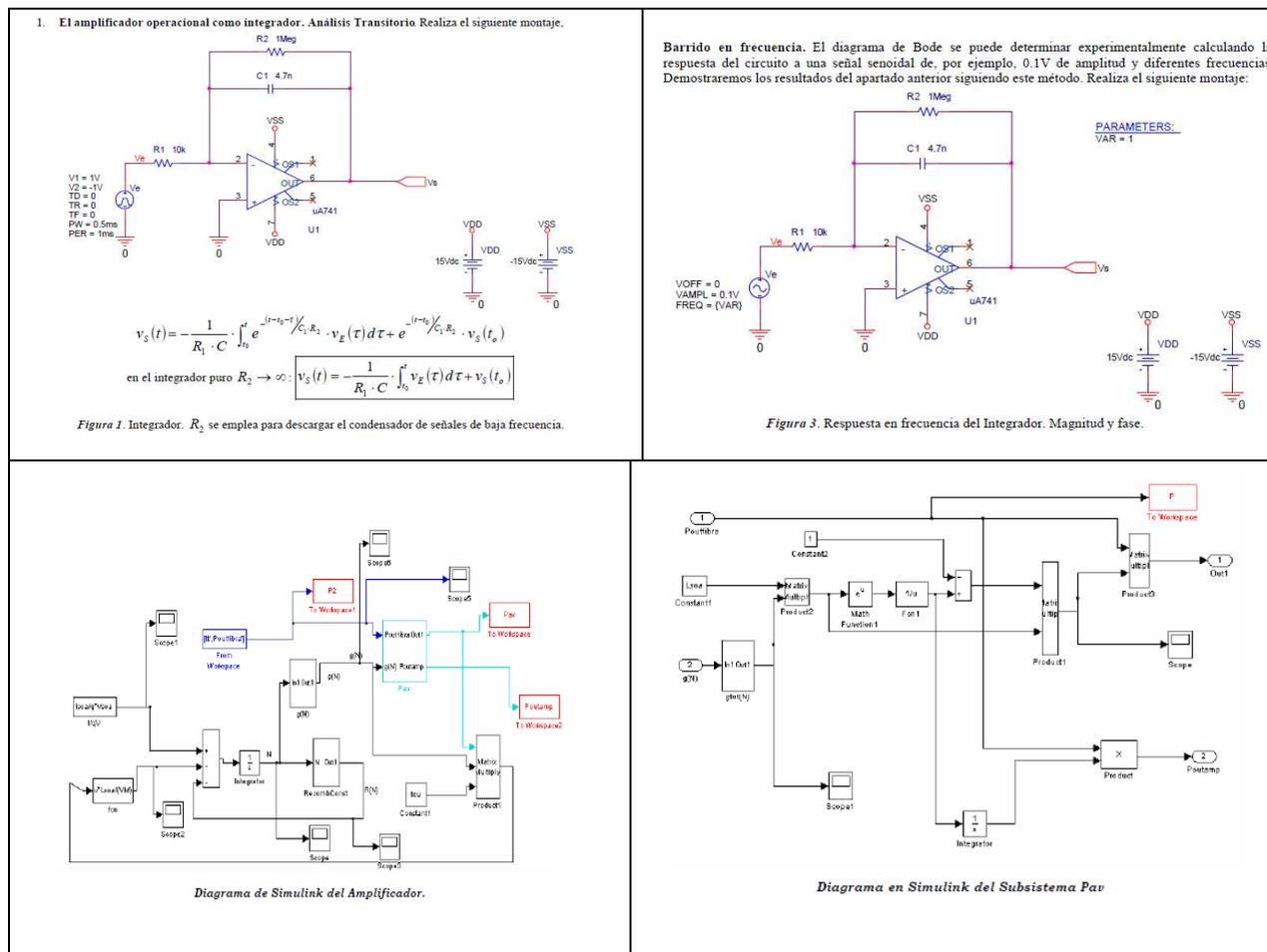


FIGURA 3.-Tensión y corriente. Carga  $R=45 \alpha=30^\circ$



**Tabla 1. Ejemplos de actividades realizadas**

En la Tabla 2 se muestra las asignaturas, algunas de cuyas actividades hemos escogido mostrar, el número de alumnos afectados y otras asignaturas con las que se han coordinado para complementar y sincronizar dichas actividades.

ESPECIALIDAD	ASIGNATURA	Nº ALUMNOS AFECTADOS	SISTEMAS FÍSICO-TECNOLÓGICOS A ESTUDIAR	DURACIÓN	ASIGNATURAS CON QUE SE COORDINA
I.T. en Informática de Sistemas y Gestión	Sistemas de Comunicación Ópticos (3º curso)	29	Algunos componentes de un sistema de comunicación por fibra óptica (amplificadores ópticos semiconductores, etc.)	Curso 2008/09	[1] -[2]-[3] (modelos de circuito equivalente)
I.T Industrial en Electrónica	Electrónica Analógica(2º curso)	142	Amplificadores operacionales. (estudio de su comportamiento y aplicaciones)	Curso 2008/09	[4] -[5]-[6]- [7] - [8]-[9]-[10]
I.T Industrial en Electrónica	Electrónica de Potencia (3º curso)	111	Fuentes de alimentación conmutadas. Rectificadores, etc. (estudio de su comportamiento dinámico)	Curso 2008/09	[1] -[2]-[3]-[4] - [5]-[6]- [7] -[8]-[9]

**Tabla 2. Asignaturas implicadas en el proyecto relacionadas en función de algunas de las actividades realizadas**

- [1] --*Electrónica Básica (1º curso I.T.I Electrónica 186 alumnos)*
  - [2] --*Electrónica Analógica (2º curso I.T.I Electrónica 142 alumnos)*
  - [3] -- *Electrónica (1º curso I.T. Inf. de Sistemas 177 alumnos)*
  - [4] --*Fuentes de Alimentación Electrónicas Avanzadas (2º curso I.A.E.I 5 alumnos)*
  - [5] --*Aplicaciones Industriales de la Electrónica de Potencia ((2º curso I.A.E.I 8 alumnos)*
  - [6] --*Instrumentación electrónica(2º curso I.T.I Electrónica 57 alumnos)*
  - [7] – *Electrónica de Potencia (3º curso I.T.I Electricidad 111 alumnos)*
  - [8] --*Regulación de convertidores electrónicos (3º curso I.T.I Electrónica 24 alumnos)*
  - [9] --*Electrónica Industrial (1º curso I.A.E.I 11 alumnos)*
  - [10] –*Sistemas de Comunicación Ópticos (3º curso I.T. Inf de Sistemas y Gestión 29 )*
- I.A.E:I (Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial)**

**6. Utilidad** (comentar para qué ha servido la experiencia y a quienes o en qué contextos podría ser útil)

Pensamos que la introducción de las simulaciones, aparte del enorme valor intrínseco que tienen para el futuro profesional de nuestros alumnos, facilita en gran medida la adopción de la metodología científico-técnica como parte fundamental de sus hábitos de trabajo.

Hemos constatado su utilidad en las asignaturas implicadas, aunque pensamos que pueden servir también en todas las titulaciones que tengan asignaturas donde sea conveniente simular y/o comprender, determinados comportamientos dinámicos de los sistemas que traten.

**7. Observaciones y comentarios** (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados)

Somos conscientes de que no se han integrado en el proyecto asignaturas que contienen en su currículum el estudio de circuitos eléctricos y electrónicos. Abogaremos por conseguir su implicación en el futuro.

Las titulaciones de Informática aparecen porque en ellas se les aclara el uso y/o aplicación de los procesos de simulación, lo cual implica el manejo teórico y práctico de un conjunto de conocimientos bastantes importantes para nuestros alumnos, sobre todo en lo concerniente a la utilización de los programas, métodos numéricos y analíticos, lenguaje de programación, etc. Aparte de esto, les permite conocer con mayor profundidad el funcionamiento y comportamiento físico de los sistemas de comunicación por fibra óptica.

Muchos de los esquemas conceptuales utilizados por nuestros alumnos en el estudio de los sistemas físicos estudiados en el proyecto, están plagados de errores, lagunas, confusiones, etc., por lo que tal como abogan muchas teorías didácticas, en la aplicación generalizada de la experiencia hemos detectado algunos de ellos y diseñando determinadas actividades que pueden ayudar a corregirlos.

**8. Autoevaluación de la experiencia** (señalar la metodología utilizada y los resultados de la evaluación de la experiencia)

Como ya se ha reseñado anteriormente la metodología utilizada ha sido la denominada, metodología constructivista del aprendizaje (ver apartado de objetivos). Los alumnos a través del modelado, simulación del sistema físico correspondiente y toma de datos en el laboratorio, han tenido una participación activa en el proceso de su aprendizaje con un componente motivacional adicional que observamos se va acentuando conforme van comprendiendo y manejando las técnicas y el software implicado.

El análisis y valoración de los resultados obtenidos tanto en este curso académico como en otros anteriores, hace que se pueda considerar que la integración de las simulaciones con el desarrollo teórico del curso y los montajes experimentales en el laboratorio, como un recurso didáctico de gran valor en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales.

Por las mismas razones que en el curso anterior, no hemos planteado en este proyecto incluir grupos de alumnos de contraste (que no hayan participado en el proyecto) pues nuestra idea es que todos los alumnos participen en las experiencias relacionadas con el proyecto.

Esto implica que no hayamos considerado conveniente realizar una evaluación cuantitativa de los resultados, pues carecería de toda validez científica hacer una extrapolación de resultados. Nuestra evaluación de tipo cualitativo-cuantitativo ha sido positiva, aunque tomamos con cautela dicha apreciación hasta que no vayamos confirmando su impacto en cursos sucesivos.

En cuanto a la evaluación por parte de los alumnos, especificada a través de un cuestionario que se les pasó a final de curso, la mayor parte de ellos la ha calificado como positiva y agradecen las competencias adquiridas a nivel computacional.

Algunos han mostrado una cierta predisposición en contra de las exposiciones orales de los trabajos, no obstante piensan que tiene la ventaja de inducirles a una implicación más profunda en el trabajo, ya que saben que lo han de defender frente al profesor y otros compañeros, aparte de ayudarles a adquirir las competencias de comunicación oral y escrita, organización y planificación y toma de decisiones.

Un aspecto en el que han incidido, es el de evitar la entrega y defensa de los trabajos en fechas cercanas a los exámenes, sobre todo los de final de cuatrimestre. Es algo a tener en cuenta a través de una coordinación adecuada de diversas asignaturas, de la que se pueden encargar los tutores de curso.

## 9. Bibliografía

- Govind P. Agrawal. "LIGHT WAVE TECHNOLOGY Telecommunication Systems". JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. 2005. ISBN-13 978-0-471-21572-1
- Golvind P. Agrawal. "Fiber Optic Communication System". Second Edition. The Institute of Optics. University of Rochester. John Wiley & Sons, inc. 1997. (Wiley Series in Microwave and Optical Engineering). ISBN.0-471-17540-4.
- Gerd Keiser. "Optical Fiber Communications". Second Edition. Singapore. MC Graw Hill. 1991. ISBN. 0-07-100785-7.
- José Capmany, F. Javier Fraile Peláez, Javier Martí. "Dispositivos de Comunicaciones Ópticas". Ed. Síntesis, 1999. ISBN. 84-7738-634-X.
- P. C. Becker, N. A. Olsson, J. R. Simpson. "Erbium-Doped Fiber Amplifiers: Fundamentals and Technology". San Diego. Academic Press. 1999. ISBN 0-12-084590-3
- Jacob Millman, Arwin Gravel. *Microelectrónica*. Editorial Hispano Europea S.A. ISBN: 84-255-0885-1.
- Jasprit Singh. "Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures". Cambridge University Press 2003
- Attia, John Okyere. "Electronics and Circuit Analysis using MATLAB". CRC Press. 1999. ISBN 0-8493-1176-4.
- Ramasamy Natarajan. "Computer-Aided Power System Analysis". MARCEL DEKKER, INC. 2002. ISBN: 0-8247-0699-4
- Robert Boylestad, Louis Nashelsky. *Electrónica. Teoría de Circuitos*. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. ISBN: 968-880-347-2.
- C. Angulo, A. Muñoz, J. Pareja. *Prácticas de Electrónica. 1. Semiconductores básicos: diodo y transistor*. Editorial McGraw Hill Interamericana de España S.A. ISBN: 84-7615-345-7.
- N. Malik. *Circuitos Electrónicos*. Ed. Prentice Hall. ISBN: 84-89660-03-4.

- B. Ogayar y A. López. *Teoría de Circuitos con OrCAD Pspice*. Ed. Ra-Ma. ISBN: 84-7897-414-8.
- J. A. Edminister. *Circuitos eléctricos*. Ed. McGraw-Hill
- E. Hennig. *Symbolic approximation and modelling techniques for análisis an design of analog circuits*. 2000. Ed. Shaker Verlag.
- Ullrich Parlitz y Otros. *TSTOOL User manual*. 2001
- W. Gander; J. Hřebíček. “Solving Problems in Scientific Computing using Maple and Matlab”. Third Edition. Springer Verlag. 1997.
- Jamal T. Manassah. "Elementary mathematical and computational tools for electrical and computer engineers using MATLAB". CRC Press. 2001. ISBN 0-8493-1080-6
- J. H. Mathews; K. D. Fink. “Métodos Numéricos con Matlab”. Tercera Edición. Prentice Hall. 2000.
- Stephen Wolfram. *The Matemática Book*. Third Edition. Ed. Cambridge University Press. Enrique Castillo y otros. *Mathematica*. Ed. Paraninfo

**Lugar y fecha de la redacción de esta memoria**

En Córdoba a 21 de Septiembre de 2009