

**INFORME FINAL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN
DOCENTE DE LA CONVOCATORIA 2012/2013**

TÍTULO DEL PROYECTO:	“Creación de <i>scripts</i> de herramientas de cálculo numérico como material docente complementario II”
REFERENCIA:	ID2012/255
COORDINADOR:	Julio San Román Álvarez de Lara
POFESORES COLABORADORES:	Luis Plaja Rustein Íñigo Juan Sola Larrañaga
ASIGNATURAS IMPLICADAS:	* Fotónica (Licenciatura en Física y Grado en Física)

Esta memoria está organizada de la siguiente manera:

- Comenzaremos recordando los objetivos principales de este proyecto de Innovación Docente.
- Expondremos cómo se desarrolló el proyecto a lo largo del curso.
- Por último acabaremos recopilando las conclusiones obtenidas para la optimización en el uso de este tipo de recursos durante el curso que viene.

1. Objetivos Principales:

Los objetivos principales que se plantearon en este Proyecto de Innovación Docente fueron los siguientes:

- Ayudar a los alumnos a profundizar en el entendimiento de diversos fenómenos del ámbito de la fotónica mediante el uso de *scripts* (programas sencillos) proporcionados por el profesorado como material docente complementario.
- Fomentar en los alumnos la inquietud por entender, por investigar situaciones nuevas, en definitiva, la inquietud por experimentar, aunque sea en un entorno virtual.
- Introducir a los alumnos en el uso de herramientas de cálculo numérico como complemento del material docente tradicional (apuntes y bibliografía).

2. Desarrollo del Proyecto:

El desarrollo del Proyecto se puede separar en tres partes: en primer lugar tuvimos que asegurarnos de la adaptación del aula para poder utilizar el ordenador de aula, algo que requería de la colaboración de los técnicos responsables de las aulas de

informática, en segundo lugar decidimos intentar mejorar algunos de los *scripts* realizados durante el curso pasado y, por último, preparar nuevos *scripts*.

En cuanto a la adaptación del aula debemos remarcar, de nuevo, la estupenda disposición mostrada por los técnicos de las aulas de informática de la Facultad de Ciencias. Dado que el aula adjudicada para impartir la asignatura de Fotónica durante este curso fue el aula VII del Edificio de Trilingüe, diferente a la que utilizamos el curso pasado, tuvimos que avisar de nuevo a los técnicos para que instalasen los programas necesarios. Con la experiencia del año pasado esperamos a que se acercase el comienzo del segundo cuatrimestre para enviar la correspondiente incidencia, que se resolvió satisfactoriamente. Agradecer, una vez más, esta eficiente colaboración de los técnicos de las aulas de informática de la Facultad de Ciencias.

La segunda parte del desarrollo consistió en intentar mejorar en lo posible el aprovechamiento de los *scripts* desarrollados durante el curso pasado. Conviene, antes de nada, recordar la parte del temario que completamos con diferentes *scripts* durante el desarrollo del proyecto de innovación docente del año pasado (ID11/116):

Tema	Nº de <i>scripts</i>	Tipo de <i>script</i>
1.- Teoría clásica de la dispersión	2	M y P
2.- Propagación del campo electromagnético	0	
3.- Propiedades ópticas de los materiales.	1	I
4.- Campos en cavidades	1	M
5.- Propagación de pulsos	1	P
6.- El láser	0	
7.- Láseres de gas	0	
8.- Láseres de estado sólido	0	
9.- LEDs y láseres de semiconductor	0	
10.- Fibras ópticas	0	

(M indica *script* de tipo magistral, P de tipo práctico e I de tipo de investigación)

También conviene aclarar las diferentes tipologías de *scripts* que desarrollamos durante el curso pasado. Fueron de tres tipos: de tipo magistral (M), que son aquellos en los que el profesor cambia los parámetros del programa para observar las variaciones en los resultados, ayudando así a los alumnos a entender el significado y la influencia de cada uno de los parámetros del modelo que se esté estudiando. *Scripts* de tipo práctico (P), que son aquellos en los que el alumno (o grupo de alumnos) maneja el programa para encontrar las respuestas a ciertas preguntas lanzadas por parte de los profesores. Por último desarrollamos *scripts* de tipo de investigación (I), en los que el alumno va haciendo los cálculos necesarios para comprobar si la realización de algún dispositivo propuesto en clase tiene sentido o no.

De la experiencia del año pasado concluimos que los *scripts* más exitosos fueron los de tipo práctico. Por contra, fueron los que más tiempo tomaron, lo que se identificó como un posible problema para poder abordar todo el temario. Para intentar mejorar este aspecto decidimos preparar un material complementario para los dos *scripts* de tipo práctico.

Material complementario para el SCRIPT 2: Relaciones de Kramers-Kronig. (Tema 1. Tipo: Práctico)

En este caso preparamos unas transparencias mejor desarrolladas de la deducción y el origen de las relaciones de Kramers-Kronig. Durante este desarrollo se subrayaron los conceptos con los que se iba a trabajar durante el *script*.

La entrega de este material complementario fue valorada positivamente por los alumnos, aunque debemos reconocer que no fue especialmente eficiente en cuanto al tiempo dedicado a esta actividad. Es de justicia remarcar aquí que este curso hemos tenido una elevada matrícula y con un porcentaje de asistencia bastante alto. Esto nos ha obligado a hacer 4 grupos, cada uno con su ordenador, para evitar que los grupos fuesen demasiado numerosos. Durante el desarrollo de la actividad se detectó que algunos grupos tenían que esperar a que el profesor quedara libre para poder resolver las dudas que iban surgiendo, lo que ralentizó la dinámica de la misma.

Material complementario para el SCRIPT 5: Dispersión de pulsos. (Tema 5.

Tipo: Práctico)

En este caso preparamos un desarrollo muy sencillo, para introducir los conceptos básicos del script, y decidimos hacer una versión algo más práctica del utilizado en el caso anterior proponiendo una serie de ejercicios para que los alumnos fueran avanzando por ellos mismos.

Este nuevo estilo de material complementario fue verdaderamente práctico ya que permitió que algunos grupos acabaran prácticamente todo el ejercicio en clase, mientras otros se atascaron en alguno de los puntos. En este caso, al principio de la siguiente clase el profesor terminó lo que les había quedado pendiente a alguno de los grupos de forma magistral, de forma que todos los alumnos vieron todo el ejercicio en un tiempo razonable.

La última parte del desarrollo de este proyecto ha consistido en desarrollar nuevos *scripts* relacionados con nuevos conceptos centrales de la asignatura. Hemos creado tres nuevos *scripts* (a añadir a los cinco que ya desarrollamos el año pasado). Los tres los hemos desarrollado en versión magistral para evitar tener problemas de tiempo para presentar todo el temario:

SCRIPT 6: Proceso de autofocalización por efecto Kerr. (Tema 2. Tipo: Magistral)

Se trata de un modelo sencillo en el que se puede observar los efectos espaciales producidos por el efecto Kerr (efecto no lineal). En particular se observa cómo un haz de luz puede autofocalizarse, puede concentrar toda su energía en un punto, por efecto no lineal. Este fenómeno es muy habitual en el contexto de láseres intensos como los que se disponen en el Laboratorio de Láseres Intensos del Área de Óptica de la Universidad de Salamanca, por lo que nos pareció importante acercar este tipo de sistemas, de tecnología punta, con toda la fenomenología que presenta, a los alumnos de último curso de la Licenciatura o del Grado. El *script* permite ver cómo un láser de poca energía se propaga de forma lineal, ensanchándose espacialmente según ordena la difracción (figura 1a),

mientras que si el láser tiene mucha energía (el caso de los láseres de nuestro laboratorio) puede verse como el haz se focaliza él solo por efecto no lineal (figura 1b). Entre medias de estos dos regímenes se puede encontrar un efecto extraordinario como es la aparición del solitón de Townes, que es aquel haz que ni se ensancha ni se focaliza sino que se mantiene prácticamente igual durante su propagación (figura 1c).

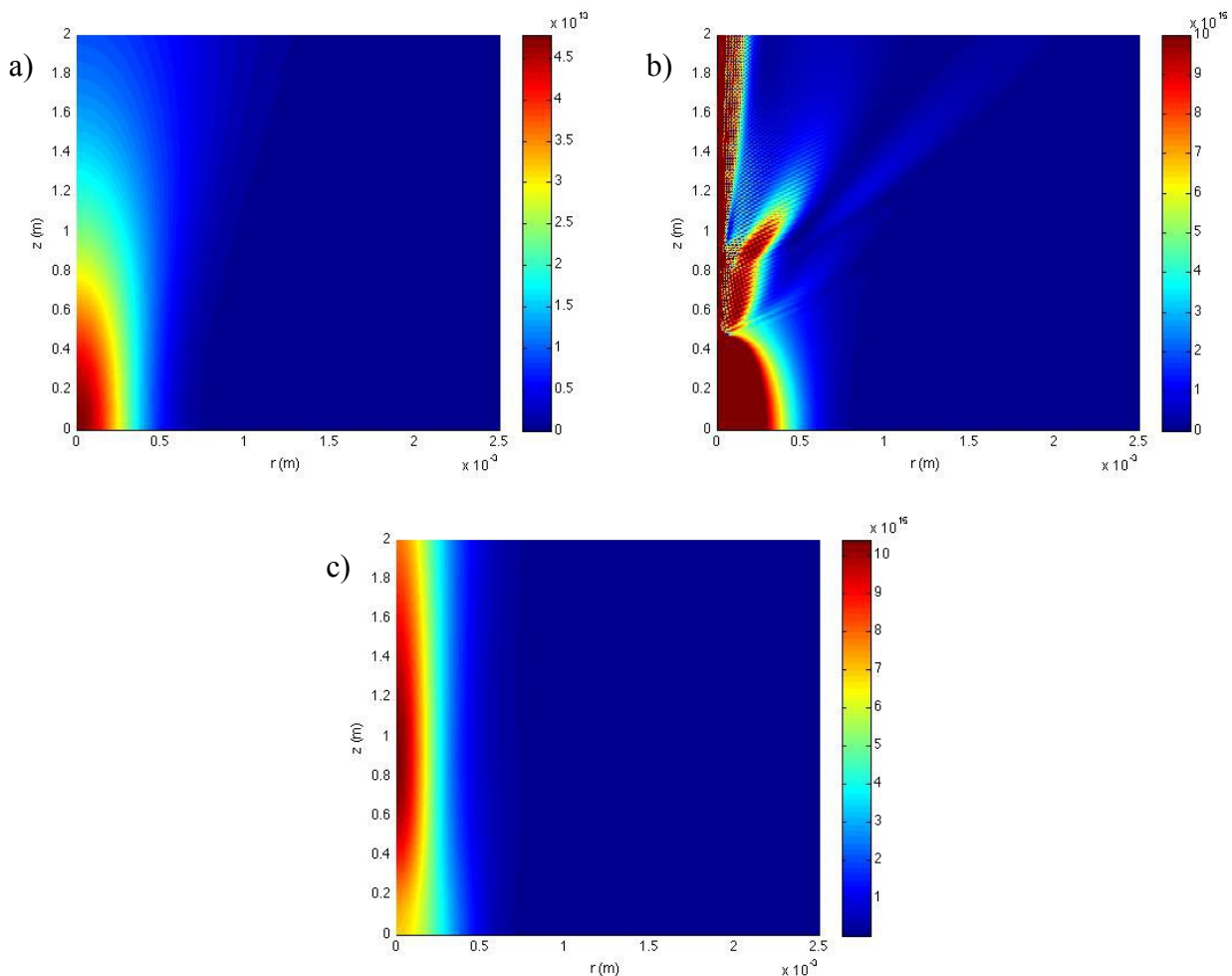


Fig. 1.- *Distribución radial de la intensidad de un haz que se propaga en la dirección z con diferentes energías por un medio no lineal. a) Representa el caso de un haz de baja energía, b) el caso de una haz de muy alta energía y c) el caso especial de una energía intermedia en el que el haz presenta un comportamiento cuasi-solitónico.*

SCRIPT 7: Estabilidad de una cavidad óptica. (Tema 4. Tipo: Magistral)

Las cavidades ópticas están formadas por dos espejos en los que la luz presenta fenomenología extraordinaria. Alguna de ella, como la restricción de las longitudes de onda que pueden existir dentro, los llamados modos longitudinales de la cavidad, ya las

trabajamos por medio de otro *script* desarrollado durante el curso pasado. Los láseres suelen estar formados por cavidades ópticas en los que la luz está “atrapada” mucho tiempo, reflejándose una y otra vez en los espejos, estimulando su propia amplificación. La estabilidad de la cavidad, la capacidad de la cavidad de mantener la luz dentro de sí misma, es por lógica un aspecto vital en el diseño de las cavidades ópticas. Para remarcar este aspecto se preparó un programa en el que ver en qué condiciones tenemos una cavidad estable (figura 2a) o inestable (figura 2b), y qué tipo de inestabilidades pueden presentarse.

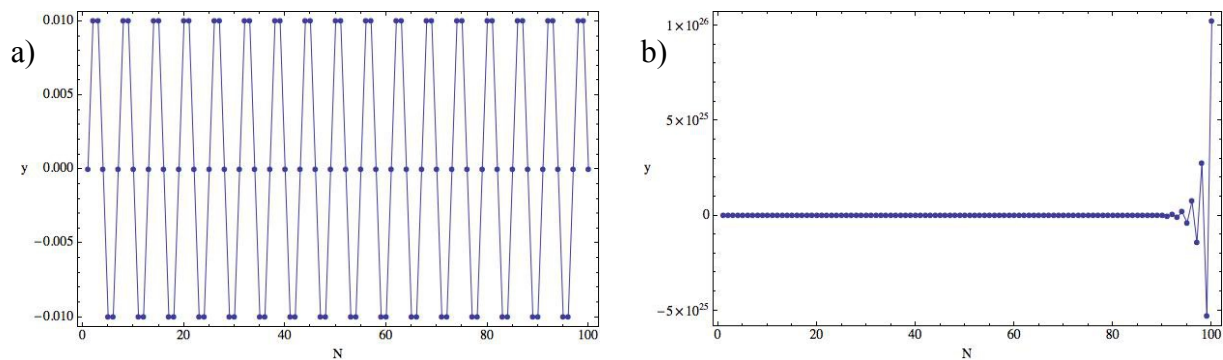


Fig. 2.- Posición vertical del rayo de luz (y) en función de número de vueltas (N) dadas dentro de la cavidad. El caso a) representa una cavidad estable ya que la posición vertical está acotada, mientras que el caso b) representa una cavidad inestable, en la que la posición vertical es cada vez más grande (oscilante en este caso).

SCRIPT 8: Dinámica de la interacción luz-materia (sistema de dos niveles).

(Tema 6. Tipo: Magistral)

Se trata de un *script* en el que visualizar la dinámica de un sistema de dos niveles interaccionando con una onda monocromática. Jugando con los parámetros del programa, como la frecuencia de la onda monocromática, la diferencia de energía entre los dos niveles que representan la materia se puede ver cómo va cambiando la población del estado fundamental y el excitado realizando las conocidas oscilaciones de Rabi, como se muestra en la figura 3.

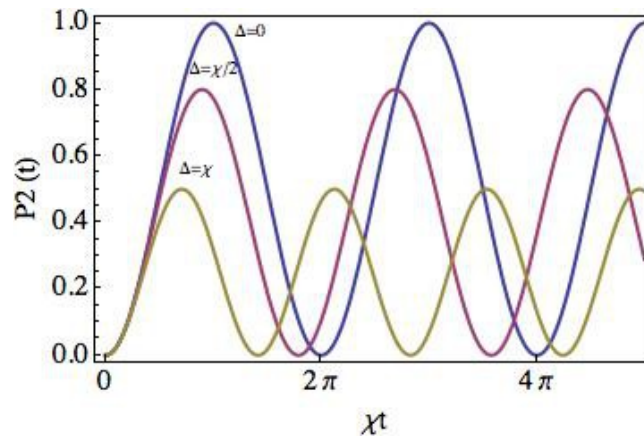
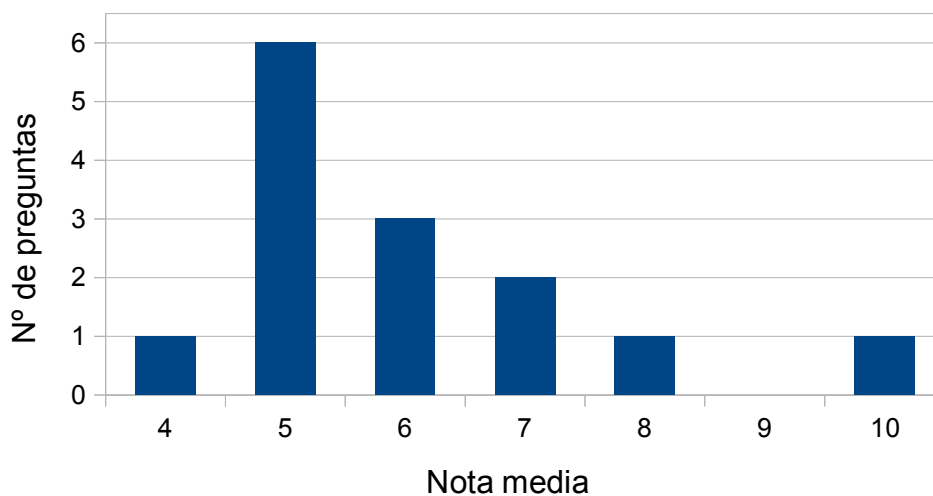


Fig. 3.- Población del estado excitado en función del tiempo para tres desintonías (diferencia entre la energía entre los dos niveles y la frecuencia de la radiación monocromática) diferentes. Las conocidas oscilaciones de Rabi son evidentes.

La respuesta general de los alumnos al uso de este tipo de herramientas ha sido muy positiva, destacando especialmente los *scripts* de tipo práctico. Igual que hicimos el año pasado hemos utilizado el resultado obtenido por los alumnos en el cuestionario de conceptos que tuvieron que realizar, como parte de la evaluación de la asignatura, en el que incluimos algunas preguntas sobre los temas desarrollados en los *scripts*. Este año el cuestionario constaba de catorce preguntas que los alumnos debían responder de manera breve pero razonada. Mirando la nota media de cada una de las preguntas del cuestionario obtenemos el siguiente resultado:



Número de preguntas del cuestionario que obtuvieron cierta nota media.

Como vemos en la figura el cuestionario se respondió, en promedio bien, aunque sin llegar a obtenerse muy buenos resultados (abunda el cinco como nota promedio). De las catorce preguntas tres estaban relacionadas con los contenidos de los *scripts*. La nota promedio obtenidas en ellas fue de 5, 7 y 8. Dos de las tres preguntas relacionadas con los *scripts* tuvieron una evaluación notable, lo que vuelve a indicar la bondad del uso de este tipo de herramientas complementarias.

3. Conclusiones:

Las conclusiones obtenidas tras la puesta en marcha de este proyecto de uso de *scripts* como herramientas docentes complementarias son las siguientes:

- La conclusión principal es que este tipo de herramientas numéricas han sido un complemento idóneo para asentar los conceptos importantes de un tema.
- Hemos detectado una dificultad para la realización de estas actividades en el aula normal, no en el de informática, en el caso de tener muchos alumnos en clase. En nuestro caso uno de los ejercicios se ralentizó en exceso.
- El uso de guiones preparados para los *scripts* de tipo práctico ha permitido limitar el tiempo dedicado al desarrollo de la actividad en clase. Un guión bien preparado, fomentando la autonomía del grupo de alumnos, resuelve parcialmente el problema detectado durante este curso de un alto número de grupos en el aula. Este tipo de *scripts* de tipo práctico han vuelto a ser, según las sensaciones de los profesores, los más eficientes y motivadores en el proceso de aprendizaje.

Como conclusión final debemos decir que el Proyecto ha sido un éxito, y que seguiremos utilizando estas herramientas numéricas como parte de las actividades de aprendizaje, motivación y dinamización de la asignatura.