

## **VALORACIÓN DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y METODOLOGÍAS EN UNA ASIGNATURA CIENTÍFICA UNIVERSITARIA**

### **AUTORES:**

Susana Cebrián ([scebrian@unizar.es](mailto:scebrian@unizar.es)), José Manuel Carmona, Gloria Luzón, Julio Morales y José Ángel Villar

Departamento de Física Teórica, Área de Física Atómica, Molecular y Nuclear  
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza  
C/ Pedro Cerbuna 12  
50009 Zaragoza

### **RESUMEN:**

La inminente implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) sitúa a las universidades españolas en un momento de importantes cambios, entre los que sin duda se incluirá una profunda renovación metodológica. Por otra parte, el uso de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación es imparable en la sociedad en general y en los contextos educativos en particular.

Para la impartición de la asignatura “Física Nuclear de Baja Energía” (FNBE), correspondiente a la Licenciatura en Física de la Universidad de Zaragoza, se han utilizado en los últimos años tanto nuevas tecnologías como nuevas metodologías docentes, en un intento de que la transición al nuevo escenario educativo sea gradual. El objetivo principal de esta ponencia es compartir y valorar las experiencias llevadas a cabo en el seno de esta asignatura. En primer lugar, se comentará la motivación para poner en marcha tales experiencias, que se describirán en detalle a continuación. Finalmente, se discutirán las ventajas y dificultades encontradas en la utilización de estas nuevas tecnologías y metodologías con el fin de mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

### **Palabras clave**

Nuevas tecnologías, Aprendizaje activo, Aprendizaje colaborativo, Simulación

## 1. MOTIVACIÓN

Como se indica en (*Pétriz Calvo, 2004*), la innovación docente para conseguir nuevas formas activas de aprendizaje es uno de los objetivos del programa de innovación y mejora de la docencia de la Universidad de Zaragoza en el marco de la convergencia al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Con el propósito de acumular una cierta experiencia en las nuevas estrategias docentes antes de la implantación del EEES, se decidió poner en marcha en el marco de la asignatura Física Nuclear de Baja Energía (FNBE) algunas experiencias innovadoras. En esta sección se describen brevemente las principales características del EEES y se presenta el contexto de la asignatura.

### 1.1 El Espacio Europeo de Educación Superior

A finales de los años 90 la Unión Europea emprendió la reforma de la estructura y organización de sus enseñanzas para favorecer la construcción del EEES (Declaración de La Sorbona en 1998 y Declaración de Bolonia en 1999, (*Bolonia, 1999*)) como un paso muy importante para la construcción de una Europa unida y competitiva. Uno de los objetivos principales del EEES es implantar un sistema de educación superior centrado en el aprendizaje y basado en el logro de competencias académicas y profesionales. El aprendizaje debe ser el eje central del proceso de formación, tanto en el diseño curricular como en la interacción didáctica. El EEES pretende ofrecer un marco docente común, dinámico y flexible pero equilibrado, respetuoso con la diversidad cultural y la autonomía de los sistemas nacionales y de las instituciones. Los estudios tendrán mayor transparencia y comparabilidad, en beneficio de toda la sociedad. Los niveles de los títulos serán más homogéneos favoreciendo la movilidad e integración en el mercado laboral de los estudiantes. Acorde con estos principios, se introduce el crédito europeo ("European Credit Transfer System", ECTS) como sistema de acreditación y armonización. Esta unidad del haber académico valora el volumen global de trabajo realizado por el alumno en sus estudios, no solo las horas de clase.

La implantación del nuevo sistema en las universidades españolas supone un importante reto para profesores (que deben modificar su rol y prácticas de trabajo) y estudiantes (que deben saltar de un sistema de trabajo y evaluación conocido a otro potencialmente más eficaz pero seguramente más exigente), así como para los responsables académicos y de gestión. Los principios básicos del nuevo sistema son:

- La implicación, motivación y autonomía del estudiante. La acción tutorial será sin duda la herramienta fundamental para lograr este objetivo.
- Las metodologías activas y colaborativas, como el aprendizaje basado en la resolución de problemas, métodos del caso, simulaciones,... Estos métodos posibilitan aprendizajes más significativos y flexibles.
- Un aprendizaje más práctico y conectado con la realidad, con referencia a perfiles académicos y profesionales, y con preocupación por los resultados. En este sentido, será esencial el diseño de los entornos de aprendizaje y los canales para que el alumno pueda generar sus marcos conceptuales.
- El nuevo rol del profesorado, que más que organizar un conjunto de contenidos tendrá que diseñar una sucesión de experiencias de aprendizaje.
- La competitividad, es decir, la adecuación de los programas de formación a las necesidades del mercado laboral en cada área.

Como todo proceso innovativo, la adaptación al EEES deberá llevarse a cabo mediante cambios graduales para que este arraigue y suponga una mejora relevante. El propósito es tener implantado el nuevo sistema antes del final de la primera década del tercer milenio. En España está previsto iniciar algunos de los nuevos grados en el

curso 2008/2009 de manera que en 2012 saldrían los primeros graduados con los nuevos títulos. En (*Alvarez-Estrada et al, 2003*) se describe la situación de los estudios de Física y disciplinas relacionadas en el proceso de convergencia.

El proceso de construcción del EEES se percibe como la oportunidad perfecta para impulsar una reforma que no debe quedarse en una mera reconversión de la estructura y contenidos de los estudios, sino que debe alcanzar elementos más fundamentales como la interacción entre profesores y estudiantes para la generación de aprendizaje. Es de esperar que el número de horas de clases presenciales se reduzca significativamente, lo que obligará a redefinir actividades y métodos. Los cambios más destacados en la labor docente durante el proceso de adaptación al EEES pueden ser los siguientes:

- La orientación de las lecciones magistrales y de las sesiones de resolución de problemas será distinta. La clave del éxito en este proceso de transformación puede ser que el profesor deje hacer a los alumnos en solitario tareas para las cuales están capacitados, concentrándose su labor en el aula en facilitar niveles de aprendizaje superiores (interrelaciones, aplicaciones, conclusiones, síntesis,...).
- El profesor deberá organizar en gran parte el trabajo de los estudiantes fuera del aula, diseñando actividades de aprendizaje específicas para objetivos particulares. El abanico de opciones es amplio, algunos ejemplos podrían ser la lectura guiada de fragmentos de libros o artículos (esta actividad puede ser útil para establecer definiciones y clasificaciones de conceptos), la búsqueda guiada de información (esta actividad puede ayudar a presentar experimentos o el estado actual de investigaciones), el tratamiento y análisis de datos obtenidos en contextos reales o la utilización de laboratorios virtuales y la ejecución de simulaciones por ordenador (esta actividad sería especialmente útil para visualizar y ejemplificar fenómenos).
- El contacto alumno-profesor en tutorías personalizadas deberá consecuentemente aumentar significativamente. La regularización de los encuentros, individuales o en pequeños grupos, será aconsejable para el seguimiento y control de las actividades concretas de aprendizaje.

En resumen, en esta sección se ha recordado que la inminente implantación del EEES en las universidades españolas aconseja el desarrollo de nuevas experiencias de aprendizaje que puedan aplicarse en un contexto educativo con menor presencialidad del alumno y una mayor relevancia de los métodos activos de aprendizaje. La adecuada selección, planificación y gestión de nuevas actividades de aprendizaje constituye sin duda el mayor reto del profesorado en el nuevo marco educativo. Para que la transformación del escenario educativo no sea demasiado drástica, es conveniente comenzar a desarrollar ya este tipo de experiencias; en este contexto se sitúa la experiencia descrita en esta comunicación.

## **1.2 Contexto de la asignatura**

La asignatura “Física Nuclear de Baja Energía” (FNBE) se imparte desde el curso 2002/2003 en la Licenciatura en Física de la Universidad de Zaragoza, por profesorado del Departamento de Física Teórica, Área de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Según el plan de estudios en vigor desde 1999, se trata de una asignatura optativa de 6 créditos (4 teóricos y 2 prácticos) que los alumnos pueden elegir en el segundo ciclo. Desde su implantación, el número de alumnos que cada año la cursan es del orden de 10.

Estas características (carácter optativo, impartición en el segundo ciclo de la asignatura) favorecen, en principio, el hecho de disponer de alumnos con un grado

aceptable de motivación por la asignatura. Esta condición, unida al reducido número de alumnos en el grupo, ha posibilitado la implantación en los últimos años de nuevas estrategias docentes tales como el uso de tecnologías de la información y la comunicación (Cebrián *et al*, 2007), el aprendizaje basado en problemas (Luzón *et al*, 2008) o la experimentación de metodologías activas (Cebrián *et al*, 2008).

La Física Nuclear es una materia básica en la formación de los licenciados en Física, que también es utilizada en otras áreas como la Medicina y la Biología. Según las directrices generales de los actuales planes de estudio de licenciados en Física en las universidades españolas, la Física Nuclear y de Partículas debe ser una asignatura troncal de 6 créditos que se imparte en quinto curso. En el Libro Blanco para el futuro Grado en Física, elaborado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA, 2004), la Física Nuclear y de Partículas aparece dentro de la disciplina Estructura de la materia, a la que se asignan 21 créditos ECTS del total de 240 correspondientes al grado. Además de en la formación básica de los licenciados en Física, contenidos de Física Nuclear aparecen en numerosas asignaturas optativas. Por ejemplo, en el actual plan de estudios de la Universidad de Zaragoza pueden señalarse las siguientes (todas ellas de 6 créditos): Física Nuclear de Baja Energía, Técnicas Nucleares, Dosimetría y Radioprotección ó Física de Altas Energías. Las experiencias descritas en esta comunicación se han desarrollado en la asignatura FNBE, aunque también podrían realizarse en otras de similares características de la misma licenciatura.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y METODOLOGÍAS**

En esta sección se describe en detalle el uso de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación en la asignatura FNBE, así como la utilización de nuevas metodologías docentes. En concreto, se presenta el sitio web creado para la asignatura como soporte de los recursos didácticos empleados y se comenta una experiencia de aprendizaje activo y colaborativo puesta en marcha.

### **2.1 Sitio web de la asignatura**

Aunque la asignatura es presencial, desde el curso 2003/2004 se ofrece a los alumnos de FNBE un curso en el Anillo Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza. El ADD<sup>1</sup>, basado en la aplicación WebCT, se ha considerado el marco más adecuado para la implantación de nuevas tecnologías en la docencia, tanto para los profesores (por la riqueza de herramientas y recursos que ofrece) como para los alumnos (que encuentran así un mismo entorno en distintas asignaturas).

En principio, este curso se planteó como un mero complemento a la docencia tradicional de la asignatura (clases de teoría y problemas además de prácticas de laboratorio) para aquellos alumnos que desearan utilizarlo. De todas las posibilidades que ofrece el ADD, simplemente se pensó en utilizar en primera instancia las herramientas de comunicación y el módulo de contenidos. Se incluyeron los apuntes de la asignatura en formato pdf, los guiones de las prácticas así como una serie de páginas con referencias (tradicionales y de sitios web de interés relacionados con los contenidos) y consejos para el desarrollo de la asignatura. Para los apuntes de cada tema, al tratarse de contenidos teóricos explicados en clase que el alumno debe estudiar, se eligió el formato pdf para facilitar la descarga e impresión. Sin embargo, para los guiones de las prácticas de laboratorio se optó por un formato html más adecuado para su consulta “on-line”, fijándose una misma estructura lineal para todos

---

<sup>1</sup> Accesible desde <http://add.unizar.es>

ellos: objetivos, fundamentos teóricos, equipo a utilizar, medidas a realizar, resultados a elaborar y posibles comentarios.

La elaboración de todos estos nuevos materiales electrónicos relacionados con la asignatura FNBE, partiendo completamente de cero, supuso un importante esfuerzo para los profesores. Hay que destacar que esta elaboración se realizó en el marco de diversos proyectos, como el programa PESUZ (Programa de Enseñanza Semipresencial de la Universidad de Zaragoza) 2003 "Acciones de producción de material docente", y participando en un grupo de innovación docente promovido por los Proyectos de Innovación Docente del ICE (Instituto de Ciencias de la Educación), denominado "LVF-UZ Laboratorio Virtual de Física Universidad de Zaragoza".

La experiencia de dos cursos lectivos ofreciendo materiales en el ADD para la asignatura FNBE fue satisfactoria tanto para los estudiantes como para los profesores responsables, lo que impulsó el deseo de proseguir con el proyecto mejorando las prestaciones ofertadas y aprovechando más los recursos potenciales del ADD. Mejorar la calidad pedagógica y la amplitud de contenidos, e incorporar paulatinamente elementos de innovación docente, sometiendo el trabajo a una evaluación externa fueron los principales propósitos en el plan de mejora de la calidad de la asignatura FNBE en el ADD, en el marco del programa PESUZ 2005 "Acciones de mejora de la calidad de asignaturas en el ADD". La experiencia acumulada (en FNBE y en otras asignaturas también presentes en el ADD) permitió identificar algunos aspectos susceptibles de mejora y desarrollar algunas acciones concretas para la implementación de posibles soluciones. Los principales objetivos de este plan de mejora, que fue reconocido con una Mención de Calidad otorgada por la Universidad de Zaragoza, fueron:

1. Mejorar los contenidos, así como aspectos organizativos y estéticos de los materiales ofrecidos, desarrollando al máximo las potencialidades del formato web en comparación con otros formatos convencionales para enriquecer los materiales de contenido ya existentes. La elaboración de materiales electrónicos es un proceso largo y no trivial, por las complicaciones técnicas que conlleva en los no profesionales de la informática y pedagógicas dada la novedad de la aplicación de los sitios web a la docencia. Se trató de dotar a las páginas de una estructura más hipertextual y menos lineal, evitando páginas largas, y de facilitar la navegación; recuérdese que la usabilidad es un concepto clave en los sitios web actuales. La Fig. 1 muestra el módulo de contenidos del curso en el ADD y en la Fig. 2 se presenta uno de los guiones de prácticas de laboratorio disponibles.

myWebCT Reanudar curso Mapa del curso Comprobar navegador Salida Ayuda

Física Nuclear de Baja Energía

Inicio > Contenidos y materiales > Programa > Glosario > **Módulo de contenidos**

Inicio  
Contenidos del curso  
Programa  
Calendario  
Módulo de contenidos  
Glosario  
Buscar  
Recopilar  
Comunicaciones  
Corros  
Foro de debate  
Charla  
Pizarra  
Evaluación

**Tabla de contenidos**

- ▼ 1. APUNTES DE CLASE
  - ▼ 1.1. Radiactividad.
    - 1.1.1. Radiactividad natural. Leyes de la desintegración
  - ▼ 1.2. Interacción de la radiación con la materia
    - 1.2.1. Interacción de las partículas cargadas
    - 1.2.2. Interacción de los fotones
    - 1.2.3. Interacción de los neutrones
  - ▼ 1.3. Detectores de partículas y fotones
    - 1.3.1. Introducción
    - 1.3.2. Detectores de gas
    - 1.3.3. Detectores de centelleo
    - 1.3.4. Detectores semiconductores
- ▼ 2. MATERIAL DE PRÁCTICAS
  - ▼ 2.1. Práctica 1: Medida del coeficiente de atenuación másico de fotones en Plomo y Aluminio
    - 2.1.1. Práctica - Objetivo
    - 2.1.2. Práctica - Dispositivo
    - 2.1.3. Práctica - Fundamentos
    - 2.1.4. Práctica - Medidas
    - 2.1.5. Práctica - Resultados
    - 2.1.6. Práctica - Comentarios
  - ▶ 2.2. Práctica 2: Comparación del poder de penetración en la materia de partículas alfa, beta y gamma
  - ▶ 2.3. Práctica 3: Medida de la actividad de muestras en centelleo líquido
  - ▶ 2.4. Práctica 4: Obtención y análisis de un espectro de fondo radiactivo
  - ▶ 2.5. Práctica 5: Calibración de un detector de germanio
  - ▼ 2.6. Repaso de Estadística y Análisis de Errores
    - 2.6.1. Resumen
    - 2.6.2. Enunciados de problemas
    - 2.6.3. Resolución de problemas
  - 2.7. Consejos para elaborar los trabajos de prácticas
  - 3. Applets y animaciones sobre Física Nuclear y de Partículas
  - 4. Bibliografía y enlaces generales de interés

Figura 1: Página del módulo de contenidos del curso de la asignatura FNBE en el ADD.

myWebCT Reanudar curso Mapa del curso Comprobar navegador Salida Ayuda

Física Nuclear de Baja Energía

Inicio > Contenidos del curso > Módulo de contenidos > **Practica 4 - Dispositivo**


Inicio  
Contenidos del curso  
Programa  
Calendario  
Módulo de contenidos  
Glosario  
Buscar  
Recopilar  
Comunicaciones  
Corros  
Foro de debate  
Charla  
Pizarra  
Evaluación

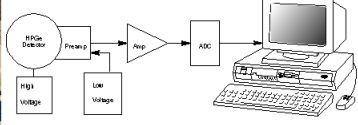
Página siguiente

**Obtención y análisis de un espectro de fondo radioactivo**

**DISPOSITIVO EXPERIMENTAL**

Para la realización de esta práctica se utiliza un detector semiconductor de Germanio. La cadena electrónica que acompaña al detector de Ge contiene un preamplificador, un amplificador y un convertidor analógico-digital. El siguiente gráfico y la fotografía muestran el montaje.





**Detector de Ge:** un detector de germanio es un diodo semiconductor tipo P-I-N en el que la región intrínseca (I) es sensible a la radiación ionizante. Aplicando un voltaje inverso  $V_G$ , se extiende la región intrínseca y se crea un campo eléctrico E que permitirá la colección en los correspondientes electrodos de los portadores de carga (pares electrón-hueco) creados por la interacción de las partículas incidentes. La energía promedio necesaria para crear un par en germanio es de 2.95 eV y de 3.72 eV en silicio (a 80 K); la pequeña cantidad de energía necesaria para generar los portadores, en comparación con otro tipo de detectores, es la responsable de la excelente resolución en energía que tienen los cristales de germanio. El tiempo de deriva de los portadores hasta los electrodos es típicamente de entre 0.1 y 3  $\mu$ s. La carga creada, proporcional a la energía depositada, se transforma en un pulso de voltaje mediante un preamplificador. Las siguientes figuras esquematizan este mecanismo de detección para un detector cilíndrico coaxial de radios interno y externo  $r_{int}$  y  $r_{ext}$ .




Figura 2: Ejemplo de una de las páginas que constituyen los guiones “on-line” de las prácticas de laboratorio.

2. Incluir materiales adicionales destinados a suplir algunas deficiencias frecuentemente observadas en alumnos de esta asignatura, incluyendo actividades complementarias para mejorar la comprensión en aquellos estudiantes para los cuales las explicaciones en el aula no son suficientes. Una de las ventajas de las webs docentes es que permiten personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje a las necesidades de cada alumno, pues éste utiliza si lo cree necesario los recursos ofrecidos vía web en el momento en que lo considera oportuno. Inicialmente, los materiales ofrecidos para la asignatura FNBE correspondían exclusivamente a contenidos básicos dirigidos a todos los alumnos. Este tipo de complementos resulta especialmente importante en el camino de adaptación de nuestras asignaturas a las metodologías docentes del EEES en las que el trabajo autónomo del estudiante es más relevante.

En concreto, se desarrolló material complementario relacionado con la Estadística y el tratamiento de errores, dado que aunque este no es un contenido propio de la asignatura, la experiencia demuestra que los alumnos suelen tener dificultades en ello y es fundamental especialmente para el análisis de datos en los trabajos prácticos.

También se incluyeron problemas resueltos. Con esto se pretende no solo que los estudiantes tengan acceso al resultado correcto de los problemas propuestos, sino darles una ayuda que permita que ellos sean capaces de resolverlos independientemente y una guía para que extraigan el máximo aprendizaje posible de cada problema. Con este objetivo, para cada problema se proporciona de manera independiente el enunciado, los conceptos teóricos subyacentes (y que por tanto el estudiante debe dominar antes de afrontar el problema), la resolución explicada detalladamente, el resultado final y un comentario a modo de conclusión.

Además, se creó un glosario con definiciones de conceptos básicos asociados a los contenidos de la asignatura.

3. Diseñar alguna experiencia de trabajo activo y colaborativo implementando las herramientas necesarias para el intercambio de información en el marco del ADD. La conexión telemática de los recursos web facilita el trabajo en grupo, permitiendo el intercambio de información incluso sin coincidencia espacio temporal de los miembros del grupo. La experiencia puesta en marcha se describe en detalle a continuación.

## **2.2 Experiencia de aprendizaje activo y colaborativo**

En el curso 2005/06, una de las prácticas de la asignatura que venía realizándose desde años anteriores se transformó en una experiencia de trabajo cooperativo. La práctica esta destinada a comparar el distinto poder de penetración en la materia de diversos tipos de radiación. Los estudiantes agrupados en pequeños equipos de 2-3 personas para la realización de las medidas, deben al finalizar estas compartir sus datos con todos los demás para producir los resultados y extraer las conclusiones considerando la información obtenida por todos. Consideramos que de esta manera se enriquece ampliamente el aprendizaje extraído de la experiencia sin aumentar proporcionalmente la carga de trabajo de los estudiantes. Esta experiencia es posible dado el número reducido de alumnos de la asignatura. Desde el punto de vista de la innovación docente esta práctica en concreto es especialmente interesante, dado que no se trata de una práctica convencional realizada en el laboratorio, sino que los

alumnos realizan simulaciones en ordenador para la obtención de los datos a tratar. El aprendizaje basado en simulaciones es especialmente interesante en campos como la Física.

En esta sección se detallan las características de la aplicación desarrollada para poner en marcha la experiencia y a continuación se discute el uso docente que se le ha dado y su potencial para una posible aplicación futura en otros contextos.

### Descripción de la aplicación

Se ha diseñado y construido una **aplicación informática** que permite simular de un modo sencillo la interacción de distintos tipos de radiaciones en diversos materiales. Además, se ha elaborado una guía de uso de la herramienta.

Los objetivos generales en el uso de esta aplicación son:

- Comparar el distinto poder de penetración en la materia de distintos tipos de partículas (partículas alfa, electrones y fotones) asociados a los procesos de desintegración nuclear alfa, beta y gamma.
- Comprender el significado de la atenuación de fotones y del alcance de partículas cargadas (electrones y partículas alfa) en un material, así como sus dependencias características y los efectos que originan.
- Conocer y utilizar uno de los códigos de simulación por Monte Carlo de la interacción radiación-materia más utilizados en la actualidad (GEANT4).

Es importante apuntar que en (*Shaw & Williard, 2001*) se propone como ejemplo de práctica en Física Nuclear una denominada “Interacción de los electrones con la materia” basada, como la experiencia aquí descrita, en la simulación de radiación en materia, pero esta aplicación se basa en un código no estándar y se limita al estudio de electrones.

Las técnicas de simulación numérica se utilizan en numerosas disciplinas científicas, constituyendo un valioso apoyo tanto para los modelos teóricos como para las medidas experimentales. La comparación de simulaciones con datos experimentales permite validar hipótesis teóricas, o si la teoría en la que se basa una simulación es robusta, esta puede permitir predecir la respuesta de un dispositivo experimental. En nuestro caso, interesa simular la interacción de distintos tipos de partículas en la materia. Partiendo de unos datos de partida,

- las características del dispositivo experimental (dimensiones y materiales)
- los diversos procesos físicos que sufren las partículas incidentes (probabilidad de ocurrencia, partículas secundarias producidas, ...)
- las propiedades de las partículas incidentes (tipo, energía, dirección de movimiento y localización)

y generando números aleatorios para muestrear las distribuciones de probabilidad de las variables implicadas, se puede reproducir la interacción de las partículas incidentes sobre el dispositivo experimental. Es posible desarrollar un sencillo programa que simule la interacción de algunas partículas en materia, pero ya existen diversos códigos que permiten simular con gran precisión; el que se utiliza en esta práctica es GEANT4.

GEANT4 (*Agostinelli et al, 2004*) es un paquete de herramientas (código de programación y librerías) para simular el paso de partículas a través de la materia. Permite reproducir en detalle la geometría de los dispositivos experimentales, la física involucrada en las interacciones y el transporte de las partículas. Este paquete de simulación es el resultado de la colaboración de físicos e informáticos de todo el mundo desde hace muchos años, y se utiliza en el ámbito de la Física de Partículas, la



Física Nuclear, diseño de aceleradores, ingeniería espacial y Física Médica. Está basado en la programación orientada a objetos e implementado en C++. El usuario que elabora una aplicación basada en GEANT4 debe, entre otras tareas, definir la geometría que se desea reproducir. En nuestro caso, se trata de una simple lámina cuyo material y espesor se definen antes de ejecutar el programa, al igual que el tipo y energía de las partículas incidentes sobre la lámina. El esquema de la Fig. 3 reproduce la geometría considerada en nuestra simulación.

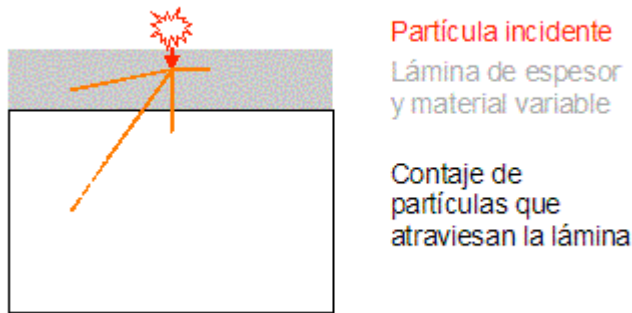


Figura 3: Esquema de la geometría implementada en la aplicación para la simulación por Monte Carlo de la interacción de radiación en materia.

Para la ejecución del programa elaborado, el estudiante debe simplemente proporcionar en un fichero de texto unos parámetros de entrada (espesor de la lámina, material de la lámina, energía de la partícula incidente, tipo de partícula y número de partículas a simular) y recoger la información de salida que se proporciona en pantalla (número de partículas que han atravesado la lámina).

La **guía de uso** de la aplicación, disponible en formato web, contiene diversas secciones. La guía está incluida entre los materiales de prácticas disponibles en el curso de la asignatura FNBE ofrecido en el ADD. En la Fig. 4 se muestran dos vistas de la guía, en la que:

- Se enuncian los objetivos y se describen los fundamentos teóricos de la experiencia a realizar. En esta sección se incluyen numerosos gráficos y referencias de sitios web donde se encuentran compilados datos sobre algunas de las magnitudes relevantes en el estudio de la interacción radiación-materia.
- Se describe el equipo a utilizar, detallando el modo de ejecución de la aplicación, concretando parámetros de entrada y de salida.
- Se enumeran las “medidas” y resultados que deben elaborarse. Para distintos tipos de radiaciones, los alumnos deben estudiar la penetración distintos materiales y variando la energía inicial de las partículas incidentes
- Se proponen comentarios a realizar sobre los resultados obtenidos. Por ejemplo, se recomienda comparar los valores obtenidos con los esperados, consultando los datos de sitios web recomendados. Además, se invita a concluir sobre los órdenes de magnitud de la penetración en la materia de los distintos tipos de partículas considerados. En el marco de la utilización de la aplicación en la asignatura FNBE, también se propone comparar los resultados con los obtenidos en el laboratorio en otra práctica en la que se realizan realmente las medidas simuladas; esta tarea es especialmente importante para comprender la importancia de la validación de cualquier proceso de simulación.

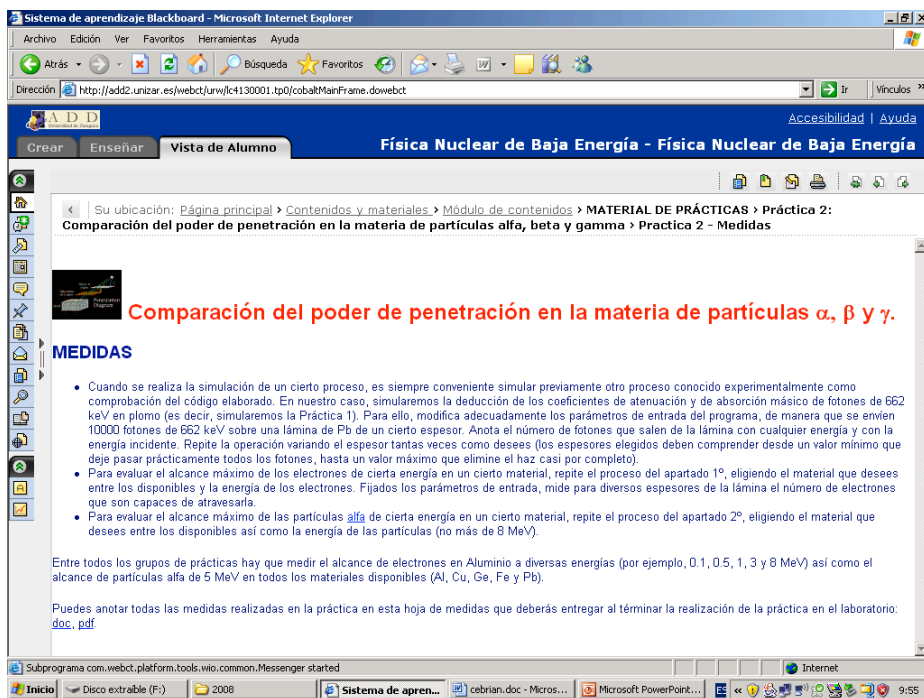
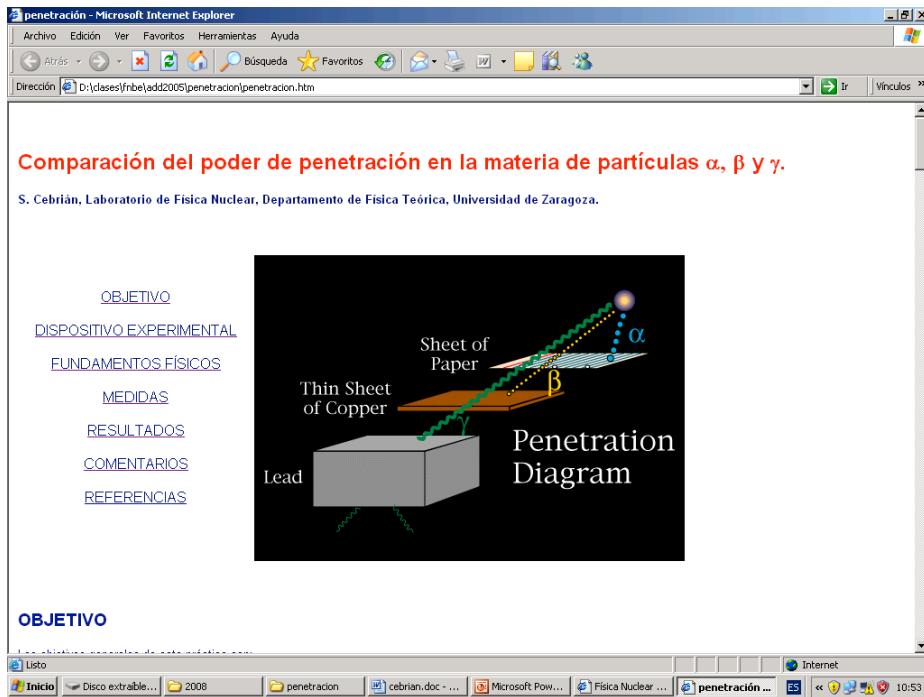


Figura 4: Vistas de la guía de la aplicación desarrollada para poner en marcha la experiencia de aprendizaje activo y colaborativo en la asignatura FNBE.

### Uso docente

En el contexto de la asignatura FNBE, la aplicación de simulación de la interacción de radiación en materia se ha utilizado ininterrumpidamente desde el curso 2004/2005 para el desarrollo de una de las cinco prácticas programadas, denominada “Comparación del poder de penetración en la materia de partículas  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ ”. Se realiza una sesión de aproximadamente cuatro horas de duración en un aula informática con presencia continua del profesor. La ejecución de la aplicación se realiza en un servidor, al que los alumnos se conectan a través de la red desde su ordenador. Cada

estudiante debe llevar a cabo la simulación de una serie de medidas para estudiar la atenuación de distintas partículas con ciertas energías, en determinados materiales. Los datos recogidos por cada alumno deben ser compartidos con todos los demás miembros del grupo para el posterior análisis global, la elaboración de los resultados y la formulación de conclusiones. Consideramos que de esta manera se enriquece ampliamente el aprendizaje extraído de la experiencia sin aumentar proporcionalmente la carga de trabajo de los estudiantes.

Hasta la fecha, la aplicación desarrollada se ha empleado simplemente como herramienta para la realización de prácticas, cuyos objetivos generales son utilizar técnicas experimentales en Física Nuclear y reforzar la comprensión de los conceptos presentados en las sesiones teóricas. Antes de la práctica, los estudiantes han recibido ya formación sobre la interacción radiación-materia. Además, el uso de la aplicación se realiza bajo la supervisión del profesor. Sin embargo, consideramos que la potencialidad de la herramienta desarrollada es mayor y que serviría para el desarrollo de nuevas actividades de aprendizaje en el marco del EEES. Por ejemplo, los estudiantes podrían utilizar la aplicación individualmente fuera del aula siguiendo la guía ya elaborada y habiendo recibido una formación previa sobre el tema más reducida de la que reciben en la actualidad. La experiencia permitiría en este caso al alumno descubrir las características esenciales de la interacción de las partículas con la materia y familiarizarse con las magnitudes y parámetros que describen el fenómeno; de esta manera se reforzaría el carácter activo en el proceso de aprendizaje del tópico considerado. El carácter colaborativo de la experiencia podría mantenerse sin problema utilizando las nuevas tecnologías de la comunicación para que los estudiantes compartiesen los datos obtenidos en las simulaciones.

### **3. VALORACION**

La experimentación de nuevas estrategias docentes supone una importante carga de trabajo añadido a los profesores, que además deben cumplir con sus obligaciones habituales. También por parte de los alumnos exige un esfuerzo de adaptación, pues en general no suelen estar habituados a entornos como el ADD ni a métodos de aprendizaje activo o colaborativo. Ahora bien, la inminente implantación del EEES en las universidades españolas impone la necesidad de empezar ya a preparar y utilizar experiencias de aprendizaje innovadoras que en el futuro serán imprescindibles. En esta sección se trata de resumir las ventajas y limitaciones encontradas en la puesta en marcha de las experiencias descritas, para favorecer la consecución del objetivo fundamental de cualquier proyecto educativo: el aprendizaje de los alumnos. Algunas de las ventajas se encuadran en el contexto puramente disciplinar, mientras que otras son extensibles a experiencias para otras materias.

#### **3.1 Ventajas**

En el contexto de la disciplina, la experiencia de aprendizaje activo y colaborativo puesta en marcha permite a los estudiantes conocer y utilizar uno de los códigos de simulación de la interacción de radiación en materia más potentes y de uso más extendido en todo el mundo en la actualidad. GEANT4 es un código vivo, en permanente proceso de mejora y utilizado en contextos tan diversos como la Medicina, la Física del Espacio o la Física de Partículas fundamental. También se propone la utilización de bases de datos accesibles en Internet con información esencial para el análisis de interacciones de radiación. Aunque evidentemente el trabajo de laboratorio debe ser incluido entre las actividades de cualquier asignatura que contenga entre sus contenidos la interacción de radiación en materia, la experiencia de aprendizaje presentada permite ejercitar algunas técnicas de análisis de datos y reforzar contenidos teóricos esenciales sin tener que afrontar las precauciones que exige el

uso por parte de los estudiantes de fuentes radiactivas que emiten radiaciones alfa, beta y gamma.

Entre los aspectos positivos de carácter más general pueden destacarse los siguientes:

1. Incluso en las versiones más sencillas de cursos en el ADD, cabe destacar ya importantes ventajas de esta herramienta docente frente a los sistemas habitualmente utilizados para la **transmisión de información** (por ejemplo, fotocopias):

- el alumno dispone en cualquier lugar y momento (siempre que posea conexión a Internet) de los materiales relacionados con la asignatura.
- el formato web permite un enriquecimiento significativo de los materiales gracias a la inclusión de fotos y todo tipo de gráficos y figuras a color y al uso de hipervínculos, ya sea a otros puntos del módulo de contenidos o a sitios web externos relacionados con el tema tratado. Por ejemplo, en todos los guiones de prácticas de la asignatura FNBE se incluyen numerosas fotografías de los equipos e instrumentos a utilizar en el laboratorio, facilitando al alumno la identificación de todos ellos. Los enlaces entre contenidos son de gran utilidad para ayudar al alumno a establecer sus propias conexiones entre conceptos que han sido aprendidos individualmente; en (McKnight et al, 1999) se aborda la cuestión del papel del hipertexto en la educación y el aprendizaje.

2. La implantación del sistema de créditos europeos en el EEES que estará vigente en el futuro próximo refuerza la importancia del trabajo autónomo del estudiante, como se deduce del Documento-Marco elaborado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (véase (MEC, 2003)). Aunque muchos de los cursos ofrecidos actualmente en el ADD van vinculados a asignaturas presenciales (como es el caso de FNBE), pensando en el futuro que se aproxima, se considera de gran importancia la construcción de herramientas que faciliten esa **autonomía del estudiante**; un curso del ADD es sin duda un valioso instrumento para trabajar en esta dirección. Recordemos que la capacidad de aprendizaje autónomo es una de las competencias transversales sistemáticas que se destacan en el Libro Blanco de la licenciatura en Física (véase (ANECA, 2004)). Además, el curso del ADD permite el desarrollo de la asignatura para aquellos alumnos con dificultades para asistir regularmente a clase, acercándose a un modelo de asignatura semipresencial.

3. Estos cursos posibilitan la **personalización del proceso de enseñanza-aprendizaje** a las necesidades de cada alumno, incorporando distintos materiales que no forman parte de los contenidos básicos de la asignatura (expuestos en las lecciones magistrales) pero que pueden resultar de interés por una parte para los alumnos más aventajados ávidos de profundizaciones y por otra para aquellos que necesitan cubrir lagunas en el desarrollo normal de la asignatura. Así pues, un alumno puede utilizar si lo considera necesario ciertos recursos ofrecidos vía web en el momento en que lo estime oportuno.

4. La conexión telemática de los recursos web facilita también el **trabajo en grupo**, al permitir el intercambio de información incluso sin coincidencia espacio-temporal de los miembros del grupo. No es necesario apuntar aquí las ventajas que la adquisición del hábito de trabajar en grupo tiene para los alumnos. Además, el trabajo en equipo es una competencia genérica transversal de tipo personal fundamental, que debe conseguirse en los licenciados en Física (véase el Libro Blanco en (ANECA, 2004)) y que normalmente no está muy desarrollada. La combinación del uso de aplicaciones de simulación como la desarrollada y las nuevas tecnologías de la comunicación permiten desarrollar una experiencia de trabajo cooperativo incluso en un contexto semipresencial.

5. Un curso en el ADD facilita todas las tareas de **evaluación en el proceso de aprendizaje**, desde la simple evaluación calificativa final a las menos frecuentes evaluaciones diagnóstica y formativa. Para la primera, se ofrecen distintas herramientas que ayudan al profesor en la realización de exámenes o la recogida de trabajos, además de facilitar la gestión de las calificaciones y la notificación y comunicación con el alumno. En experiencias de aprendizaje como la descrita en esta ponencia, la necesidad de un estrecho contacto entre profesor y alumnos para el control del desarrollo de la experiencia puede resultar beneficiosa no solo para la personalización del proceso enseñanza-aprendizaje sino también para la evaluación continua formativa. Recuérdese que esta evaluación (*Escudero, 1995*) es importante no solo para la calificación de los estudiantes, sino sobre todo para que el profesor disponga de una retroalimentación sobre la marcha del proceso de aprendizaje que le permita reorientarlo a tiempo en caso de que sea necesario.

6. El sobreesfuerzo exigido a muchos alumnos para utilizar diversas herramientas informáticas, acercarse al ADD, habituarse a navegar en la red, manejar distintos tipos de ficheros electrónicos, usar foros, correo electrónico, etc. no es en ningún caso baldío, independientemente del aprovechamiento que el alumno haga de los recursos ofrecidos en una asignatura concreta. El **uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación** es una habilidad que todo alumno universitario debe adquirir, incluso si en muchas ocasiones no forma parte específicamente de los currículos. Los conocimientos informáticos son una competencia transversal de tipo instrumental para los licenciados en Física, de acuerdo con el Libro Blanco (véase (*ANECA, 2004*)).

### 3.2 Dificultades

En los primeros años en que el curso de FNBE se ofrecía en el ADD, la principal dificultad observada para que éste cumpliera su papel como herramienta docente fue conseguir que los alumnos accediesen al curso en el ADD. Las causas de este hecho eran varias: imposibilidad de disponer de conexión a Internet, falta de las habilidades básicas de navegación e incluso informáticas y desconocimiento de las prestaciones del ADD. Afortunadamente, el paso del tiempo ha subsanado en gran parte estos problemas: el acceso a Internet está mucho más extendido, los conocimientos informáticos de los alumnos son cada vez mayores y la progresiva implantación del ADD en la Universidad de Zaragoza ha hecho que muchos ya tengan experiencia en su utilización.

Así pues, en la actualidad, la principal limitación para el desarrollo de este tipo de experiencias de aprendizaje procede de la importante carga de trabajo que supone su preparación y gestión para el profesor.

## 4. CONCLUSION

En esta ponencia se ha presentado el uso de nuevas tecnologías y metodologías para la docencia de la asignatura FNBE impartida en la Licenciatura en Física en la Universidad de Zaragoza y se ha justificado su aplicación ante la inmediata implantación del EEES. En esta asignatura se dispone de un sitio web, en el marco del ADD, como soporte de los diversos recursos didácticos empleados complementarios a la docencia tradicional fundamentada en lecciones magistrales, sesiones de problemas y prácticas de laboratorio. Además, se ha puesto en marcha una experiencia de aprendizaje activo y colaborativo en la que los estudiantes, mediante simulaciones de la interacción de radiaciones en materiales diversos, descubren las características

esenciales de la interacción de las partículas con la materia y se familiarizan con las magnitudes y parámetros que describen el fenómeno.

Aunque el uso de estas nuevas tecnologías y metodologías ha entrañado diversas dificultades, la valoración es positiva al haberse identificado importantes ventajas que pueden favorecer el aprendizaje de los alumnos: se mejora la transmisión de información y se potencian habilidades informáticas, se facilita tanto el trabajo autónomo como en grupo, se personaliza el proceso de enseñanza-aprendizaje y se facilita la labor de evaluación.

### Referencias bibliográficas

*Agostinelli et al, 2003.* Agostinelli, S. et al (2003), "GEANT4: a simulation toolkit", Nucl. Instrum. Meth. A , Vol. 506, pp. 250

Disponible en: <http://www.cern.ch/geant4>

*Alvarez-Estrada et al, 2003.* Alvarez-Estrada, R. F., Gómez, J. M. G., Gorgas, J., Mañas, M., Santamaría, J., Udías, A., Weigand, R. (2003), "Informe sobre la Convergencia de los estudios relacionados con la Física en el Espacio Europeo de Educación Superior", Revista Española de Física, Vol. 17 Número 6, pp 63-68

*ANECA, 2004.* Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) (2004), Libro Blanco: Título de grado en Física.

*Bolonia, 1999.* Declaración de Bolonia (1999).

Disponible en: <http://europa.eu.int/comm/education/socrates/erasumus/bologna.pdf>

*Cebrián et al, 2007.* Cebrián, S., Luzón, G., Morales, J. & Villar, J. A. (2007), "Utilización de nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la asignatura Física Nuclear de Baja Energía", Actas de I Jornadas de Innovación Docente, Tecnologías de la Información y la Comunicación e Investigación Educativa en la Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

Disponible en: [http://www.unizar.es/eees/innovacion06/COMUNIC\\_PUBLI/BLOQUE\\_III/CAP\\_III\\_14.pdf](http://www.unizar.es/eees/innovacion06/COMUNIC_PUBLI/BLOQUE_III/CAP_III_14.pdf)

*Cebrián et al, 2008.* Cebrián, S., Carmona, J. M., Luzón, G., Morales, J. & Villar, J. A. (2008), "Aprendizaje activo de la interacción de radiación en materia", Actas de II Jornadas de Innovación Docente, Tecnologías de la Información y la Comunicación e Investigación Educativa en la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Febrero 2008.

*Escudero, 1995.* Escudero Escorza, T. (1995), "Evaluación de los aprendizajes en la universidad", Actas del Symposium de Innovación Universitaria "Diseño, desarrollo y evaluación del currículo universitario", Universidad de Barcelona, pp. 371-385.

*Luzón et al, 2008.* Luzón, G., Carmona, J. M., Cebrián, S., Morales, J. & Villar, J. A. (2008), "Aprendizaje basado en proyectos en asignaturas de Física Nuclear y de Partículas", Actas de II Jornadas de Innovación Docente, Tecnologías de la Información y la Comunicación e Investigación Educativa en la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Febrero 2008.

*McKnight et al, 1999.* McKnight, C., Dillon, A., Richardson, J. (1999), Hypertext in Context. The Cambridge Series on Electronic Publishing. Disponible en <http://telecaster.lboro.ac.uk/HiC/Contents.html>.

Hypertext: a psychological perspective. (Ellis Horwood series). Disponible en: <http://telecaster.lboro.ac.uk/HaPP/happ.html>

*MEC, 2003.* “La integración del sistema universitario español en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior”, Documento-Marco, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Febrero 2003.

*Pétriz Calvo, 2004.* Programa de mejora e innovación de la docencia (2004-2009) en el marco de la convergencia al Espacio Europeo de Educación Superior, Universidad de Zaragoza.

*Shaw&Williart, 2001.* Shaw Martos, M. y Williart Torres, A. (2001), Prácticas de Física Nuclear, Ediciones UNED, Madrid.