

# Prácticas de laboratorio de Física no presenciales en las Ingenierías de la Universidad de Alicante

Santiago Heredia Avalos, Juan Carlos Moreno Marín, Augusto Beléndez Vázquez

*Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal,  
Universidad de Alicante, E- 03080 ALACANT (Spain)*

**Resumen** En este trabajo se presenta una alternativa a los Laboratorios Virtuales que utiliza grabaciones de video para la realización de prácticas de laboratorio de Física no presenciales. Estas actividades son un complemento a las prácticas presenciales para la adecuada formación experimental de los graduados en ingeniería, que presenta múltiples ventajas y algunas limitaciones.

**Palabras clave:** laboratorio virtual; actividades docentes no presenciales; nuevas tecnologías aplicadas a la enseñanza.

**Abstract** We propose to use video recordings for Physics laboratory practices as an alternative to the commonly used virtual laboratories in non-attendance teaching. These activities have many advantages and they are a good complement to the direct attendance teaching, significantly contributing to the experimental training of the students.

**Keywords:** Virtual laboratory; non-attendance teaching; new technologies applied to teaching

## 1. Introducción

En todos los estudios técnicos de Grado se contempla la Física como una materia de formación básica, cuyos contenidos específicos se desarrollan en una o varias asignaturas de los primeros cursos de la titulación.

Una de las actividades docentes imprescindibles en una ciencia experimental como la Física es la comprobación y el análisis experimental de diferentes fenómenos, por lo que no se concibe el diseño de ninguna asignatura de esta materia que no incorpore la realización de sesiones prácticas de laboratorio [1-3].

Habitualmente, las prácticas de laboratorio son actividades docentes en las que los estudiantes participan activamente en el estudio experimental de los fenómenos físicos. Las nuevas tecnologías aplicadas a la enseñanza permiten complementar esa formación experimental con la realización de experiencias en el ordenador mediante los llamados Laboratorios Virtuales de Física [4-9].

En este trabajo presentamos un Laboratorio Virtual de Física diferente que, mediante la reproducción en video de diferentes experiencias prácticas, nos permite desarrollar numerosas actividades prácticas no presenciales con las que reforzar la formación en Física de nuestros estudiantes.

## **2. Laboratorio docente y laboratorio virtual de Física**

Todos los centros de enseñanza universitarios con estudios técnicos cuentan, junto a los laboratorios de investigación correspondientes para su personal docente e investigador, con los laboratorios docentes en los que se forman sus estudiantes, y entre ellos, los laboratorios de Física.

Las prácticas de laboratorio son actividades presenciales de las asignaturas de Física en cualquier titulación técnica de grado. Habitualmente son sesiones de trabajo en grupo, correspondientes al desarrollo práctico de una experiencia en la que se evidencia un fenómeno físico, que habrá que observar y comprobar, describir, explicar, medir y cuantificar, y justificar. Estas prácticas se desarrollan en el laboratorio docente de Física, con el material experimental necesario, los aparatos de medida adecuados, un guión escrito que orienta en el desarrollo de la experiencia, y los medios informáticos para el procesado y representación de los datos y medidas, y cuentan con el soporte y asesoramiento del profesor.

El gran desarrollo de las nuevas tecnologías aplicadas a la enseñanza ha dado lugar a la aparición de los Laboratorios Virtuales de Física [5-7]. En la mayoría de las ocasiones se denominan así a los sitios web que contienen un conjunto de simulaciones sencillas de fenómenos físicos. Generalmente se trata de una colección de Java-applets y objetos flash que simulan de forma fácil e interactiva sucesos físicos relevantes, simplificando la presentación de los mismos.

Los elementos del Laboratorio Virtual son programas incrustados en un documento HTML, de forma que cuando un navegador descarga la página web que los contiene, estos pueden ejecutarse. Son pequeños programas de simulación y/o animación que resuelven el cálculo numérico de la relación funcional correspondiente a una ley física, y que presentan el resultado de forma numérica o gráfica. Cualquier usuario puede ejecutarlos en su ordenador con sólo cargar la página web que los contiene y seleccionar los datos de entrada de las magnitudes que se le soliciten. La gran

cantidad de aplicaciones publicadas en internet permite obtener simulaciones de todos los temas y contenidos de la Física, clasificados por las diferentes ramas de esta materia y orientados para su adecuada utilización en los diferentes niveles educativos.

Seguramente los estudiantes universitarios habrán utilizado los Laboratorios Virtuales de Física en sus estudios previos de bachillerato como complemento a sus actividades formativas, para experimentar con simulaciones y así comprender mejor las relaciones entre las magnitudes físicas estudiadas. Si bien este aprovechamiento de las nuevas tecnologías favorece la comprensión y el aprendizaje de los conceptos físicos, las simulaciones no se aproximan a las experiencias de laboratorio, resultan en todo momento alejadas de la realidad, y pueden quedar reducidas en su valoración a sencillos juegos de ordenador tan reconocidos por nuestros estudiantes.

### **3. El laboratorio Virtual de Física de la Universidad de Alicante**

Los profesores de Física de la Escuela Politécnica de la Universidad de Alicante (DFISTS) utilizamos con nuestros estudiantes de estudios técnicos un Laboratorio Virtual de Física diferente que hemos desarrollado en los últimos años.

El material docente de este Laboratorio Virtual no consiste en una aproximación a la Física con simulaciones, sino en una verdadera reproducción de experiencias de laboratorio mediante grabaciones de video obtenidas en el laboratorio docente [10], que se presenta a los estudiantes en archivos de video, y que permiten centrar el interés en los aspectos mas relevantes de cada experiencia. En las grabaciones se presentan con detalle los fenómenos físicos y su medida, de manera que con los datos obtenidos y las preguntas que se plantean, el estudiante deberá desarrollar el resto de la actividad experimental.

En el Laboratorio Virtual se reproducen la observación del suceso y la medida directa de las magnitudes físicas, que habitualmente constituyen sólo una pequeña parte del tiempo de trabajo experimental en el laboratorio docente, pero al igual que en las sesiones presenciales de prácticas, los estudiantes deberán registrar las medidas y procesarlas para obtener las comprobaciones y conclusiones necesarias que reflejarán en un breve informe o memoria de la actividad.

De esta manera no presencial se practica el trabajo de procesado de medidas experimentales imprescindible en la formación científica y técnica que procuramos a nuestros estudiantes, complementando de forma sustancial la componente experimental de las asignaturas de Física. Las prácticas virtuales en este laboratorio constituyen la modalidad de actividades formativas no presenciales que mejor contribuyen al aprendizaje y a la adquisición de las competencias prácticas establecidas para estas asignaturas.

La presencia en los videos del entorno y los materiales del laboratorio docente donde los estudiantes realizan sus prácticas presenciales de Física, aporta realismo y credibilidad a la actividad experimental, evitando que se pudiera pensar que los fenómenos físicos observados se producen sólo en el mundo virtual.

Una de las deficiencias de las prácticas con simulaciones es que los resultados que se presentan de las magnitudes físicas son valores calculados con funciones analíticas y por tanto están desprovistos de error. En las experiencias de nuestro Laboratorio Virtual se muestran las medidas directas con detalle del aparato de medida, de forma que la sensibilidad observada del aparato es una correcta estimación del error cometido. Esto permite aplicar la teoría de errores para el procesado de los datos experimentales y la obtención correcta de los resultados, aproximando esta actividad a la que se realiza en el laboratorio docente.

Las grabaciones de video cuentan con la presentación del fenómeno físico que se va a estudiar, y la descripción detallada en audio de todo el desarrollo de cada práctica, con numerosas indicaciones gráficas, expresiones analíticas de las leyes físicas, y figuras que explican o fijan la atención en los detalles fundamentales de la imagen; pero además disponen de un documento de texto en formato pdf como soporte y guía para la realización de cada una de las prácticas.

Con sólo un ordenador con conexión a internet, los estudiantes pueden acceder al laboratorio virtual y realizar las prácticas no presenciales de Física en cualquier momento. En ocasiones se han propuesto prácticas virtuales a aquellos estudiantes que no han podido realizar alguna de las prácticas presenciales. Pero además, se puede realizar este trabajo práctico con grupos de estudiantes en cualquier aula de nuestra universidad, dado que todas cuentan con los medios técnicos para la

reproducción de video: ordenador con conexión a Internet, y cañón de proyección y pantalla.

A pesar de ser una actividad formativa donde es imposible la medida directa de las magnitudes por el estudiante, su participación es necesariamente activa. La tarea no se reduce a la observación de un fenómeno físico, sino que es imprescindible la clasificación y/o tabulación de las medidas con asignación de sus errores, la obtención indirecta de medidas de magnitudes y sus errores, la interpolación y extrapolación de valores, la representación gráfica y el ajuste lineal del conjunto de medidas, para la obtención de relaciones funcionales en la comprobación de las leyes de la Física. Para todo este trabajo de análisis es necesaria la utilización de herramientas de cálculo y métodos numéricos (como el método de los mínimos cuadrados) con los que ajustar linealmente los datos cuando se espera una relación lineal entre dos variables.

Las prácticas virtuales tienen como desventajas que en ellas no es posible la manipulación del material propio del laboratorio, ni tampoco la toma de decisiones respecto al procedimiento a seguir, pero a cambio son actividades dirigidas que presentan un procedimiento claro, y resultan un complemento eficaz para el conocimiento de muchos aspectos de la Física y el aprendizaje del tratamiento de las medidas y sus errores.

#### **4. Gestión de las prácticas virtuales de Física**

Todas las universidades españolas cuentan con plataformas docentes en Internet que multiplican las posibilidades metodológicas y procedimentales para la formación académica. La Universidad de Alicante dispone en su web del "Campus Virtual" (CV) para el desarrollo de sus actividades docentes. El CV dispone de las herramientas adecuadas para organizar el funcionamiento de actividades no presenciales como el Laboratorio Virtual de Física.

Tanto para la realización de prácticas de forma individual como en grupo, el profesor coordinador de la asignatura puede generar "Grupos de prácticas" como una opción de la "Gestión Docente" del CV, formando el número de grupos necesario y fijando el número máximo de estudiantes de cada grupo.

Una vez establecidos los grupos de prácticas, el profesor les puede asignar como actividad la realización de una práctica de laboratorio virtual, aportando como material digital asociado las “Experiencias de Física. Demostraciones y Prácticas de Laboratorio” [10], y añadiendo las indicaciones u observaciones convenientes, el o los grupos de prácticas a los que se les propone, y que la convocatoria y la calificación de la actividad sea o no visible para los estudiantes inmediatamente.

Las memorias de las prácticas se pueden valorar con el apartado de “Evaluación” del CV. La modalidad de “Controles” contiene la opción de “Recoger prácticas”, considerada como una actividad de control asignada a un grupo de prácticas. El profesor establecerá una entrega de prácticas, propondrá un título para ese control y fijará una fecha límite de entrega.

A través del CV los estudiantes entregarán la memoria de la práctica virtual (en cualquier formato digital) como resultado de la actividad, y conocerán el resultado de su evaluación, incluidos los comentarios, recomendaciones o críticas hechos por el profesor sobre la misma.

## **5. Las Experiencias de Física en video**

El material de trabajo que articula el laboratorio es la colección de experiencias prácticas y demostraciones referida. Este material multimedia ha sido el resultado de dos proyectos de innovación educativa dirigidos por el profesor Augusto Beléndez Vázquez, y avalados y financiados por el Vicerrectorado de Convergencia Europea y Calidad de la Universidad de Alicante (convocatorias 2003-2004 y 2004-2005).

En la tabla 1 se presenta el estado actual de la colección de Experiencias de Física. Entre ellas las hay relativas a Mecánica, Acústica, Ondas, Electromagnetismo y Mecánica de Fluidos. Todas cuentan con la descripción y la observación de un fenómeno físico, así como su justificación con la leyes correspondientes, pero no en todos los casos hay una medida de magnitudes que permita la comprobación numérica y funcional, por lo que se han clasificado con (D) aquellas que presentan una demostración experimental, y con (P) aquellas que además contienen las medidas necesarias para la elaboración de resultados.

Este material audiovisual está publicado en Internet y disponible para su utilización por nuestros estudiantes y por cualquier interesado en la dirección URL: ([http://www.dfists.ua.es/experiencias\\_de\\_fisica/](http://www.dfists.ua.es/experiencias_de_fisica/)).

**Tabla 1.** *Experiencias de Física multimedia disponibles para el laboratorio virtual.*

Medida de longitudes con el pie de rey	P
Medida de longitudes con el palmer	P
Péndulo simple: Determinación de la aceleración de la gravedad	P
Determinación de la constante elástica de un resorte: Procedimiento estático	P
Determinación de la constante elástica de un resorte: Procedimiento dinámico	P
Principio de Arquímedes: Determinación de densidades de sólidos y líquidos	P
Ley de Torricelli: Vaciado de un depósito	P
Movimiento de convección	D
Ondas estacionarias en una placa cuadrada: Figuras de Chladni	D
Experimento de Oersted	D
Acciones entre corrientes	D
Ley de Biot-Savart: Campo magnético de un solenoide	P
Flexión de una viga en voladizo: Determinación del módulo de Young	P
El frasco de Mariotte	D
Ondas estacionarias en una cuerda	D
Pulsaciones en ondas sonoras	P
Interacción magnética: Acciones entre imanes	D
Ley de Faraday-Henry	D

### 5.1. Dos experiencias de Física

A modo de ejemplos del desarrollo de las prácticas virtuales, se describe a continuación el contenido de los videos de dos experiencias diferentes. Una introductoria en la que se estudia el manejo del pie de rey para la medida precisa de longitudes, y otra práctica completa de mecánica estática donde se analiza la flexión elástica de una viga empotrada y se obtiene el módulo de Young del material de la viga.

### ***5.1.1. Medida de longitudes con el pie de rey***

En la primera parte se presenta el pie de rey y se hace hincapié en la doble escala del nonius para la medida de precisión de longitudes. Con figuras de las escalas y las relaciones entre distancias se justifica con detalle el funcionamiento de un nonius. Se presentan ejemplos de utilización del nonius en el pie de rey. La imagen fija en el video permite la lectura precisa de las escalas, en las que mediante flechas y rótulos se incide en la coincidencia entre divisiones de ambas escalas para realizar la lectura correcta de una longitud. Se comprueba la sensibilidad para la medida de longitudes del pie de rey.

En la segunda parte se aplica este procedimiento a la medida indirecta de los volúmenes de un cilindro y de un anillo. Para este fin se miden el diámetro base y la altura del cilindro, y los diámetros interior y exterior y el grosor del anillo (todas las medidas con el nonius del pie de rey pueden leerse en la pantalla). En la actividad se solicita a los estudiantes la obtención de los volúmenes de los cuerpos y el cálculo de los errores absoluto y relativo de los resultados obtenidos.

### ***5.1.2. Flexión de una viga en voladizo: determinación del módulo de Young.***

Comienza la experiencia con una presentación de las vigas, sus aplicaciones, los tipos de fuerzas que soportan y las principales deformaciones a las que estarán sometidas. Se introduce la experiencia que se va a realizar para estudiar la deformación por flexión de una viga en voladizo con una fuerza concentrada en su extremo libre. Se comentan algunos antecedentes históricos, puesto que la deformación de la directriz de una viga por flexión, o elástica, ya fue estudiada desde finales del siglo XVII por J. Bernoulli, D. Bernouilli, J.L. Lagrange y L. Euler.

Se fija como objetivo de la experiencia el estudio de pequeñas deformaciones en la flexión de una viga delgada y la obtención del módulo de Young del material. Y se presentan, rotulados con su nombre, cada uno de los materiales de laboratorio que se van a utilizar en el desarrollo de la práctica. Se utilizará como viga una regla de acero, y como fuerzas verticales se colgará de su extremo libre un soporte con pesas de 10 g de masa cada una.



Tras la descripción detallada del montaje experimental, se define la flecha de flexión  $S_F$  como la distancia vertical entre las posiciones del extremo libre de la viga con peso propio y cargada. Se propone para pequeñas deformaciones la proporcionalidad entre la flecha y la fuerza aplicada ( $S_F = C_F \cdot F$ ). A la constante de proporcionalidad  $C_F$  se le llama constante de flexibilidad.

En una viga de sección rectangular, la constante de flexibilidad  $C_F$  se relaciona con las características geométricas y mecánicas de la misma [ $C_F = L^3 / (3E \cdot I)$ ], donde  $E$  es el módulo de Young del material,  $L$  es la longitud de la viga, e  $I$  es el momento de inercia geométrico de la sección de la viga respecto su eje transversal.

La tarea consiste en comprobar la proporcionalidad entre las fuerzas aplicadas y las flechas de flexión aplicando diferentes cargas a la viga y midiendo los desplazamientos de su extremo. A partir de la posición inicial del extremo de la viga sin fuerza aplicada, se miden las posiciones cuando del extremo cuelgan masas de 10, 20, 30, 40, ... hasta 100 g. y se obtienen las flechas de flexión correspondientes. La opción *pause* en la reproducción del video permite utilizar el tiempo necesario en cada lectura de la posición del extremo cargado de la viga. Con los datos experimentales obtenidos se confeccionarán una tabla y la gráfica de las fuerzas aplicadas  $F$  y los desplazamientos  $S_F$ . Se realizará el ajuste lineal entre ambas variables por el método de los mínimos cuadrados y se determinará la constante de flexibilidad de la viga  $C_F$  como la pendiente de la recta de ajuste, comprobando la proporcionalidad propuesta entre ambas magnitudes.

A continuación se emplean el pie de rey y el palmer para medir con precisión las dimensiones de la sección rectangular de la regla de acero utilizada como viga. Las escalas de ambos aparatos se muestran con detalle en la pantalla. Con estas medidas se deberá calcular el momento de inercia de la sección transversal de la viga y su error absoluto.

Con los resultados anteriores se solicita a los estudiantes que obtengan también el módulo de Young del acero  $E$ , con estimación de su error, utilizando la relación conocida para vigas de sección rectangular [ $C_F = L^3 / (3E \cdot I)$ ].

## 6. Conclusiones

Las nuevas tecnologías aplicadas a la enseñanza permiten ofrecer a nuestros estudiantes un Laboratorio Virtual de Física diferente con el que reforzar de forma eficaz su formación experimental.

Las experiencias de laboratorio grabadas en video de una forma especialmente didáctica constituyen un material docente de gran calidad que posibilita la realización de numerosas actividades formativas no presenciales en las asignaturas de Física de los estudios de grado en ingeniería. El detalle en la observación de los procesos de medida, la explicación de las leyes físicas y modelos teóricos de los fenómenos, y las preguntas y actividades sugeridas, aportan a estas grabaciones los elementos necesarios que permiten el trabajo autónomo del estudiante en esas actividades de refuerzo.

Este Laboratorio Virtual es un complemento muy interesante con numerosas ventajas que los profesores deberemos aprovechar para obtener los mejores resultados de nuestro trabajo docente.

## 7. Agradecimientos

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Tecnología e Innovación Educativa de la Universidad de Alicante, el soporte a los Grupos de Innovación Tecnológico-Educativa GITE-09006-UA y GITE-09014-UA a los que pertenecemos.

## 8. Referencias

1. J. M. Sebastia, *Enseñanza de las Ciencias*, **Vol.(5)** (1987) 196.
2. D. Gil, J. Carrascosa, C. Furió, J. Martínez-Torregrosa, *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*, ICE/Horsori, Barcelona, (1991).
3. L. Rosado, *Didáctica de la Física*. UNED, Madrid, (1999).
4. R. Valdés, y P. Valdés, *Enseñanza de las Ciencias*, **Vol.(12)** (1999) 412.
5. F. Esquembre, *Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física*, Pearson Education, Madrid, (2005).
6. A. Franco, *Curso Interactivo de Física en Internet*, <http://www.sc.ehu.es>, (2011).

7. W. Fendt (traducción: E. Martín Rodríguez, J. Muñoz, J. M. Zamorro, M. A. Gómez García), *Applets Java de Física*, <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>, (2011).
8. I. Lucero, S. Meza, G. Sampallo, M. S. Aguirre, S. Concari, *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2000*, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, (2000).
9. C. A. Alejandro Alfonso y J. M. Perdomo Vázquez, *Revista Iberoamericana de Educación*, **Vol.(48/6)** (2009) 1.
10. A. Beléndez Vázquez *et al.*, *Experiencias de Física. Demostraciones y Prácticas de Laboratorio*, [http://www.dfists.ua.es/experiencias\\_de\\_fisica/](http://www.dfists.ua.es/experiencias_de_fisica/), (2011).
11. A. Beléndez Vázquez *et al.*, *Experiencias de Física en Video* (DVD), Dpto. de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante, Alicante (2010).