



**MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS.  
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE.  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD.  
XII CONVOCATORIA (2010-2011)**



**DATOS IDENTIFICATIVOS:**

**1. Título del Proyecto**

**LABORATORIO VIRTUAL PARA EL ESTUDIO DE LA PROPAGACIÓN DE PULSOS EN FIBRAS ÓPTICAS**

**2. Código del Proyecto: 102017**

**3. Resumen del Proyecto**

A lo largo de este curso hemos continuado con la puesta en práctica del uso de las nuevas tecnologías en el estudio de la modelización y simulación de la propagación de pulsos en fibras ópticas. Con ello hemos pretendido completar la formación teórico-práctica en el campo de las comunicaciones ópticas para los alumnos/as que cursan la asignatura obligatoria “Ampliación de Óptica” perteneciente al cuarto curso de la Licenciatura en Física. Así creemos cubrir la demanda que el alumnado presenta ante el indudable interés que dicha área de conocimiento despierta en la actualidad por las innumerables aplicaciones que posee y el contacto con la realidad de muchas empresas en el campo de las telecomunicaciones.

Para este fin, se programaron seminarios de gran grupo, con contenidos más teóricos, y sesiones en grupos de trabajo más pequeños en los que se llevaron a cabo simulaciones tutorizadas mediante las que los alumnos/as centraron su acción formativa en el estudio de las características físicas de las transmisión de pulsos de luz por fibras ópticas. En el desarrollo de las mismas los alumnos/as han podido construir su propio conocimiento sobre los efectos lineales y no lineales que influyen en estos sistemas y ello les ha permitido alcanzar las competencias propias que se derivan de un aprendizaje constructivo, con lo que se cumplen los objetivos propuestos en la guía docente de la asignatura.

**4. Coordinador del Proyecto**

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
<b>Antonio Dengra Santa-Olalla</b>	<b>FÍSICA</b>	<b>082</b>	<b>Profesor Titular</b>

**5. Otros Participantes**

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
<b>Antonio Ortiz Mora</b>	<b>FÍSICA</b>	<b>082</b>	<b>Profesor Asociado</b>

**6. Asignaturas afectadas**

Nombre de la asignatura	Área de conocimiento	Titulación/es
<b>Ampliación de Óptica</b>	<b>Física Aplicada</b>	<b>Licenciatura de Física</b>

## **MEMORIA DE LA ACCIÓN**

### **Especificaciones**

*Utilice estas páginas para la redacción de la Memoria de la acción desarrollada. La Memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de diez páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de fuente: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran producido documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas Web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de buena calidad.*

### **Apartados**

#### **1. Introducción** (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas etc.)

La incorporación de la Universidad al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) plantea la necesidad de redefinir las técnicas docentes y adaptarlas a la realidad universitaria actual. Esto nos obliga como docentes aplicar de manera coherente y optimizada la acción formativa para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje a través del trabajo de los alumnos/as..

Esta recomendación, junto con las que plantea el Informe de la Comisión para la Innovación Docente en las Universidades Andaluzas (CIDUA) lleva a la necesidad de modificar los planteamientos educativos y hacer especial énfasis en las habilidades y desarrollo de competencias que los alumnos deben adquirir durante su proceso de aprendizaje. Por lo tanto es necesario estructurar el contenido y la metodología de las materias para cuantificar el trabajo del alumno en sus diversas facetas, sobre todo a través del desarrollo de actividades y trabajos, individuales y grupales, con la colaboración guiada del profesor/tutor.

Ya desde cursos anteriores el profesorado de la asignatura Ampliación de Óptica de cuarto curso de la Licenciatura en Física comenzó a trabajar en esta línea. El año anterior iniciamos un proyecto de mejora de la calidad pedagógica al que hemos dado continuidad este curso para consolidar así la forma metodológica a esta iniciativa docente. Mediante el desarrollo de sesiones de seminario teórico-prácticas en las que planteamos actividades dirigidas a los alumnos, hemos intentado alcanzar una doble finalidad. Por un lado motivar e intentar introducir a los alumnos/as en el campo de las comunicaciones por fibra óptica, que aparecía en la última parte del temario. Por otro, mejorar su grado de competencia en los aspectos de modelización y manejo de las técnicas de simulación de sistemas físicos, fundamentales hoy en día en la formación de los alumnos/as en esta titulación.

Así planteamos a nuestros alumnos/as de cuarto curso el uso del **AULA VIRTUAL** y la realización de prácticas tutorizadas de simulación relacionadas con los fenómenos físicos que se estudiaban en la asignatura, lo que les permitió profundizar en el contenido de la materia y en las técnicas informáticas y gráficas necesarias para ello.

La justificación de nuestro trabajo planteó como aspectos más importantes los siguientes:

- El desarrollo y fomento de la utilización del Aula Virtual como herramienta metodológica de apoyo docente.
- La valoración del trabajo bien hecho a través de comunicaciones científicas a realizar tras cada sesión en forma de memoria donde se presenten los resultados.
- La interacción profesor-alumno como eje fundamental de cualquier acción formativa.
- La mejora de la competencia del trabajo en equipo realizando actividades en pequeños grupos de simulaciones de propagación de pulsos ópticos en distintos regímenes, con la posterior discusión de resultados en el laboratorio.

## 2. **Objetivos** (concretar qué se pretendió con la experiencia)

Los objetivos que planteamos con este proyecto han sido:

1) Establecer un modelo de asignación de créditos compatible con el Sistema de Transferencia de Créditos Europeos para la asignatura de **Ampliación de Óptica**, de cara a la progresiva implantación de los distintos niveles de la titulación de grado en años venideros dentro de la Facultad de Ciencias de nuestra Universidad.

2) Alcanzar en los alumnos el desarrollo de competencias y habilidades encaminadas a:

- a) Adquirir destrezas en el campo de la simulación experimental.
- b) Intensificar su motivación y capacidad de aprendizaje.
- c) Potenciar el trabajo en equipo.
- d) Mejorar la capacidad de búsqueda y selección de información así como de bibliografía especializada.
- e) Manejar herramientas de software para el tratamiento de la información numérica y gráfica.

3) Mejorar la calidad de enseñanza mediante el uso del AULA VIRTUAL para presentar protocolos y demás documentación de la asignatura de forma que se puedan elaborar materiales compatibles con el uso de la plataforma **Moodle** de la Universidad.

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

Esta experiencia docente se llevó a cabo durante el primer cuatrimestre del curso 2010/2011. En las primeras sesiones se presentaron a los alumnos/as en gran grupo los contenidos propios de la descripción matemática y modelización de las líneas de fibra óptica. En ellas se dedujeron las ecuaciones de propagación, se presentaron los efectos físicos más importantes que intervienen en la misma y el papel que por separado producen en la transmisión de distintos tipos de pulsos luminosos. A continuación se dividieron a los alumnos/as en pequeños grupos. Se les pidió una búsqueda bibliográfica sencilla y a cada uno de ellos se les asignó realizar el análisis específico de cada uno de esos fenómenos físicos (dispersión, automodulación de fase, efectos de ganancia y pérdidas, etc). El resultado de este trabajo se expuso ante el resto del grupo-clase junto con la resolución de problemas que se plantearon a los alumnos en la plataforma **Moodle** del **AULA VIRTUAL**.

En sesiones posteriores se dividieron a los alumnos/ as por parejas y se les dio a conocer un software específico de simulación de propagación que manejaron siguiendo los resultados de los resultados de las sesiones anteriores. En su trabajo se incidió de manera especial en los siguientes aspectos:

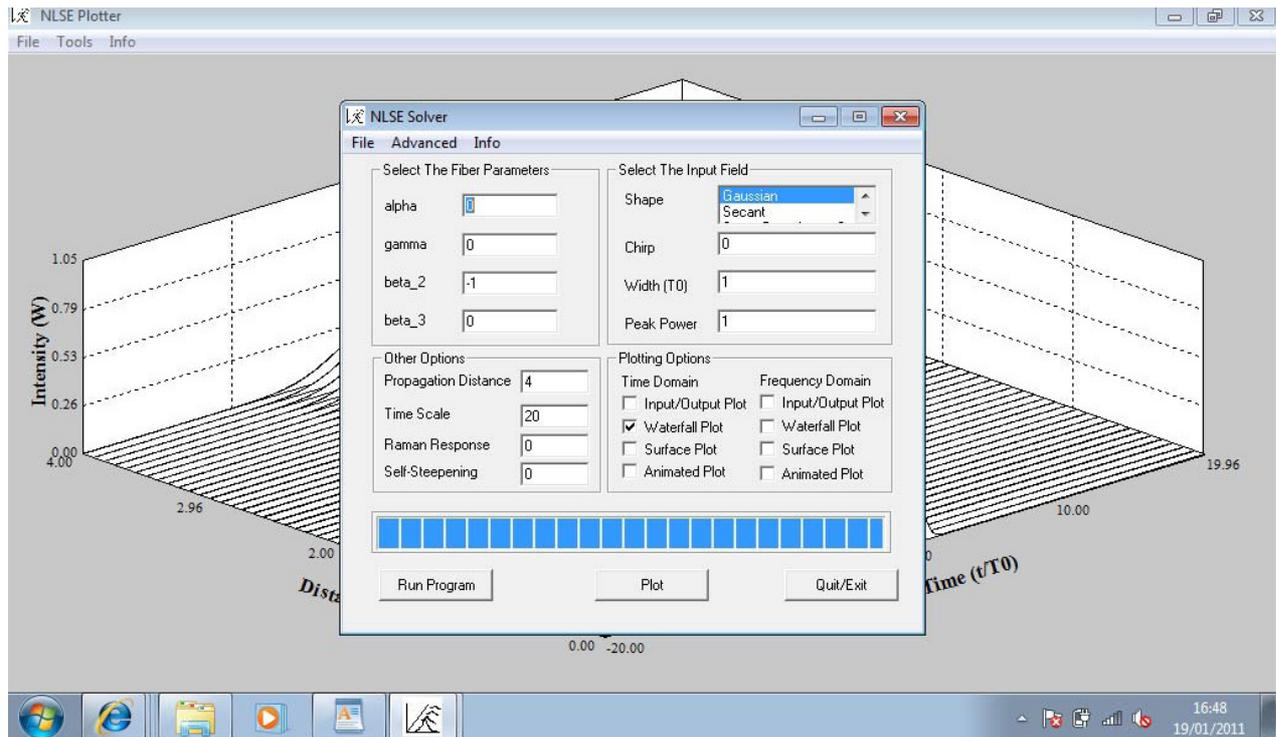
- a. La aplicación correcta del método científico.
- b. El tratamiento analítico y gráfico adecuado de las simulaciones.
- c. La discusión realista de resultados.

Al igual que el año anterior en el que iniciamos esta experiencia didáctica, en una última fase los alumnos/as pudieron acudir al laboratorio de Óptica Aplicada para comprobar cualitativamente, utilizando un sencillo montaje, el efecto de la no linealidad de algunos materiales al paso de un haz de luz por ellos con un control de potencia establecido. Aquí contamos con un hardware específico que complementa al software de simulación utilizado en sesiones anteriores.

Como resultado de estas prácticas, cada alumno/a presentó un informe final con el formato que debe utilizarse en comunicaciones científicas y así se completó la competencia de transmisión correcta de resultados experimentales y de simulación. Estos trabajos quedaron a disposición del resto de los alumnos/as utilizando los recursos de la plataforma virtual de la Universidad.

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

La metodología utilizada estuvo adaptada a la realización de las prácticas de simulación, con materiales reelaborados en forma de apuntes y presentaciones por parte del profesorado. Otro material utilizado ha sido el software específico **NSLE Solver** © del cual se facilitó a los alumnos/as un manual de uso. Todo este material se puso a disposición del alumnado a través de la plataforma Moodle.



**Fig.1** Aspecto del entorno de simulación *NLSE Solver* ©

Las simulaciones se realizaron utilizando un protocolo de prácticas que permitió a los alumnos/as comprobar el efecto de los distintos efectos físicos que experimentan los pulsos ópticos en su propagación por las líneas de fibra óptica. Mediante el desarrollo de los experimentos numéricos llegaron a comprender dichos efectos y a conectar los parámetros empleados con los valores reales que se utilizan en los sistemas de comunicaciones ópticas instalados en la actualidad.

Tras cada simulación se les propuso una discusión de carácter cualitativo para comprobar si el grado de consecución de los objetivos propuestos era el adecuado. Hemos de decir que la implicación y el interés de los alumnos/as fueron altos y bastante satisfactorios.

En las sesiones de presentación de resultados se siguió una metodología de preguntas abiertas en grupo en la que los alumnos/as planteaban cuestiones que se discutían en común y daban lugar a la formulación de problemas que se resolvían primero desde un punto de vista

cualitativo para con posterioridad realizar las correspondientes simulaciones y obtener las soluciones numéricas correspondientes.

Para las comunicaciones finales se les facilitó a los alumnos/as el uso de bibliografía y se les indicó los métodos más sencillos de presentación de resultados científicos con manejo de la información numérica y gráfica.

El proceso de evaluación se realizó mediante:

- i) Una primera fase de autoevaluación del trabajo personal del alumno/a.
- ii) A continuación a través del comentario en común de la labor desarrollada en pequeño grupo durante la realización de las simulaciones y la observación de los fenómenos de propagación no lineales en laboratorio.
- iii) Finalmente una valoración cuantitativa de las comunicaciones finales presentadas. La evaluación obtenida se tenía en cuenta para la correspondiente calificación final de la asignatura

**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)

Las distintas actividades realizadas en esta experiencia pedagógica llevaron a resultados de simulación que fueron discutidos en grupo. La secuencia de las mismas fue:

**1. Actividad de inicio:** Familiarización con el entorno de software y realización de algunas pruebas de simulación para valores arbitrarios y formas distintas de los pulsos.

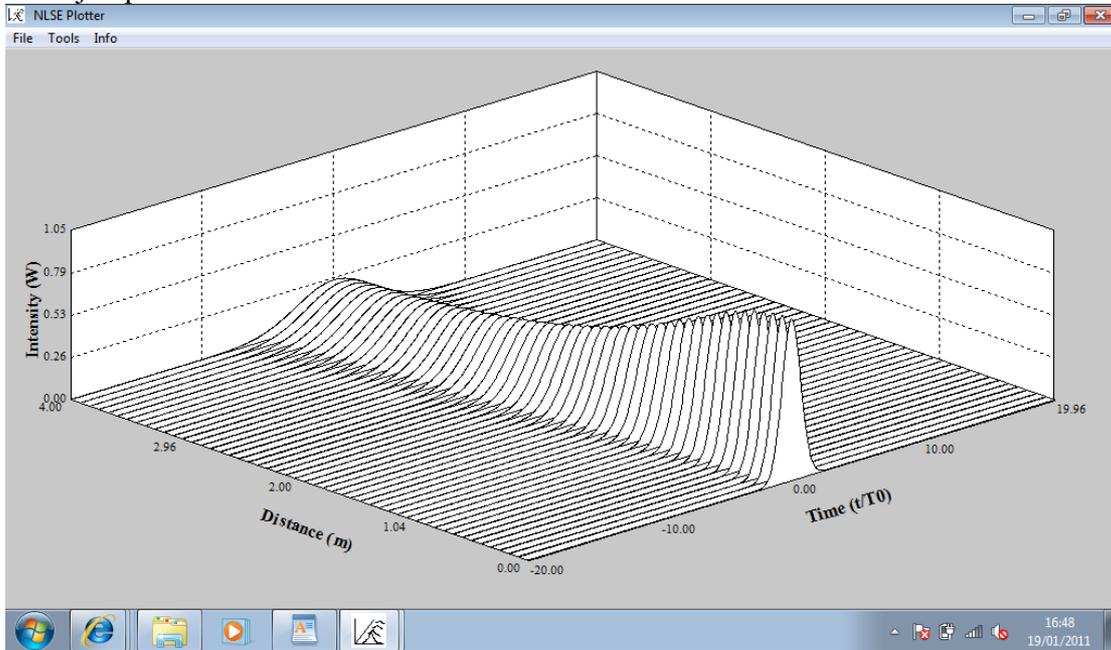
**2. Actividad de análisis de parámetros de propagación:** Para diferentes valores de la potencia de pico de los pulsos, tuvieron que estudiar el distinto comportamiento de pulsos gaussianos y pulsos secante hiperbólica con valores del término de pérdidas distinto de cero, parámetro no lineal no nulo y dispersión de segundo orden. Tuvieron asimismo que analizar el efecto del parámetro chirp que se explicó en las sesiones introductorias.

**3. Actividad de estudio de términos de orden superior:** Se les pidió a los alumnos/as que en regímenes determinados (pérdidas nulas) estudiaran y discutieran el distinto efecto que producen los efectos no lineales de orden superior sobre distintos tipos de pulsos con anchuras temporales distintas.

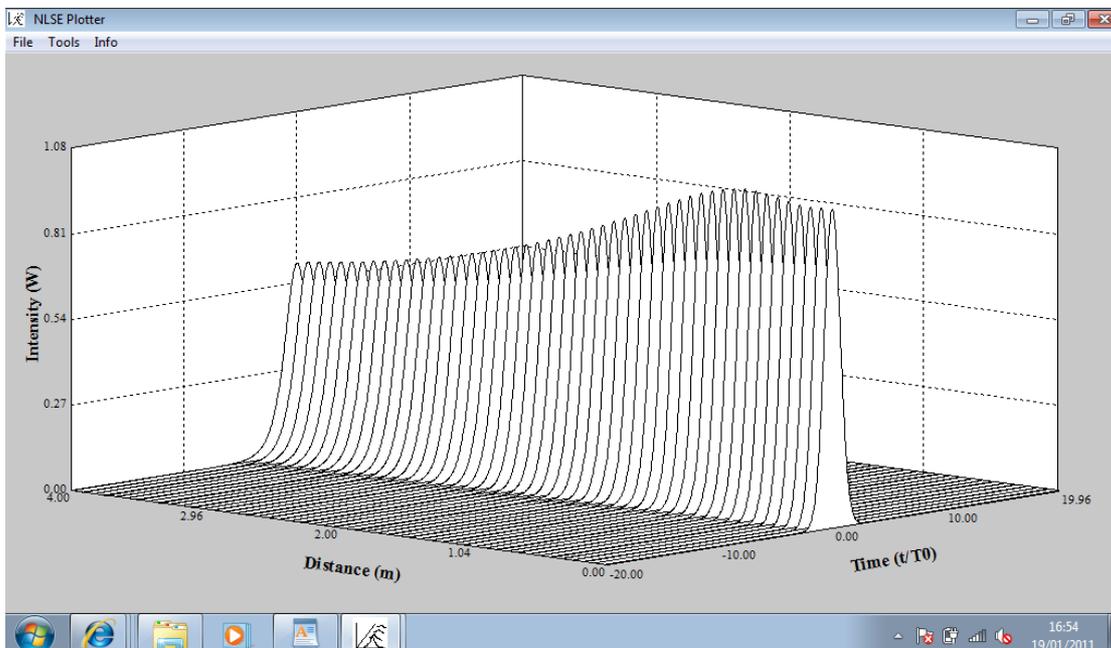
**4.- Actividad de simulación de tendidos de líneas de comunicación óptica:** les propusimos investigar con ayuda de la bibliografía los valores de los parámetros más adecuados en los sistemas de fibra óptica instalados en la realidad.

**5.- Actividad de laboratorio:** en la que los alumnos/as visualizaron y analizaron cualitativamente aspectos sencillos de la propagación de la luz en medios no lineales.

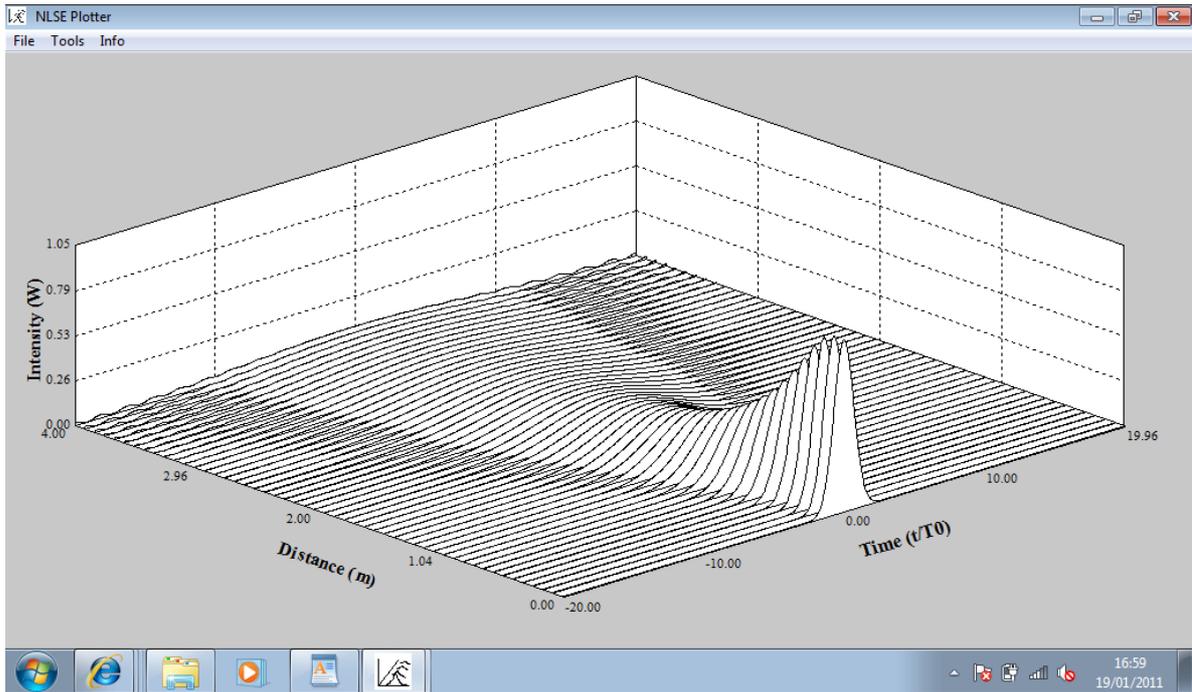
De todas estas actividades se obtuvieron bastantes resultados que entre el profesorado y alumnos/as fuimos depurando, que fueron discutidos y de los que aquí podemos visualizar algunos ejemplos:



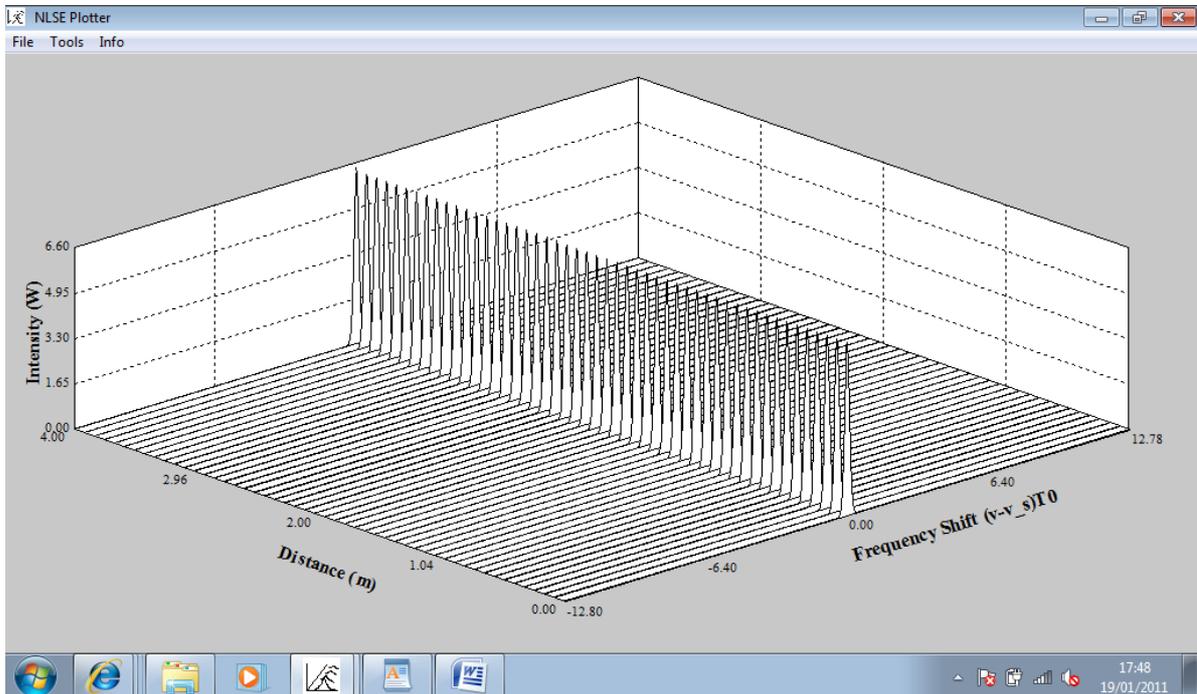
**Fig. 2** Resultados de simulación para pulsos gaussianos



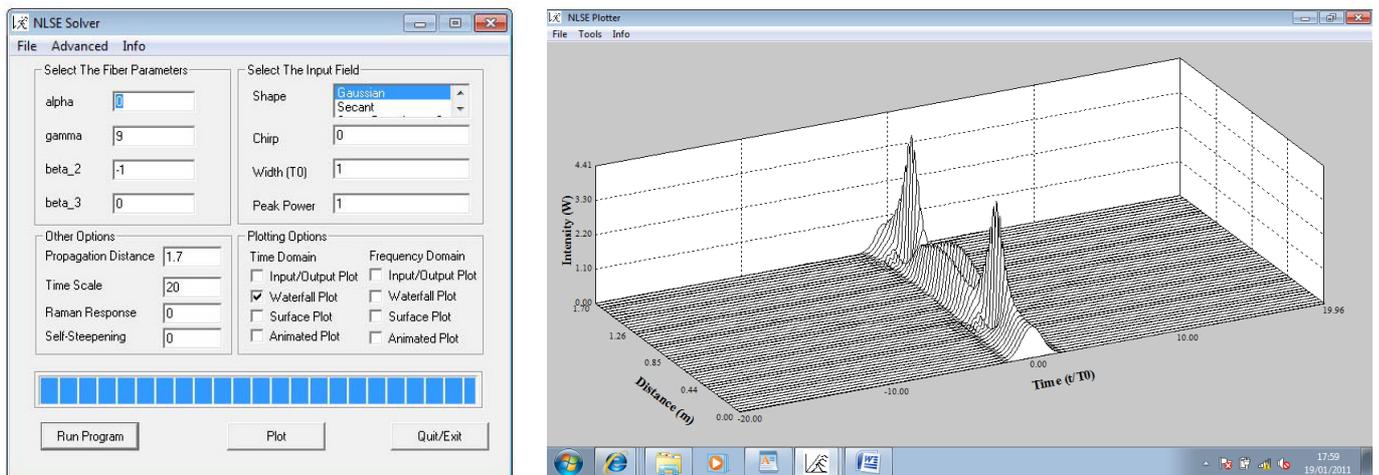
**Fig.3** Resultados de simulación para pulsos tipo secante hiperbólica con presencia de la no linealidad.



**Fig.4** Resultados de simulación para pulsos tipo secante hiperbólica con efectos dispersivos



**Fig.5** Resultados de simulación para pulsos tipo gaussiano con efectos dispersivos y no lineales en el dominio de la frecuencia.



**Fig.6** Resultados de simulación para pulsos tipo secante hiperbólica con presencia de altos órdenes de no linealidad..

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

La experiencia desarrollada ha permitido continuar la labor que el profesorado ya inició el curso pasado y ha demostrado nuevamente ser útil y satisfactoria. Nos ha servido para consolidar la nueva metodología docente que impone el EEES, buscando sobre todo la mayor implicación del alumno/a en su proceso de aprendizaje. El uso de las TICs y el planteamiento docente seguido durante el proyecto ha contribuido a ello de manera importante, lo que redundará de forma significativa en un mayor nivel de autoaprendizaje y autoevaluación por parte de los alumnos/as. También tiene utilidad para trasladar un modelo de asignación de créditos compatible con el sistema de transferencia de créditos europeos en una asignatura cuatrimestral como es esta, permitiendo distribuir contenidos y temporalizar las sesiones de grupo grande y grupo pequeño. Todo ello nos permite prepararnos para la progresiva implantación de los estudios de grado en Física en nuestra Universidad.

Creemos que su utilidad también sería reseñable para otras asignaturas que contaran entre sus contenidos con temas en los que tratar problemas abiertos, para los que se podría disponer de un software de simulación u otra herramienta similar, sin más que elegir adecuadamente la temporalización de las sesiones y adaptar el método de trabajo.

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

Hemos seguido observando este año como aspecto negativo durante el desarrollo de la experiencia docente la dificultad encontrada por los alumnos/as en las sesiones cuando sus fechas estaban próximas a la realización de exámenes cuatrimestrales de otras asignaturas. Sabíamos que su calendario podía estar apretado y por ello adaptamos la temporalización de las actividades a que no estuvieran demasiadas cercanas a la realización de esos exámenes. Aún así los alumnos

comentaban que el exceso de trabajo que se les exigía les restaba motivación y rendimiento en su desarrollo de las actividades propuestas.

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

En la realización de esta experiencia hemos continuado la estrategia iniciada el curso pasado y creemos que la propuesta docente se va consolidando dado que los resultados obtenidos satisfacen en gran medida los objetivos propuestos. Los alumnos/as valoraron positivamente esta experiencia, destacando el hábito de trabajo en grupo al resolver problemas abiertos y la acción de tutorización del profesorado en la preparación de un informe científico.

Seguimos teniendo presente que gran parte del éxito de esta propuesta docente está en la planificación de las actividades para lo cual debe analizarse la carga de trabajo que se le exige al alumno/a con el fin de no desmotivarlo ni que pierda interés. Estos trabajos deben entenderse como un complemento a su formación y contribuyen fundamentalmente al desarrollo de competencias de carácter general y específico de la titulación que cursan. Desde nuestro punto de vista una adecuada coordinación con el resto del profesorado de otras materias daría un valor añadido a la transversalidad de algunos contenidos y reforzaría la implicación del alumnado en su propio aprendizaje.

#### **9. Bibliografía**

- Nonlinear Fiber Optics . G.P. Agrawal  
Academic Press (2001)
- Applications of Nonlinear Fiber Optics. G.P. Agrawal  
Academic Press (2001)
- NLSE-Solver User Guide.  
University of Rochester (2004)
- Informe para la Innovación de la Docencia en las Universidades Andaluzas  
(CIDUA) (2005)

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

Córdoba 28 de Septiembre de 2011