

MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA
CURSO 2014/2015

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto: INNOVACIÓN EDUCATIVA EN LA DOCENCIA DE LA TEORÍA CUÁNTICA EN EL GRADO DE FÍSICA

2. Código del Proyecto: 2014-12-2003

3. Resumen del Proyecto

Mediante este proyecto docente se ha adecuado la enseñanza de la teoría cuántica, dentro de grado de Física, a los métodos que propone el Espacio Europeo de Educación Superior. La teoría cuántica se imparte en tres asignaturas dentro del título: Física Cuántica I y II, de tercer curso y Mecánica Cuántica, de cuarto curso. Se han diseñado diversas actividades utilizando applets programados en lenguaje JAVA y que se encuentran alojados en la página web de la asignatura. También se ha utilizado diverso material que se ha ido adquiriendo con los proyectos de innovación educativa. La experiencia ha sido muy positiva y ha permitido a los alumnos aprender y manejar conceptos de la teoría cuántica que son difíciles de asimilar mediante los métodos clásicos de enseñanza.

4. Coordinador/es del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Código Grupo Docente
José Ignacio Fernández Palop	Física	082

5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código grupo docente	Tipo de Personal (1)
Jerónimo Ballesteros Pastor	Física	082	PDI

(1) Indicar si se trata de PDI, PAS, becario, contratado, colaborador o personal externo a la UCO

6. Asignaturas implicadas

Nombre de la asignatura	Titulación/es
Física Cuántica I	Grado de Física
Física Cuántica II	Grado de Física
Mecánica Cuántica	Grado de Física

MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

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 letra: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). Se anexarán a esta memoria, en archivos independientes, las evidencias digitalizadas que se presenten como resultado del proyecto de innovación (por ejemplo, presentaciones, imágenes, material escaneado, vídeos didácticos producidos, vídeos de las actividades realizadas). En el caso de que el tamaño de los archivos no permita su transferencia vía web (por ejemplo, material de vídeo), se remitirá un DVD por Registro General al Servicio de Calidad y Planificación.

Apartados

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

Durante los últimos años, se vienen desarrollando una serie de actividades novedosas para la enseñanza de la teoría cuántica gracias a los proyectos de Innovación Educativa para Grupos Docentes. El proyecto afecta a las tres asignaturas de Cuántica del Grado de Física: Física Cuántica I y II, que se imparten en el tercer curso y Mecánica Cuántica, que se imparte en el cuarto curso. Dentro del Grado de Física, las asignaturas dedicadas a la Teoría Cuántica tienen un papel importante, no sólo en cuanto a lo novedoso de esta disciplina y las múltiples aplicaciones que tiene y que afectan a nuestra vida diaria, sino porque también es la base de otras disciplinas que se imparten dentro del Grado como Física del Estado Sólido, Física Nuclear, Física de Partículas, etc. De hecho, es la disciplina de la Física a la que se dedica un mayor número de créditos dentro del Grado. El Espacio Europeo de Educación Superior, promueve el uso de las nuevas tecnologías para el aprendizaje de los nuevos grados y es lo que se ha perseguido con el desarrollo de los proyectos de Innovación Educativa que se han desarrollado durante los últimos años. Tal y como estaba previsto en la memoria, se han utilizado una serie de applets programados en JAVA para desarrollar una serie de actividades que permitan adquirir conocimientos que difícilmente se adquieren con los métodos de enseñanza tradicionales. Las asignaturas dedicadas a la teoría Cuántica, disponen de una página web en la que se encuentran alojados los applets. En dicha página también se publican artículos sobre la teoría cuántica redactados por los alumnos de las distintas asignaturas. Los contenidos de la página se gestionan mediante Joomla y, utilizando herramientas como Google Analytics, podemos hacer un seguimiento detallado de las visitas que recibe la página. Esto nos permite afirmar, que la página es de utilidad no sólo para los alumnos de nuestra universidad, sino para toda la comunidad universitaria. Éste era uno de los objetivos a perseguir mediante el desarrollo del proyecto.

Durante los cursos anteriores también se realizaron viajes de estudios a diversos centros de investigación y empresas, en las que los alumnos pudieran conocer diversos trabajos que puede desarrollar un físico. Lamentablemente, la reducción en el presupuesto que se dedica a los proyectos de innovación no ha permitido realizar el viaje este año. De este modo, hemos aumentado la parte dedicada a adquirir bibliografía para la asignatura.

Para terminar este apartado, consideramos que el desarrollo de este proyecto ha sido muy positivo para los alumnos implicados en las tres asignaturas y se han cumplido los objetivos que se perseguían.

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

Tal y como se planteó en la solicitud del proyecto, entre los objetivos generales se ha pretendido adecuar las tres asignaturas, Física Cuántica I y II y Mecánica Cuántica, del grado de Física al nuevo sistema de transferencia de créditos europeos, mediante trabajo individual y colectivo paralelo a las sesiones teóricas.

A continuación se enumeran el resto de los objetivos específicos a perseguir mediante este proyecto:

- Desarrollar nuevas aplicaciones en JAVA que permitan completar la colección y cubrir así los temarios de las tres asignaturas de cuántica.
- Estudiar si los alumnos asimilan de forma adecuada los conceptos que se hayan impartido mediante el uso de las simulaciones desarrolladas, para lo cual se propondrá a los alumnos una actividad completa que tendrán que desarrollar mediante las simulaciones y entregar los resultados obtenidos, así como el análisis de los mismos.
- Promover el trabajo tanto individual como colectivo desarrollando aplicaciones sencillas, lo cual es esencial, tanto para la tarea investigadora que puedan realizar los alumnos en un futuro, como si desarrollan su profesión en una empresa.
- Analizar si los alumnos son capaces de redactar correctamente un artículo sobre algún tema de actualidad relacionado con la teoría cuántica para publicarlo en el Blog.
- Enseñar a los alumnos a utilizar buscadores de noticias sobre temas de actualidad de ciencias de los que puedan obtener información para la redacción de los artículos.
- Vincular al alumnado con la universidad cuando se encuentra fuera de ésta, mediante la página Web sobre teoría cuántica donde se colocan tanto las aplicaciones desarrolladas como los artículos.
- Mostrar a los alumnos las aplicaciones tecnológicas de la teoría cuántica, mediante visitas a centros de investigación y empresas que utilicen técnicas de análisis o producción relacionadas con dicha teoría.
- Acercar a los alumnos al mundo laboral mediante las visitas a centros de investigación y empresas.
- Seguir desarrollando y actualizando la página Web sobre teoría cuántica, de modo que toda la comunidad universitaria pueda tener un acercamiento a esta extraña disciplina de la física.
- Publicar los resultados obtenidos en esta experiencia, de modo que sean de dominio público y que el resto de la comunidad científica los puedan aprovechar.

3. **Descripción de la experiencia** (exponer con suficiente detalle qué se ha realizado en la experiencia).

Tal como se ha comentado, el proyecto implica a las tres asignaturas relacionadas con la teoría cuántica del grado de Física y se ha desarrollado de forma paralela a la impartición de dichas asignaturas. Como el proyecto es una continuación de otros que se han desarrollado durante los cursos anteriores, partíamos de cierta experiencia y de material que se ha podido utilizar directamente en este proyecto. Por un lado, disponemos de un conjunto de simulaciones programadas en JAVA y que se encuentran alojadas en la página web de las asignaturas. Por otro, disponemos de material de laboratorio que permite desarrollar experiencias de cátedra durante las clases o durante las sesiones de seminario. La página web contiene además otras utilidades como son: un Blog con artículos sobre la teoría cuántica, apuntes de las asignaturas y servidores de noticias relacionadas con las materias de las asignaturas.

El primer tipo de actividades que se han realizado se han basado en el uso de las aplicaciones en JAVA desarrolladas durante los cursos anteriores.

Estas aplicaciones se han utilizado de diversas formas que se describirán a continuación.

- La primera forma ha consistido en su utilización durante la impartición de las clases. Las aplicaciones JAVA han permitido ilustrar distintos fenómenos de la teoría cuántica, ya que estas aplicaciones permiten ver los resultados de un determinado experimento y modificar los parámetros del experimento. Por tanto, permiten variar las condiciones físicas y analizar el resultado que se obtiene en tiempo real, durante la explicación del fenómeno físico en cuestión.

- La segunda forma ha consistido en desarrollar sesiones de trabajo en torno a una aplicación. Se pedía a los alumnos que simulasen un determinado fenómeno físico utilizando las aplicaciones. Variando las condiciones del experimento iban anotando los resultados obtenidos. Estos resultados se analizaban posteriormente utilizando el programa de hoja de cálculo Excel. Este programa permite presentar los resultados en forma gráfica y realizar análisis estadísticos.

- La tercera forma ha consistido en que los alumnos realizasen la simulación y la tarea correspondiente en sus casas. Como las aplicaciones se han desarrollado en el lenguaje de programación JAVA y como se encuentran alojadas en una página Web, se puede acceder a ellas mediante cualquier ordenador que se encuentre conectado a Internet. Se pedía a los alumnos que entregasen un trabajo escrito con los resultados obtenidos.

Durante el desarrollo de estas actividades, ha sido crucial el uso de las Aulas de educación interactiva de las que dispone la Facultad de Ciencias, y sin las cuales hubiera sido imposible desarrollar las actividades.

El segundo tipo de actividad consiste en el desarrollo de la página Web de las asignaturas: <http://www.uco.es/hbarra>. Los alumnos han participado de forma activa en el desarrollo de la página Web redactando artículos que se han publicado en forma de Blog. La página web dispone de servidores de noticias (<http://www.uco.es/hbarra/index.php/servidores>: Science Daily, Physics APS, Nature Physics, etc) mediante los cuales los alumnos se ponen al día de los últimos descubrimientos en las materias de las asignaturas.

Lamentablemente este año no hemos tenido suficiente financiación para realizar el viaje de estudios. En años anteriores, hemos realizado una visita a alguna empresa o centro de investigación en el que se desarrollan actividades relacionadas con la teoría cuántica y con los contenidos de la asignatura de Propagación de Ondas Electromagnéticas, de modo que hacíamos el viaje de estudios con la financiación de dos proyectos docentes, ya que la cantidad que se destina a un solo proyecto docente no es suficiente para realizar la visita. Este año no ha habido ningún proyecto correspondiente a la otra asignatura, por lo que no hemos contado con fondos para realizar la visita. De este modo, la financiación de este proyecto se ha destinado a aumentar los fondos bibliográficos de las asignaturas. Los libros adquiridos servirán tanto para la preparación de las asignaturas como para los proyectos de Fin de Grado que se desarrollen sobre temas relacionados con la teoría cuántica.

4. Materiales y métodos (describir el material utilizado y la metodología seguida).

En primer lugar, las aplicaciones programadas en lenguaje JAVA que se encuentran en la página de las asignaturas, se han desarrollado utilizando el programa de dominio público Easy Java Simulations (EJS), desarrollado por el profesor Francisco Esquembre, de la Universidad de Murcia, y que está expresamente diseñado para desarrollar simulaciones de procesos físicos. Este programa se encuentra descrito en el libro escrito por el propio Francisco Esquembre y citado en el apartado de Bibliografía.

La gestión de la página de las asignaturas se ha gestionado el gestor de contenidos Joomla. Este gestor permite controlar de forma sencilla el aspecto de la página y añadir y gestionar el material que se va

elaborando. Entre los módulos que se pueden colocar dentro de la página gestionada con Joomla se encuentran los servidores de noticias RSS. Estos servidores proporcionan noticias actuales sobre diversos temas y son utilizados los alumnos para obtener información para la redacción de los artículos que se colocan en el Blog de la página, tal como se ha comentado en el apartado anterior. Como la página principal tiene la estructura de Blog, admite que los visitantes puedan colocar comentarios de opinión sobre los artículos. La página dispone de otros módulos que ayudan a obtener información útil para los alumnos como enlaces a otras páginas, buscadores (tanto de Web como dentro de la propia página), etc.

Finalmente, otra herramienta que hemos utilizado, y que se describirá con más detalle más adelante, es el entorno público Google Analytics, que permite obtener una información muy rica sobre las visitas que recibe la página.

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

El primer resultado a destacar es el aprendizaje de determinados fenómenos físicos como son el efecto fotoeléctrico, el efecto túnel, el oscilador armónico cuántico, etc, que se han trabajado durante los seminarios y utilizando los applets que se encuentran en la página de las asignaturas. El aprendizaje con este nuevo método es más profundo ya que permite a los alumnos experimentar variando las condiciones físicas y observando cómo influyen éstas en los resultados obtenidos. Una gran ventaja de que los applets se encuentren alojados en un página de acceso libre consiste en que los pueden volver a utilizar las veces que quieran desde cualquier sitio y, en particular, cuando están preparando las asignaturas.

El segundo resultado destacado son los artículos que se han publicado en la página web de las asignaturas, que han permitido a los alumnos conocer diversos aspectos de los avances que se están produciendo en la investigación de la teoría cuántica. También han sido de ayuda los servidores de noticias, que actualizan la información a diario sobre nuevos descubrimientos también relacionados con la teoría cuántica.

Como se ha comentado anteriormente, un objetivo no logrado ha sido la visita a alguna empresa o centro de investigación. Para cursos posteriores, veremos qué otras posibilidades existen para realizar ese tipo de visitas que son de gran interés.

Tanto los applets como los artículos sobre la teoría cuántica, se encuentran alojados y disponibles para todo el público en la página web <http://www.uco.es/hbarra>. En el último apartado se muestra el aspecto de la página de inicio.

Para controlar la utilidad de la página web, se ha realizado un seguimiento de las visitas recibidas utilizando Google Analytics. Durante el periodo de ejecución del proyecto, desde el 1 de septiembre de 2014 hasta la fecha, se han recibido 65.892 visitas de todo el mundo. En el último apartado se puede ver un gráfico de la distribución temporal de las visitas. Los periodos de más actividad se encuentran entre octubre-noviembre y febrero-junio. Además de esta información, Google Analytics proporciona información demográfica de las visitas que recibe la página. Tal como puede verse en los gráficos que se muestran en el último apartado, la página recibe muchas visitas de personas con edades comprendidas entre los 18 y los 34 años y tiene poco interés para personas mayores. Por sexo, podemos ver que se reciben más visitas de hombres que de mujeres, pero no existe una diferencia sustancial. Por último, también disponemos de información geográfica de las visitas recibidas. El gráfico con la distribución geográfica de las visitas se muestra también en el último apartado. Podemos ver que la mayoría de las visitas provienen de España, México y Colombia. Le siguen otros países de Sudamérica como son Argentina, Ecuador, Perú, Chile, Venezuela y Bolivia y a continuación Estados Unidos. También podemos ver que se reciben visitas de prácticamente todo el mundo, salvo de algunos países asiáticos y de algunos africanos. Dentro de España también conocemos las ciudades desde las que se reciben un mayor número de visitas y son Madrid, Barcelona y Córdoba.

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

La experiencia ha servido para adaptar la enseñanza de las asignaturas de Cuántica del Grado de Física (Física Cuántica I y II y Mecánica Cuántica) a las nuevas tecnologías y, en general, a los métodos que se pretenden incentivar en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior. El nuevo método de enseñanza utiliza fundamentalmente los contenidos de la página web de las asignaturas: applets y artículos. Tal y como se ha escrito en el apartado anterior, los alumnos de la Universidad de Córdoba no han sido los únicos en beneficiarse de las herramientas desarrolladas, ya que la página recibe visitas del todo el mundo.

La mayor parte de las herramientas que se han utilizado son de dominio público (Java, Easy Java Simulations, Joomla, Servidores de noticias RSS, Google Analytics) y, por tanto, se pueden utilizar para desarrollar proyectos similares de otras asignaturas. La instalación y uso de Joomla requiere unos conocimientos mínimos de informática, ya que el personal del Servicio de Informática de nuestra universidad facilita el acceso a una base de datos MySQL y a un servidor con PHP, que son los requisitos indispensables para que pueda funcionar el gestor de contenidos. En cualquier caso, también se pueden utilizar otros entornos como WordPress, BlogSpot, etc. Mediante la experiencia, también hemos conseguido que los alumnos participen de forma más activa en su propio aprendizaje. Está comprobado que si el alumno participa de forma activa, asimila el contenido con mayor profundidad que si el profesor facilita todo el material y se limita a impartir lecciones magistrales.

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

Consideramos que los apartados anteriores son suficientes y que contienen todos los aspectos importantes del proyecto.

8. **Bibliografía.**

- F. Esquembre, "Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física", Editorial PEARSON Prentice Hall.

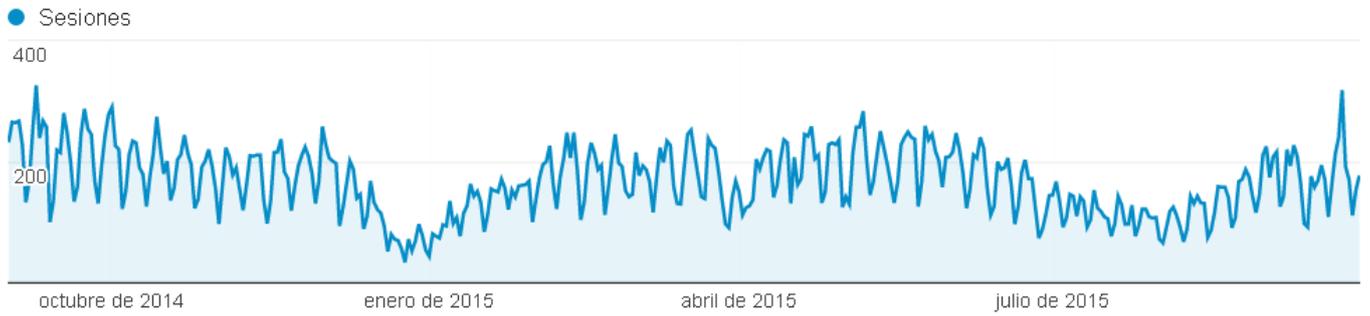
- J. I. Fernández Palop, "A versatile applet to explore the wave behavior of particles", European Journal of Physics 30 (2009) 771-776.

9. Relación de **evidencias** que se anexan a la memoria

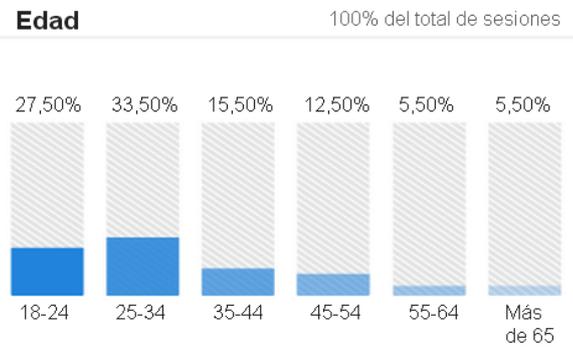
Página principal <http://www.uco.es/hbarra>



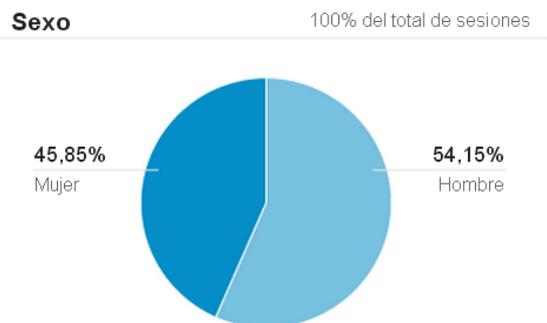
Distribución temporal de las visitas recibidas por la página <http://www.uco.es/hbarra> , durante el periodo 01/09/2014-28/09/2015.



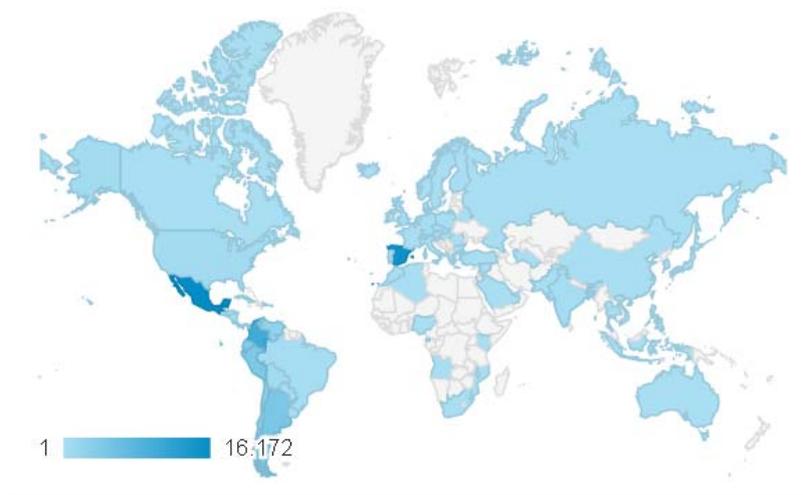
Distribución de las visitas recibidas por edad.



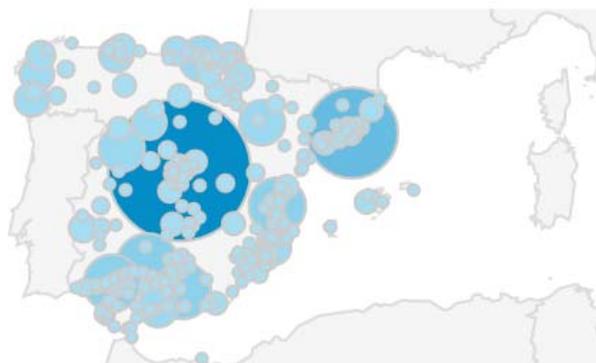
Distribución de las visitas recibidas por sexos.



Distribución geográfica de las visitas recibidas por la página.



Distribución geográfica de las visitas recibidas por la página desde España.



Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

Córdoba, 28 de septiembre de 2015

Sra. Vicerrectora de Estudios de Postgrado y Formación Continua