



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

MATERIALES PARA SUSTITUIR Y/O COMPLEMENTAR LAS PRÁCTICAS REALES DE LABORATORIO MEDIANTE SUS ANÁLOGAS VIRTUALES

Jorge, Joan; Conangla, Laura; Ferreres, Enriqueta; Mercadé, Joan Ma.

Universitat Politècnica de Catalunya

joan.jorge@upc.edu

Resumen

Las prácticas de laboratorio en las disciplinas científicas, así como en las ingenierías, están siendo sustituidas por simulaciones por ordenador. Con este tipo de herramienta docente los estudiantes no adquieren la habilidad para manipular aparatos ni la posibilidad de probar aspectos no previstos, dificultando la innovación y ser emprendedor, ni otras competencias que se adquieren en un laboratorio real. Entre una metodología y la otra, se ha desarrollado en los últimos años la de analizar videos docentes mediante software y/o la de tomar medidas experimentales a partir de filmaciones de los mismos experimentos que se realizan en el laboratorio.

Pensando en aquellos estudiantes que no pueden asistir a las clases presenciales de laboratorio, se han generado unos materiales docentes de Física que tratan de minimizar la carencia de las habilidades antes comentadas en el campo de la experimentación. La calidad de las filmaciones y los test de autoevaluación elaborados han sido muy bien valorados por los estudiantes y por los profesores que los han puesto en práctica. Como consecuencia de la evaluación de la metodología seguida se presenta un listado de ventajas y desventajas de la misma, así como unas sugerencias a tener en cuenta para optimizarla.

Palabras clave: laboratorio, video, física



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Abstract

Laboratory practices both in science and engineering, are being replaced by computer simulations. With this kind of teaching tool the students do not acquire the ability to manipulate apparatus or the ability to test aspects not provided, hindering innovation and to be entrepreneurial, and other skills acquired in a real laboratory. In recent years another alternative methodology has been developed consisting on to analyze educational videos through software and/or to take experimental measurements from films of the same experiments performed in the laboratory.

Thinking about students who can not attend campus lectures of laboratory, a physics teaching materials have been generated to try to minimize the lack of the skills discussed in the real experimentation. The developed films quality and self-assessment tests have been very well valued by students and teachers that have been implemented for the first time. At the end of the communication a list of pros and cons of the new learning resources, as well as suggestions to consider optimizing them, is shown.

Keywords: laboratory, video, Physics

1. Introducción

1.1. Objetivos y herramientas de un nuevo paradigma docente

En la aplicación del llamado “Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)”, la llamada *European High Education Area* (EHEA), se espera que las actividades que realice el estudiante adquieran un papel preponderante en su formación. Por ello, el sistema docente tradicional, basado en alcanzar más conocimientos –más “saber”- no puede resultar tan eficiente como antes con este nuevo perfil de trabajo del estudiante, a menos que se elaboren nuevos materiales de estudio, especialmente pensados para el aprendizaje autónomo.

Para esta nueva concepción de estudio, el campus virtual ATENEA, una plataforma digital de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) basada en Moodle, ha demostrado ser una excelente herramienta de gestión del aprendizaje, excepto para



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

contemplar el trabajo de laboratorio/taller/campo de asignaturas experimentales que requieren la manipulación de instrumentos; este mismo problema se presenta en universidades de educación a distancia (UNED y UOC en España).

En nuestro centro universitario, *Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa* (EPSEM), se llevó a cabo una de las “*prueba piloto*” de adaptación de titulaciones al EEES que la Universitat Politècnica de Catalunya, a instancias del Gobierno autonómico catalán, planteó de cara a una adaptación gradual de las materias y del personal docente a las nuevas orientaciones pedagógicas; el objetivo se centraba en reorientar la finalidad de la docencia, para que los estudiantes pasaran de “*saber*” a “*saber hacer*”.

En la experiencia particular nuestro grupo participó en la tarea de analizar la “*optimización*” de las asignaturas mediante el campus digital en la EPSEM [1]. Si se consulta el diccionario, el adjetivo óptimo (del latín “*optimus*”) se refiere a bueno, el que no puede ser mejor y, en sentido estricto, creemos que a ello sólo se puede aspirar tras sucesivas aproximaciones; en ese camino la experiencia y algunos de los materiales que aquí se presentarán contribuyen a esa aspiración de hacerlo mejor de cómo se hace actualmente, disponiendo de materiales óptimos, aunque no dudamos que en un futuro próximo seguro que habrá materiales mucho mejores, y adaptados a los nuevos requerimientos formativos.

Uno de los cambios más importantes que se percibe en el EEES, si tenemos en cuenta la situación socio-económica actual de la colectividad, es que la enseñanza adoptará un carácter semi-presencial, y ello comportará que las TICs, las tecnologías de la información y la comunicación, se utilizarán como herramientas básicas de la enseñanza presencial constituyendo en sí mismas, en el aprendizaje de su manipulación, un complemento educativo y la forma de alcanzar determinadas competencias genéricas.

El tiempo de aprendizaje, pensando en el EEES, estará repartido entre la asistencia a clases magistrales, la participación en grupos de estudio (para planificar, discutir y analizar los trabajos), y la realización de las tareas propuestas por el docente (dirigidas o no). En todo caso, el cambio supondrá una disminución de horas de clase



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

magistral, aunque no debiera ser igual para todas las materias, y un aumento de las horas de trabajo por parte del estudiante, y también del profesorado.

Una de las herramientas TIC que facilita este tipo de aprendizaje es la web docente de una asignatura, y el campus digital para un conjunto de asignaturas. Con estas herramientas se pueden realizar funciones de apoyo a la formación continua del profesorado, al desarrollo de sus tareas docentes y a las actividades de aprendizaje que realizan los estudiantes. Insistamos, se trata de herramientas que ayudan a una formación eficiente tanto de los estudiantes como del profesorado. La inclusión de materiales de calidad, sistemas de autoevaluación y una mayor interactividad profesor-alumno a través de la web son fundamentales para este tipo de enseñanza.

La necesidad de vigilar que el material sea de calidad, y ello también incluye a las pruebas de evaluación y de autoevaluación, se desprende de la anécdota siguiente. Un día a la hora de impartir una clase, después de unas cuantas reuniones de gestión previas y sin la adecuada concentración, un profesor utilizó la conexión a Internet de la que disponemos en el aula; se conectó al campus digital y desplegó en la pantalla del aula (sobre la antigua pizarra), ante los estudiantes, una presentación sobre el tema que tocaba, disponible (“colgada”) días antes en el campus. El profesor no salió contento de cómo había ido la clase, y al día siguiente repitió la misma presentación gráfica. La segunda clase resultó espléndida, el profesor se sentía motivado, los estudiantes debatieron diversas cuestiones y adquirieron una mejor comprensión de las gráficas, etc., y todo, cuenta el profesor, con explicaciones suyas totalmente diferentes a las del día anterior sobre las mismas diapositivas. Conclusión, aquella presentación no era buena; el profesor se preguntó: ante cada una de las presentaciones que se cuelgan en la web ¿qué discurso se hace el estudiante? ¿Se hacen todos los estudiantes el mismo discurso? ¿Comparan el material depositado en el campus digital con otros materiales?

Y construir material adecuado para esta plataforma de enseñanza no es sencillo, ni rápido. El profesorado universitario no tiene, en general, formación pedagógica ni dispone de mucho tiempo para generar todo el material de su asignatura en un formato óptimo. De aquí la necesidad de tener el apoyo institucional (cursos de formación a



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

través del ICE, la FACTORIA de recursos, subvenciones para la elaboración de nuevos materiales, valoración de la docencia, etc.).

Tan importante como son los recursos lo es el cambio de paradigma docente; el profesorado imparte las clases imitando los profesores que tuvo a lo largo de sus estudios y que más le gustaron. Pero la nueva conceptualización de la formación lleva al reconocimiento de la flexibilización del modelo docente presencial y la incorporación de herramientas orientadas a esta nueva visión, herramientas como el campus digital, en el que se deben introducir otras herramientas, especialmente para la asimilación de contenidos.

Con toda la experiencia de estos años haciendo uso del campus digital, podríamos decir, al margen de algunos malfuncionamientos de la red o atrasos al dar de alta algunos estudiantes, que los puntos débiles y fuertes detectados de esta herramienta serían:

Puntos débiles del uso de la plataforma digital:

- requiere motivación continua hacia las nuevas tecnologías;
- requiere una nueva capacitación o actualización del profesorado;
- requiere que los materiales depositados sean de calidad;
- requiere facilitar el material docente antes de la sesión presencial;
- reduce la consulta de dudas del estudiante en el despacho del profesor;
- no es generalizable a todas las asignaturas una misma estructura;
- dificultades de contemplar la actividad de laboratorio de una asignatura experimental;
- no resulta fácil el trabajo en grupo;
-

Puntos fuertes del uso de la plataforma digital:

- el estudiante tiene visible la estructura de la asignatura, ya sea la planificación temporal o la secuencia de los contenidos, cada vez que entra en el campus;
- el profesor tiene programada la asignatura y hace seguimiento de la misma ya que debe facilitar el material docente antes de la sesión presencial;



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

- facilita al profesorado recibir documentos de los estudiantes;
- estimula el trabajo autónomo;
- si se dispone de conexión en el aula, permite recuperar, utilizar y comentar los recursos en la misma sesión presencial;
- al reducirse las consultas de los estudiantes en el despacho del profesor, éste dispone de más tiempo para dedicar, si lo necesita, a la preparación de nuevos materiales;
- cuando el personal se acostumbra, se imprimen menos documentos, repercutiendo como una actuación más sostenible;
- facilita al estudiante entregar los informes de prácticas a tiempo;
- existencia de un forum entre estudiantes: discusión sobre cuestiones;
- bien planificado, permite el trabajo en grupo y la evaluación entre iguales (pautas de corrección por parte del profesor);
- facilita la entrega de cuestionarios previos a la actividad práctica;
- facilita conocer la carga de trabajo del estudiante y sus hábitos de conexión;
- favorece una mejor comunicación profesor-alumno, profesor-grupo, entre grupos, ...

1.2. Objetivos y herramientas de la docencia en el laboratorio de Física

La docencia de la Física presenta unas características especiales en titulaciones donde la motivación por esta disciplina no es la misma que para asignaturas estrictamente de la titulación. Esta circunstancia agrava la dificultad docente ya propia de la disciplina y exige optimizar el método docente a seguir.

Esta situación es la que se da en nuestro centro universitario, típica escuela de ingeniería, donde se han impartido las diferentes ingenierías técnicas industriales, ahora en proceso de extinción, con la asignatura de Fundamentos físicos de la Ingeniería (1 y 2), reconvertidas este mismo curso a grados de ingenierías, en particular los grados del área industrial: ingeniería eléctrica; ingeniería en electrónica y automática industrial; ingeniería mecánica e ingeniería química. También se cursan en la EPSEM estudios de Ingeniería de Minas, a nivel de ingeniería técnica y de segundo ciclo, y un nuevo grado



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

propio sobre implementación de sistemas TIC. En todas ellas, como acabamos de referir la asignatura de Física, ya sea Física 1, Física 2 o simplemente Física, son asignaturas obligatorias para todos los estudiantes.

En tanto que ciencia experimental, la enseñanza de la Física conlleva la combinación de clases de teoría, en las que se exponen los conceptos y leyes fundamentales, y clases de laboratorio que acercan al estudiante a la experimentación y contrastación de dichas leyes. Ahora bien, se está consolidando un laboratorio “académico” en el que se siguen unos guiones en forma de “receta” del que se debería huir ya que en él está prohibido experimentar contradiciendo algunos objetivos de la acción en el laboratorio de Física que se comentaran a continuación.

Aunque ha sido periódicamente desacreditado, y en ocasiones calificado como una “pérdida de tiempo”, la importancia que el trabajo de laboratorio tiene dentro de la formación científico-tecnológica se ha visto favorecida por el nuevo paradigma antes citado del “saber hacer” que promueve el Espacio Europeo de Educación Superior. Otra cosa son los condicionantes estructurales que comportan una reducción práctica de la experimentación en el laboratorio por falta de disponibilidad de recursos materiales en la mayoría de las veces, la falta de recursos humanos muchas otras o, incluso, el escaso convencimiento de que el sector productivo solicita titulados con formación práctica y habilidades que sólo se adquieren en un laboratorio o taller.

Para situar la importancia del laboratorio en la asignatura de Física, y antes de justificar que los materiales elaborados se ajustan a los criterios docentes más generalizados, cabe resaltar que los objetivos del trabajo práctico pueden agruparse en cinco categorías [2]

1. Para motivar, mediante la estimulación del interés y la diversión.
2. Para enseñar las técnicas de laboratorio.
3. Para intensificar el aprendizaje de los conocimientos científicos.
4. Para proporcionar una idea sobre el método científico y desarrollar la habilidad en su utilización.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

5. Para desarrollar determinadas “actitudes científicas”, tales como la consideración con las ideas y sugerencias de otras personas, la objetividad y la buena disposición para no emitir juicios apresurados.

De estos cinco grupos de objetivos del laboratorio de Física, aunque loables el primero y el último, se suelen referir habitualmente sólo los otros tres y en la forma:

1. Ilustrar las clases de teoría.
2. Desarrollar técnicas experimentales.
3. Promover actitudes científicas.

Y si nos situamos como acabamos de decir, en una titulación eminentemente no científica, tecnológica en nuestro caso, el hecho de intentar promover las actitudes científicas deja de ser un objetivo de los estudiantes, aunque lo integren los profesores.

De hecho, hay experiencias ya antiguas basadas en encuestas a los alumnos que demuestran esa tendencia de opinión entre estudiantes de ingeniería [3]. Este tipo de encuesta debería repetirse periódicamente (tal vez esta reflexión conduzca a que lo hagamos de inmediato), y país por país, ya que han cambiado las motivaciones y las prioridades de los estudiantes. En particular, se les preguntaba acerca de los objetivos ideales a conseguir en un laboratorio de Física, agrupados en torno a los tres grupos mencionados antes pero expuestos aleatoriamente en la encuesta, y el grado de logro que estaban consiguiendo en el laboratorio real en el que habían hecho los trabajos prácticos de la asignatura.

Las respuestas de aquellos estudiantes sobre los objetivos ideales de un laboratorio de Física incidieron, de mayor a menor importancia, en que se trata de (1) entrenar en el uso de *aparatos de medida*, (2) familiarizarse con los *aparatos de laboratorio*, (3) desarrollar habilidades en el manejo de *aparatos*, y (4) servir de ayuda en el aprendizaje de *conceptos físicos*. Otras posibles respuestas como enseñar a trabajar en equipo; entrenar a escribir informes; aumentar el interés por la física; o aumentar la confianza en la Física no se consideraron objetivos del laboratorio.

Cabe decir que en la experiencia anterior, las respuestas del profesorado a los mismos *inputs* fueron muy parecidas, salvo para resaltar la importancia del laboratorio



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

para demostrar la importancia de las medidas en física y para enseñar a aplicar leyes y principios físicos. También resultará curioso ver qué opina nuestro colectivo al respecto.

Recuperando la situación que hemos trabajado, para aquellos estudiantes que por diferentes motivos, normalmente económicos, no pueden asistir a nuestro centro universitario de forma regular, la única forma de participar de la formación experimental que requieren los estudios científicos y tecnológicos pasa por conseguir que las prácticas instrumentales reales sean “*virtualizadas*”. En este sentido se han confeccionado, con la financiación de AGAUR (*Agència de Gestió d’Ajuts Universitaris i Recerca*, de la Generalitat de Catalunya, “Ajuts per a la millora de la qualitat docent”, ref. 2007MQD00084) y del ICE de la UPC, unos materiales que se presentan más adelante cuyos objetivos estratégicos son:

- contribuir a la planificación orientada a resultados de aprendizaje;
- mejorar la atención sobre la progresión de los estudiantes que no asisten a las clases de laboratorio;
- uso de metodologías docentes activas;
- la diversificación de los métodos de evaluación;
- el desarrollo de competencias alternativas a las adquiridas con la manipulación *in situ* de aparatos;
- la implantación de sistemas de aseguramiento de la calidad de la docencia;
- el fomento de la coordinación entre el profesorado y su posible extensión a equipos multidisciplinares;
- el desarrollo específico de la competencia transversal aprendizaje autónomo, definida por la UPC junto a otras como sostenibilidad y compromiso social; comunicación eficaz oral y escrita; uso solvente de los recursos de información,...



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

2. Descripción del trabajo

2.1. Materiales elaborados

Con los objetivos indicados, y pensando en aquellos estudiantes que tienen problemas de asistir a nuestras clases de laboratorio, se ha desarrollado una herramienta *pseudo-experimental*, basada en el video digital [4, 5] que facilita la promoción de competencias a adquirir en un laboratorio [6]. No se trata de una solución inédita, ya que se pueden encontrar algunas variantes publicadas [7, 8, 9, 10, 11], pero algunas características del material elaborado tanto en su conceptualización como en su elaboración y calidad sí que son diferentes a otros ejemplos que se pueden encontrar. Se trata de grabar en vídeo el experimento realizado previamente y el alumno toma los datos del vídeo (“datos de segunda mano”). El sistema de video digital elegido ha sido el de “*streaming*”, ya que ofrece varias ventajas en educación a distancia [12], especialmente en el acceso que resulta más rápido comparado con la descarga tradicional de videos.

El material elaborado está compuesto de:

- tutoriales que introducen la práctica y permiten entender los conceptos teóricos que intervienen;
- programas interactivos de ordenador o simulaciones (*applets*) de sistemas físicos relacionados con la práctica, con los cuales se puede visualizar el proceso físico a estudiar, o bien con los que se describe el funcionamiento de los aparatos a utilizar;
- filmaciones digitales, realizadas por personal especializado de TVC Audiovisual (Mataró, España), con las cuales el estudiante puede realizar la práctica como si estuviera en el laboratorio, permitiéndole obtener las medidas directamente, y
- tests de autoevaluación con los que acreditar el aprendizaje del estudiante.

Se trata, con todo ello, que el estudiante siga con este material una estructura de trabajo similar a la que realizan los estudiantes en el laboratorio [13, 14], es decir, al igual que se hace con una práctica real se pide al estudiante que realice un conjunto de



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

actividades que van desde la adquisición y tratamiento de datos, el cálculo de incertidumbres y la determinación de alguna magnitud física relacionada con la experiencia. De todas formas este aparente parecido podría muy bien no serlo a los ojos del apreciado profesor Westphal, autor de uno de los más clásicos libros de prácticas de física, si se compara con sus recomendaciones para la organización apropiada de lo que denominaba “*ejercicios prácticos de Física para principiantes*” [15].

El proyecto docente financiado por AGAUR, ha permitido generar la filmación de seis prácticas; las dos primeras sobre el tema de sólido rígido y otra sobre electromagnetismo (figura 1) fueron más extensas y permitieron comparar dos situaciones instrumentales muy diferentes. Para todo el proceso de grabación y diseño se contó con la experiencia en medios audiovisuales de profesorado de la E.U.P. de Mataró.

El equipo de profesores consideró que no era suficiente conformarse con la elaboración de las filmaciones y se apostó por un proyecto docente más completo. Sensibles a esta problemática educativa en el aspecto de la experimentación, se eligió tirar adelante otros proyectos docentes, con el apoyo del ICE de la UPC, los cuales han permitido ampliar el proyecto inicial.

Un de estos proyectos, ya en funcionamiento, fue la elaboración de material de la “*práctica cero*”, consistente en la elaboración de material multimedia interactivo, con implicación y autonomía del estudiante. En la práctica cero el estudiante trabaja los conocimientos básicos y las capacidades asociadas para poder elaborar un informe preciso de la práctica realizada, es decir, cálculo de incertidumbres, rectas de regresión, representaciones gráficas, etc. [16, 17].



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

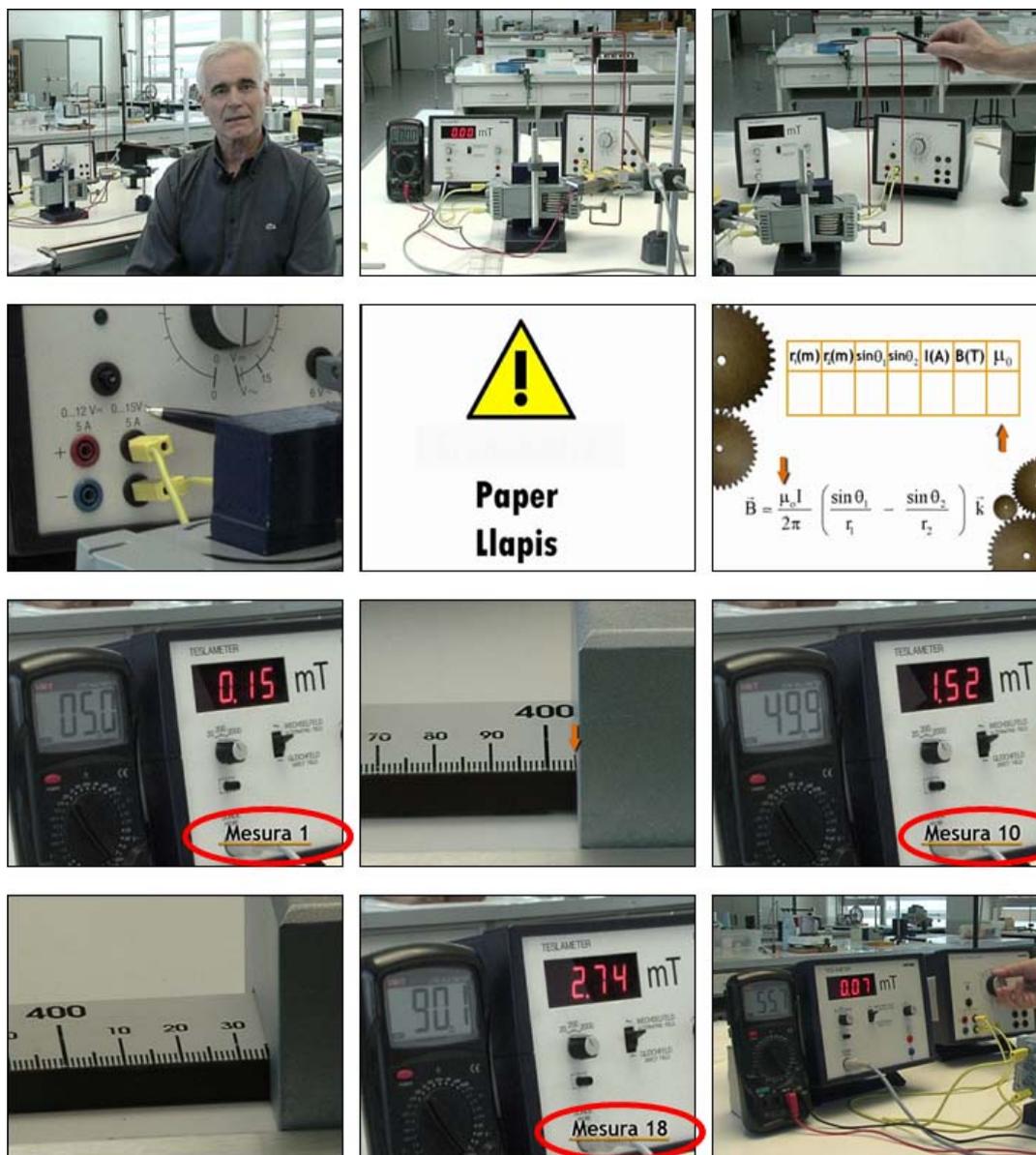


Figura 1: Algunas secuencias del video disponible sobre el campo magnético.

Acompañando la realización de este proyecto, y pensando en la necesidad de adquirir competencias transversales por parte de nuestros estudiantes, se ha establecido un protocolo de trabajo, en lo que se refiere al entorno de las prácticas de laboratorio, con objeto de que sepan calcular y expresar los resultados experimentales siguiendo unos criterios adecuados. Por ello, a la vez se ha aprovechado para acercar, estudiantado



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

y profesorado implicados en los conocimientos teóricos de la experimentación en el laboratorio a las normas de la “International Standardisation Organisation” (ISO) y de la “International Electrotechnical Commission” (IEC).

Por tanto, este último material se añade y, en consecuencia, complementa de forma muy necesaria el material generado en el proyecto concreto que ahora se da a conocer (material “vídeos para la experimentación”). Consideramos dentro del proyecto inicial una segunda etapa, avalada igualmente por el ICE de la UPC, en la que se han filmado otras prácticas de laboratorio, aprovechando la experiencia adquirida, sobre otros temas que permiten ir completando el proyecto global.

Este proyecto ha generado un material docente que permite al estudiante poder hacer en su casa la experimentación del laboratorio de Física en caso de no poder asistir a las sesiones prácticas, permitiendo la adquisición de casi todas las mismas competencias que la de los compañeros que asisten a clase. Esto no quiere decir que este material sólo se utilizará con esta finalidad, ya que puede resolver otras situaciones, como por ejemplo, alumnado que tiene que recuperar una práctica, situaciones de saturación de las prácticas porque no hay suficiente espacio para poner más material de laboratorio, etc. En todos estos casos, se supone que la necesidad que el estudiante siente por realizar las tareas obligatorias de la asignatura, le hacen mantener una actitud no apática, y por tanto activa, ante las imágenes que ve en pantalla, a diferencia de la actitud pasiva que se mantiene frente a la televisión doméstica como resaltan todos los pedagogos.

Con el material generado se trata de favorecer el aprendizaje basado en la experimentación, es decir, a partir de la observación y medida de un fenómeno físico, mediante filmaciones en formato digital y otras herramientas multimedia, y el posterior análisis de los datos numéricos obtenidos.

Se ha diseñado e implementado un sistema de autoevaluación del aprendizaje del estudiante, así como de la propia actividad, que será específico de los temas desarrollados, el cual se ha puesto en funcionamiento, ya es operativo, desde el primer cuatrimestre del curso 2008-2009.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Las prácticas que realiza el estudiante de esta escuela en el laboratorio de física se hacen de forma “asíncrona”, es decir, se da un desfase temporal entre la práctica que se hace y la teoría que explica el profesor en aquel momento. Esta circunstancia es debida a la limitación en la disponibilidad de material de laboratorio (espacio, coste,...). La filmación en formato digital permite la posibilidad que todo el alumnado realice simultáneamente una misma práctica en una aula informática y, por tanto, el alumnado puede hacer el seguimiento de la clase teórica con la experimentación.

Evidentemente, que este tipo de material, el de las filmaciones de video, no pretende substituir la experimentación real que se hace en un laboratorio, si no la de diversificar y complementar el material de laboratorio para que así el alumnado tenga diferentes alternativas para realizar las prácticas de laboratorio, y pueda llegar si lo desea a comparar ambas metodologías. Se cree que esta apuesta es una manera más de completar y enriquecer la formación de nuestros estudiantes.

Como es normal, a la hora de crear un proyecto docente sobre las prácticas de laboratorio, pueden haber inconvenientes y ventajas. Por ejemplo, se puede considerar una ventaja, realizar la práctica “Campo magnético generado por una bobina” por la vía virtual ya que ésta presenta un riesgo en la experimentación, ya que se trabaja con valores de intensidades de corriente eléctrica muy elevados. Esta práctica la realizan prácticamente todos los alumnos que empiezan el primer curso de todas las especialidades, que mientras no adquieren la soltura de manipulación suficiente más vale que hagan esta práctica de forma virtual en el aula informática. Relacionado con esa soltura de manipulación, cabe referir que alumnos con ciertas capacidades pueden mediante el sistema desarrollado acceder al laboratorio y adquirir las mismas competencias encubiertas sobre dicho aspecto que sus compañeros.

Otro aspecto que debe considerarse interesante, por la temática que se toca en este proyecto, es decir el de la manipulación de aparatos y análisis de las medidas, es que el alumnado opta, cada vez más, por otros tipos de formación complementaria, las cuales permiten completar su currículum con una formación más integral y actualizada. Una de estas actividades foráneas es el acceso a prácticas en empresas, donde se suelen utilizar aparatos, instrumentos que funcionan por sistemas mecánicos, electrodinámicos,



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

informáticos, etc.; cosa que puede considerarse como una extensión a las actividades que tienen en el laboratorio de física.

Como es sabido, la universitat no tiene la capacidad de disponer en sus laboratorios de los aparatos que utilizan las empresas, ya sea por sus dimensiones, como por los elevados precios de compra y, por tanto, se podría aprovechar la metodología de este proyecto generando filmaciones de estos aparatos, y así conseguir acercar el alumno a una formación más tecnológica y actual.

Un objetivo secundario, aunque importante, es la interacción del profesorado de física con el profesorado de otras materias para discutir la posibilidad de adaptar la nueva metodología en la formación experimental en materias que comporten experimentación.

Los beneficiarios del proyecto realmente se encuentran allá donde haya contenidos a desarrollar en el laboratorio: ingenierías, física, química, electrónica, eléctrico, minas, telecomunicaciones, biología, ..., es decir, tanto en el ámbito de todas las ciencias experimentales como en el de las ingenierías donde se ha hecho el diseño, el desarrollo y la implementación iniciales.

En particular, a la EPSEM se beneficia todo el alumnado que se matricula en este centro ya que debe superar las asignaturas obligatorias de Física I y Física II que se imparten en todos los estudios de grado que se imparten (a recordar: Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica y Automática, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química e Ingeniería de Recursos Minerales). También la asignatura de libre elección "Nociones de Meteorología y Climatología", que imparte parte del profesorado de este proyecto, aprovechará los recursos docentes generados. Otras asignaturas dentro de la materia de Física, como Resistencia de materiales, Termodinámica y mecánica de fluidos también compartiran la experiencia.

Los objetos a alcanzar en este proyecto son:

- proporcionar material multimedia para utilizarlo como recurso educativo;
- mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, especialmente de quien compatibiliza los estudios con la práctica laboral y que inicia el curso un mes



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

más tarde que sus compañeros por proceder de las pruebas de selectividad de septiembre;

- adecuar seis prácticas de laboratorio de física, de las que actualmente se están realizando, a la estructura de prácticas de laboratorio virtual;
- elaborar material tangible en formato digital, que permita preparar, realizar y después analizar los datos obtenidos de las prácticas de laboratorio virtuales;
- evaluar y hacer el seguimiento de los estudiantes que realiza prácticas de laboratorio utilizando la nueva metodología;
- difundir la metodología y los resultados obtenidos;
- discutir con el profesorado de otras materias que se cursan en paralelo, la posibilidad de adaptar la metodología desarrollada en su materia.

A través de test de autoevaluación y consultas de opinión se pretende valorar los indicadores siguientes:

- porcentaje de alumnos que elige utilizar la nueva metodología de experimentación a distancia de la física;
- número de horas de dedicación del profesorado a la tutorización de realización de estas prácticas;
- comparación con el número de horas en el caso de prácticas presenciales;
- número de dudas planteados por alumno en relación a la práctica virtual;
- porcentaje de competencias conseguidas por el estudiante que utiliza la nueva metodología respecto a los otros;
- grado de satisfacción del estudiante implicado, mediante encuesta de opinión;
- grado de satisfacción del profesorado implicado, mediante encuesta de opinión;
- número de presentaciones a congresos o publicaciones en revistas de sus resultados.

Los niveles de logro de los objetivos se catalogarán en la forma:

- máximo: hay alumnos que eligen utilizar la metodología de “*experimentación a distancia de la física para ingenieros (EDFI)*” y la nota



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

media de estas prácticas, y las competencias adquiridas, es superior a la de cursos anteriores.

- Medio: hay alumnos que eligen utilizar la metodología EDFI, pero ni la nota media de estas prácticas, ni las competencias adquiridas, es superior a la de cursos anteriores.
- Mínimo: no hay apenas alumnos que elijan utilizar la metodología EDFI, y además la nota media de estas prácticas, y las competencias adquiridas, es inferior a la de cursos anteriores.

De acuerdo con los objetivos planteados en este proyecto, y si se consiguieran estos objetivos con el grado medio o máximo, se habrá conseguido que aquellos estudiantes que no pueden estar presentes en alguna de las sesiones de prácticas consiguen los mismos conocimientos y casi las mismas competencias que sus compañeros.

Se hizo un seguimiento mensual con todo el profesorado, se trabajó de manera continua con los becarios y se aprovecharon, tanto como se pudo, los recursos del servicio “Factoría de Recursos Docentes” de la UPC, ya que se temía que la liquiditat de la ayuda económica limitara mucho la posibilidad de acabar el proyecto (el mayor gasto del proyecto se destinó a las filmaciones). Ello supuso un esfuerzo considerable por parte del profesorado que invirtió muchas horas en preparar, escribir, diseñar, organizar,... la realización del proyecto.

Tener que llamar a la puerta de otras entidades que puedan colaborar a tirar adelante un proyecto como éste, sin duda es una forma más de enriquecimiento y de formación de todo el equipo. En este sentido, para la generación de las filmaciones y parte del material multimedia requerido, se recurrió a la contratación de los servicios del personal de la Escuela Universitaria Politécnica de Mataró, centro adscrito a la UPC, los cuales a través de la empresa asociada TCM Audiovisuales se encargaron de hacer las filmaciones.

Las acciones llevadas a cabo en el proyecto, se han basado en la experiencia de más de 25 años de algunos miembros del equipo en las clases de laboratorio, y en las



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

recomendaciones de los diferentes cursos del ICE de la UPC a los que se han asitado. La secuencia de las acciones fué la siguiente:

- Diseño de la estructura de los guiones de las prácticas de laboratorio virtual (aspectos docentes y aspectos de registro). Los criterios de calidad pactados con TCM pasaron por:
 - o utilizar las mejores cámaras y los mejores recursos de iluminación y de sonorización;
 - o tener mucho en cuenta el tipo de formato de la filmación para que fuera compatible con la red virtual de la UPC;
 - o acceso por parte del alumnado a las filmaciones sólo a través de la web de la escuela sin la necesidad de utilizar DVDs;
 - o ambientalización de la práctica filmada amigable para el alumnado, donde se puedan obtener los datos experimentales con una buena resolución y con una buena visibilidad;
 - o presentación de la práctica por una profesora o un profesor del mismo grupo, favoreciendo una proximidad más real de la práctica hacia el alumno;
 - o filmación de la manipulación por parte del mismo profesor del material propio de la práctica incluyendo la voz en off;
 - o mejora de la proximidad del alumnado en relación a la práctica mediante unos primeros planos de presentación del profesorado ya sea para comentar algo relevante, un aviso, un título, un comentario importante, etc.;
 - o posibilidad que el alumnado pueda parar y poner en marcha el vídeo en cualquier momento de la filmación para poder tomar los datos de manera cómoda. Debe referirse aquí, que la obtención de los datos experimentales por la vía de las filmaciones posibilita obtener-los con más fidelidad, es decir, con una incertidumbre más pequeña, que las que se pueden obtener haciendo la práctica real, ya que el alumno



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

puede parar el vídeo en el momento más adecuado para tomar nota de este dato experimental.

- Elección de los temas de las prácticas.
- Búsqueda de documentación de aprendizaje sobre los temas elegidos.
- Redacción de los guiones audiovisuales de las prácticas.
- Montaje de los experimentos, toma, captura y edición de videos.
- Elaboración de los materiales de autoevaluación.
- Discusión con los estudiantes de la nueva metodología.
- Revisión y modificación, si es necesario, de los materiales elaborados.
- Propuesta de nuevas actuaciones (tipología de material, de temas de la asignatura, etc.).

Todo el material elaborado es accesible en el enlace siguiente (texto en catalán):

<http://www.epsem.upc.edu/~practiquesfísica/>



Aquesta web està optimitzada per a una resolució de 800x600 pixels i necessita Adobe Flash® per funcionar

Figura 2. Carátula de acceso a los materiales docentes del departamento de Física aplicada de la EPS de Ingeniería de Manresa (UPC).



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.



Aquesta web està optimitzada per a una resolució de 800x600 píxels i necessita Adobe Flash® per funcionar

Figura 3. Carátula del índice de los materiales docentes.

Los contenidos que se encuentran en la web son los siguientes:

- El laboratorio de física
 - Presentación
 - Información generalizada de lo que es un laboratorio de física y material docente disponible para los alumnos.
 - Vídeo del laboratorio
 - Un paseo en vídeo por el laboratorio de física de la EPSEM.
 - Normas
 - Normas generales para la realización de las prácticas.
 - * Preparación de la práctica.
 - * Utilización del material de laboratorio.
 - * Finalización de la práctica incluyendo un modelo de hoja de datos.
 - Normas generales para la presentación de las prácticas.
 - * Portada y pie de página.
 - * Introducción.
 - * Realización experimental.
 - * Elaboración de resultados.
 - * Análisis de resultados.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

- * Conclusiones.
 - * Bibliografía con una página web que explica las pautas de citación bibliográfica.
- Prácticas
- Aquí hay los guiones de todas las prácticas de Física que se pueden hacer de forma presencial en el Laboratorio de Física de la EPSEM, e información de cómo trabajar los datos, reagrupados en cinco grandes bloques:
- o Introducción
 - o Mecánica
 - o Termodinámica
 - o Electromagnetismo
 - o Oscilaciones y Ondas
- Enlaces relacionados
- o Aquí se encuentran algunos enlaces que pueden ayudar a entender mejor las prácticas de laboratorio y a elaborar los informes.



Figura 4. Introducción al laboratorio.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

El laboratori de física
Normes - Normes generals per a la presentació de les pràctiques

Presentació
Video del laboratori
Normes
Pràctiques
Enllaços relacionats

NORMES GENERALS PER A LA PRESENTACIÓ DE LES PRÀCTIQUES

De cada sessió de pràctiques de laboratori cal lliurar un informe científic-tècnic el dia i hora que fixi el professor; en cap cas el lliurament podrà ser posterior.
L'objectiu d'aquest informe és transmetre de forma clara i rigorosa tota aquella informació que s'extreu de l'experiment realitzat. Un informe científic-tècnic correcte ha de permetre que una altra persona pugui reproduir totalment l'experiment.

L'informe ha de constar de les següents parts:

1. Portada i peu de pàgina

L'informe comença amb una portada feta amb cura i dissenyada amb bon gust, distribuïda de la següent forma:

- A la part superior de la portada hi ha d'haver el nom de la institució i el del departament.
- A la part central, hi constarà el títol del treball: número i títol de la pràctica.
- Tot seguit hi ha d'haver el nom complet de l'autor o autors, el nom de la titulació i l'especialitat, el nom de l'assignatura, el curs i el grup (si escau), la data de realització de la pràctica, la data màxima de lliurament del treball i el temps real dedicat per elaborar l'informe, en minuts i de cadascun dels autors per separat.

En totes les pàgines de l'informe (excepte en la portada) hi ha d'haver un peu de pàgina on figurin: la versió del document, un títol o codi identificador del treball (per ex. número i títol de la pràctica), nom de l'autor o autors i número de pàgines a més del número total de pàgines.

Per exemple:

PORTADA

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa

Figura 5. Información sobre cómo presentar los resultados de las prácticas.

- Práctica 0 “práctica cero” que contiene los cuatro apartados siguientes, con los subapartados que se indican:
 - Presentación.
 - Algunas orientaciones y consejos.
 - Tratamiento de datos.
 - Medidas y cifras significativas: teoría, ejemplos resueltos y test de autoevaluación.
 - Errores e incertidumbres: teoría, ejemplos resueltos y test de autoevaluación. Se ha planteado el estudio de cálculo de errores en dos niveles:
 - * Nivel elemental, para los alumnos que inician el curso (Física I) los cuales tienen que aplicar todos los conocimientos que se dan exceptuando los contenidos con trama rosa.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

- * Nivel superior, para los alumnos con más experiencia de laboratorio (Física II) los cuales tienen que aplicar todos los conocimientos incluyendo la trama rosa.
 - o Gráficas: teoría, ejemplos resueltos y test de autoevaluación.
 - Unidades y tablas.
 - o Se disponen las unidades de las magnitudes físicas más utilizadas dando prioridad a las unidades del Sistema Internacional (SI).
 - o Análisis dimensional.
 - o Tablas de constantes universales y constantes físicas, y tablas de propiedades. Actividad de un applet.
 - Aparatos de medida.
 - o Presentación de todos los aparatos de medida disponibles en nuestro laboratorio de física.
- El alumno puede activar algunos applets para entrenar-se en la determinación de algunas medidas como por ejemplo la determinación de la longitud (pie de rey), de la masa (balanza),....

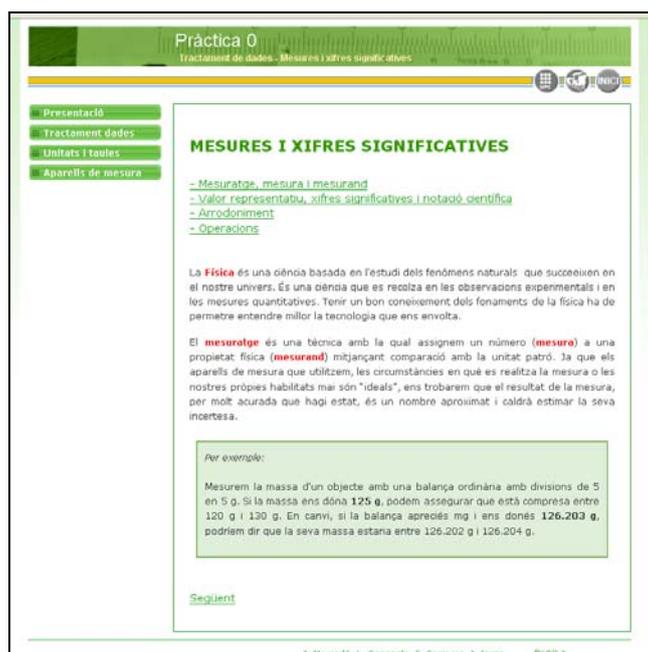


Figura 6. Introducción a las cifras significativas.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Práctica 0
Tractament de dades - Errors i incerteses

Presentació
Tractament dades
Unitats i taules
Aparells de mesura

ERRORS I INCERTESES

- Error respecte al valor real
- Tipus d'errors
- Incertesa: tipus A i tipus B
- N mesures - Incertesa de tipus A - Càlcul d'estadístics
- Incertesa estàndard associada a la resolució de l'aparell-Incertesa de tipus B
- Determinació indirecta d'incerteses estàndard
- Incertesa expandida i nivell de confiança

En una experiència qualsevol, les mesures experimentals d'una magnitud física, sempre estan sotmeses a errors. Nosaltres, com a molt, serem capaços d'obtenir una estimació del **valor vertader**.

Error respecte al valor real

En la vida quotidiana, el terme "error" l'utilitzem com a equivocació o desnoert. En el context del mesuratge, l'error es defineix com la diferència entre el valor mesurat i el valor real (o valor teòric).

$$\text{Error} = \text{valor mesurat} - \text{valor real}$$

Si coneixem el valor real (valor teòric) de la mesura, s'admet com a:

- Error absolut respecte al valor real**, la diferència entre la mesura experimental i el valor real.
- Error relatiu respecte al valor real**, el quocient entre l'error absolut respecte al valor real d'aquesta mesura i el valor real. El resultat es multiplica per cent per donar l'error en percentatge.

Una mesura és **acurada** quan el valor mesurat és molt proper al valor real. Les mesures d'una mateixa quantitat són **precises**, quan els valors obtinguts tenen poca variabilitat o dispersió.

Figura 7. Introducción al cálculo de errores e incertidumbres.

Práctica 0
Tractament de dades - Gràfiques

Presentació
Tractament dades
Unitats i taules
Aparells de mesura

GRÀFIQUES

- Representacions gràfiques. Escalles.
- Recta de regressió
- Linealització
- Interpolació i extrapolació

Representacions gràfiques. Escalles.

En un experiment de laboratori sovint mesurem diverses variables. Un dels possibles objectius de l'experiment és el de trobar quines relacions existeixen entre les variables analitzades. Per trobar aquesta relació moltes vegades és convenient representar els valors experimentals en una gràfica. Per fer-ho, cal tenir en compte les següents precaucions:

- Dibuixar la **variable independent** a l'eix horitzontal (**abscisses**) i la **dependent** al vertical (**ordenades**), mentre no s'indiqui el contrari.

Per exemple:
En aplicar varies forces F sobre una molla, aquesta mostrarà diferents deformacions x . La relació entre F i x ve donada per l'expressió $F = k \cdot x$; on x és la variable independent i F la variable dependent. Així, en una representació gràfica on es vulgui mostrar la relació entre F i x es dibuixarà F en ordenades i x en abscisses.

Figura 8. Introducción a la creación de gráficas.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Práctica 0
Unitats, constants i taules

Presentació
Tractament dades
Unitats i taules
Aparells de mesura

UNITATS, CONSTANTS I TAULES

- Unitats fonamentals i suplementàries del SI
- Unitats derivades del SI
- Prefixos
- Anàlisi dimensional
- Constants universals i constants físiques
- Taules

Unitats

A mecànica, els sistemes d'unitats més utilitzats són:

- l'Internacional (MKS, SI)
- el Cegesimal (CGS)
- i el Tènic.

El sistema d'unitats que usualment utilitzarem serà el **sistema internacional** amb el quadre d'unitats fonamentals que exposarem a continuació. A partir d'aquestes i d'algunes de suplementàries s'obtenen totes les unitats de les magnituds que es poden utilitzar.

Les **unitats fonamentals** del SI són:

Magnituds fonamentals	Unitats fonamentals	Símbol
longitud	metre	m
massa	quilogram	kg
temps	segon	s
intensitat de corrent	Amper	A
temperatura termodinàmica	Kelvin ($^{\circ}\text{C}=\text{K} - 273.15$)	K
intensitat lluminosa	candela	cd
quantitat de substància	mol	mol

Figura 9. Introducción a las unidades, constantes y tablas.

Práctica 0
Aparells de Mesura

Presentació
Tractament dades
Unitats i taules
Aparells de mesura

APARELLS DE MESURA

Explicar tots els instruments de mesura i els diferents tipus pot ser una tasca inabastable per exposar-ho aquí. Nosaltres només ens limitarem a presentar els instruments que utilitzem en el laboratori de Física de l'EPSEM.

Longitud
Massa
Temps
Força
Temperatura
Pressió
Intensitat de corrent elèctric, tensió i resistència
Camp magnètic
Oscil·loscopi
Espectroscopi de prisma

LONGITUD

Per mesurar la distància entre dos punts, la longitud d'una peça, la profunditat d'un tub, el diàmetre d'un fil, ... és important saber escollir l'instrument de mesura de longituds més adequat per a cada cas.

La **cinta mètrica** metàl·lica té una sensibilitat o resolució d'un mil·límetre.

Per experimentar amb la cinta mètrica cliqueu [aquí](#).

Figura 10. Presentación de los distintos aparatos de medida del laboratorio.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

En las prácticas de sólido rígido, campo magnético i rendimiento o eficiencia (pila eléctrica, calorímetro eléctrico, motor Stirling i placa solar térmica), se sigue el esquema siguiente:

- Presentación
- Fundamentos teóricos
 - o Contenido teórica de la práctica.
 - o Autoevaluación de los fundamentos teóricos.
- Realización de la práctica
 - o Vídeo de la práctica.
 - o Autoevaluación de la realización de la práctica.
- Elaborar resultados
 - o Proceso de elaboración de los resultados.
 - o Autoevaluación de la elaboración de los resultados.
 - o Presentación del informe de la práctica.
- Test de evaluación

Una vez realizada la práctica, el alumnado se conectará al campus virtual para autoevaluarse.

- Encuesta de opinión

Una vez realizada la práctica i evaluada, el alumnado se conectará al campus virtual para contestar una encuesta.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Rendiment o eficiència
Presentació

INICI

- Presentació
- Pila elèctrica
- Calorímetre elèctric
- Motor Stirling
- Col·lector solar

El concepte de **rendiment o eficiència** l'apliquem abastament en tots els camps ja sigui en la tecnologia, en la recerca científica, en la psicologia, en la pedagogia, a nivell esportiu, en les empreses, etc. Nosaltres, evidentment, ens plantegem aplicar el concepte de rendiment o eficiència en les activitats que pertoqueuen en un laboratori de física.

Us proposem **calcular el rendiment de diferents enginyers tecnològics**. Els resultats us han de permetre fer una valoració crítica dels mateixos i veure la seva viabilitat tecnològica tenint en compte el medi ambient.

Us trobareu amb dues pràctiques Rendiment d'una pila elèctrica i Rendiment d'un calorímetre elèctric amb les quals podreu experimentar de manera virtual des de casa, en el laboratori de física aplicada, o des de qualsevol ordinador. Aquestes dues pràctiques també les podreu experimentar directament en el laboratori manipulant els estris de la mateixa.

A més a més, hi ha dues pestanyes que parlen del Rendiment d'un motor Stirling i del Rendiment d'un col·lector solar. S'hi inclouen filmacions que no tenen activitats a fer per l'estudiant, però és una pàgina que us permetrà aprendre alguns coneixements elementals d'aquests enginyers i a més podreu observar el seu funcionament.

J. Mercadé, L. Conangla, E. Ferreres, J. Jorge
Optimitzat per a visualització en 800x600

Produït a LA FACTORIA

Figura 11. Introducció al grup de pràctiques sobre rendimiento o eficiencia.

Presentació

Fonaments teòrics

Realització pràctica

Elaborar resultats

Text d'examen

Exponente d'aposta

(100) Rendiment

RENDIMENT D'UNA PILA ELÈCTRICA

Luigi Galvani (1737-1796), metge i físic italià, famós per les seves investigacions sobre els efectes de l'electricitat en els nervis i músculs dels animals, va poder veure un fenomen nou en observar que en contacte amb dos metalls amb càrrega elèctrica el múscul de la pota d'una granota es contraïa. Fou la primera observació experimental de la relació entre electricitat i moviment.

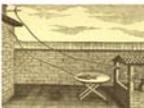
 

Figura 12. Introducció històrica a una de les pràctiques sobre rendimiento o eficiencia.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

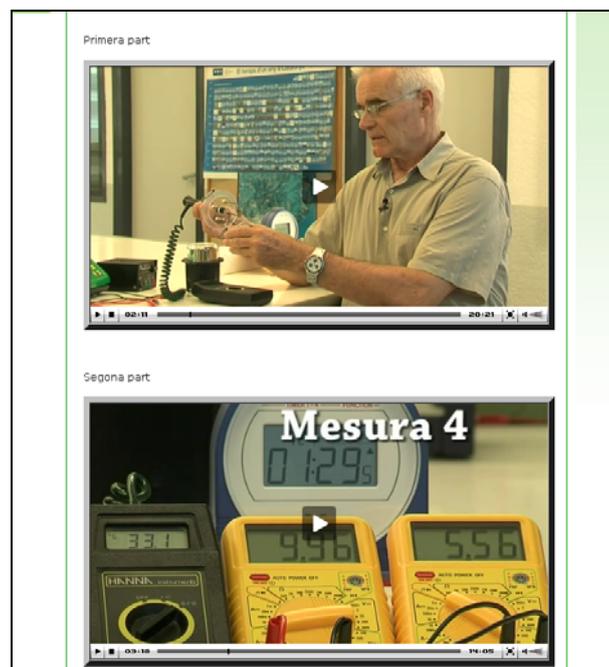


Figura 13. Diversas escenas de la filmación a través de la web.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Rendiment o eficiència- Pila elèctrica
Elaboració de resultats - Procés d'elaboració de resultats

Presentació
Fonaments teòrics
Realització pràctica
Elaboració resultats
Test d'avaluació
Enquesta d'opinió
Inici rendiment

ELABORACIÓ DE RESULTATS

En el vídeo que heu vist se us ha anat guiant sobre com s'havien de treballar les dades que anàveu mesurant per tal d'assolir l'objectiu de la pràctica.
De tota manera, en aquest document s'afegeix la llista de tasques a fer.

1a part. Determinació de les característiques de la pila: força electromotriu i resistència interna.

Feu una taula on figurin: la resistència externa R_2 , la intensitat que circula pel circuit i la diferència de potencial, tot en unitats del sistema internacional.

$R_2(\Omega)$	$I(A)$	$V(V)$

Representeu gràficament: la diferència de potencial en ordenades i la intensitat en abscisses. Mitjançant regressió lineal, determineu els valors de la força electromotriu \mathcal{E} que coincideix amb el valor de l'ordenada a l'origen, i de la resistència interna r que correspon al valor del pendent de la recta de regressió canviat de signe.

$$V = (-r) \cdot I + \mathcal{E}$$

$$y = a \cdot x + b$$

Penseu a escriure correctament aquests resultats.

Presentació
Inici rendiment

Cicle complet

Si ara considerem el cicle complet, les magnituds valorades anteriorment son:

- Variació de l'energia interna:

Ja que és una funció d'estat $\Delta U_{cicle} = 0$ que comprovem amb les expressions calculades anteriorment:

$$\Delta U_{cicle} = \Delta U_{23} + \Delta U_{41} = -nC_V(T_2 - T_1) + nC_V(T_2 - T_1) = 0$$

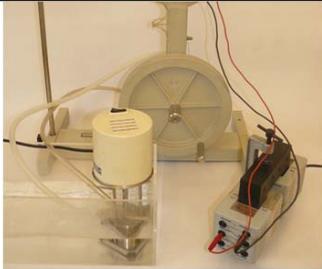
- Treball realitzat pel sistema en un cicle:

$$W_{cicle} = W_{12} + W_{34} = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - nRT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} = nR(T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1}$$

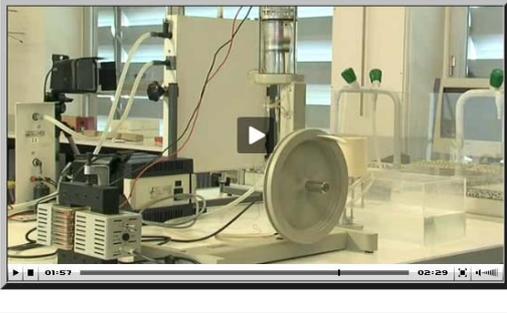
Figura 14. Información sobre la elaboración de resultados y de teoría del tema.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.



Podeu veure aquest motor tèrmic en funcionament en el vídeo següent:



Rendiment o eficiència - Col·lector solar

EL COL·LECTOR SOLAR

Les instal·lacions d'energia solar tèrmica són sistemes cada vegada més utilitzats ja que presenten un cost menor respecte als sistemes fotovoltaics i són més fàcils d'instal·lar i mantenir. A més, ofereixen un retorn d'inversió més ràpid que els sistemes fotovoltaics.

Les instal·lacions d'energia solar tèrmica es poden utilitzar en qualsevol vivenda, gran o petit, i a més, ofereixen un retorn d'inversió més ràpid que els sistemes fotovoltaics. Les instal·lacions poden ser individuals o comunitàries, i aquestes poden ser més eficients.

És necessari que hi hagi un bon control i manteniment de la instal·lació, per tal de garantir un rendiment òptim tant pel que fa al funcionament com per a l'aprofitament màxim de l'energia mitjançant els sistemes. L'aprofitament de l'energia solar tèrmica contribuirà d'una manera efectiva a la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Una instal·lació solar tèrmica permet obtenir el 60 - 70 % del consum anual d'energia per a aqueix espais, mentre que els sistemes fotovoltaics necessiten del 80-90 % del consum anual d'energia per a aqueix espais.



Següent

Presentació

Inici rendiment

Podeu veure el funcionament d'un col·lector solar, quan sobre d'ell incideix la radiació procedent d'una làmpada halògena en substitució de la radiació solar, en aquest vídeo.



Següent

Figura 15. Diversas escenas de la filmación y otras páginas ilustradas que se encuentran en la web.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

2.2 Evaluación de los materiales

Después de haber puesto en práctica estos materiales, se ha realizado una encuesta en la que los estudiantes han comparado los dos sistemas de experimentación, real y virtual, y han expresado su opinión acerca de la calidad de los materiales. Las respuestas de los estudiantes animan a seguir produciendo más material de este tipo y a mejorar el aprendizaje autónomo de nuestros futuros estudiantes de ingeniería.

Los profesores que han utilizado por primera vez esta herramienta también han mostrado su satisfacción y han constatado que la calificación media de los estudiantes que han utilizado la experimentación virtual ha sido ligeramente superior a la de los estudiantes que han realizado las mismas experiencias en tiempo real. Han valorado, también, muy bien el hecho de poder sustituir con esta metodología algunas experiencias que en el laboratorio resultan peligrosas en su manejo. Otra ventaja destacada por los profesores de esta metodología procede de que al ser el experimento grabado en vídeo, el profesor observa exactamente lo que ve el alumno, así como conoce con exactitud los resultados que se obtienen, con lo que pueden enjuiciar perfectamente las conclusiones que sacan los alumnos a partir de esos datos y la interpretación de los mismos, así como su representación..

Como educadores, nunca hemos dispuesto de una herramienta de evaluación que midiera el proceso de aprendizaje de nuestros estudiantes. Tal herramienta debería contestarnos la pregunta “¿Aprenden ahora nuestros estudiantes más que antes...? En ausencia de tal herramienta, continuamos utilizando técnicas de evaluación indirecta. La principal herramienta para evaluar la utilidad de los videos fue un cuestionario con una escala 5-Likert (MA: muy de acuerdo, A: de acuerdo, N: neutral, D: en desacuerdo, MD: muy en desacuerdo), el cual fue rellenado por los estudiantes al final del curso. La tabla 1 muestra las preguntas del cuestionario, y el valor medio obtenido de una población de 100 estudiantes, sobre el sistema empleado, y la tabla 2 sobre la filmación que tuvieron que trabajar.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Tabla 1: Cuestiones a los estudiantes sobre el sistema de experimentación mediante video y valoración media obtenida

1	Globalmente, ¿consideras de interés la página web del laboratorio de física?	3.73
2	¿Has encontrado la información necesaria fácilmente?	3.63
3	Valora tu grado de satisfacción con el siguiente aspecto: a) Información obtenida sobre la teoría.	3.48
3	Valora tu grado de satisfacción con el siguiente aspecto: b) Información obtenida al visionar los vídeos.	4.00
4	La práctica cero que se encuentra en la misma web, ¿te ha sido útil para elaborar los informes de las prácticas?	3.80
5	Has tenido dificultades a la hora de elaborar el informe de la práctica a partir del vídeo que has tenido que trabajar?	2.41
6	Las prácticas normalmente se hacen en el laboratorio por parejas y ello comporta, a veces, que un componente de la pareja participe poco. En esta contrariedad, ¿te parece bien que puedas hacer algunas prácticas, no todas, individualmente y de forma virtual?	3.38
7	Por el hecho de que algunos alumnos tienen dificultades para asistir a las prácticas de laboratorio, ¿te parece bien que puedan hacer algunas prácticas en su casa por medio del laboratorio virtual?	4.03
8	¿El número de dudas planteadas en relación a las prácticas virtuales hace necesaria la presencia del profesor para resolverlas?	3.01
9	Es evidente que las competencias adquiridas en un laboratorio real no son las mismas que las adquiridas en un laboratorio virtual, como por ejemplo habilidad para manipular los aparatos de medida, montar y desmontar la práctica, tener cuidado con los riesgos que comporta, tener cuidado con el medio ambiente como es reciclar, ... , pero a pesar de ello, ¿la práctica virtual ofrece otras ventajas positivas? (Ver pregunta 12).	3.33
10	Es ideal que se de una simultaneidad entre las clases de teoría y las prácticas de laboratorio. Las prácticas virtuales favorecen que ello pueda ser y todos los alumnos la puedan hacer simultáneamente en una aula informática. Esta última situación, ¿crees que favorecería la adquisición de más competencias por tu parte?	3.31
11	“Las nuevas metodologías docentes adaptadas al EEES recomiendan que se especifique cuantas horas se han dedicado a la elaboración del informe de la práctica, ¿te parece que una práctica virtual favorece una reducción de horas en esta tarea respecto a la práctica presencial en el laboratorio?”	2.85
12	Te agradeceremos que nos hagas llegar algunas sugerencias a continuación.	



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Tabla 2: Cuestiones a los estudiantes sobre el sistema de experimentación mediante video y valoración media obtenida

1	¿Los fundamentos teóricos te han ayudado a entender mejor los conocimientos sobre el campo magnético a los que hace referencia la práctica?	3.58
2	¿El vídeo que has visto de esta práctica es suficientemente claro y entendedor como para poder elaborar un buen informe de la misma?	4.23
3	¿El hecho de poder parar cuando quieres un acontecimiento determinado del vídeo para determinar un dato experimental te parece una ventaja?	4.68
4	¿La autoevaluación de los fundamentos teóricos te ha ayudado a comprender mejor la teoría?	3.41
5	¿La autoevaluación de la realización de la práctica te ha ayudado a comprender mejor la práctica?	3.37
6	¿La autoevaluación del proceso de elaboración de los resultados te ha ayudado a comprender mejor la práctica?	3.41
7	¿En el proceso de elaboración de los resultados has podido hacer un seguimiento correcto de la práctica?	3.86
8	¿Estás de acuerdo en el hecho de que has tenido que dedicar menos tiempo en la realización de esta práctica (obtención de datos experimentales y elaboración del informe) que si la hubieras hecho presencialmente?	3.56
9	Te agradeceríamos que nos hicieras llegar algunas sugerencias a continuación.	

Los resultados de las encuestas revelan que al contestar sobre los estudiantes sobre si el análisis del video les ha ayudado a entender mayor la clase de teoría correspondiente, un 60% de los estudiantes dice estar de acuerdo o muy de acuerdo, mientras que sólo un 9% contesta en sentido contrario.

La tabla 3 muestra las respuestas a las preguntas de la encuesta (en %), incluyendo la característica evaluada en cada pregunta [15], un valor cuantitativo de la respuesta a la pregunta (máximo de 5) y una evaluación subjetiva nuestra sobre las respuestas.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Tabla 3 Respuestas a las preguntas de la encuesta agrupadas por rasgo evaluado.

Q	Rasgo evaluado	MA / A	N	D / MD	/ 5	Valoración
1	Especificidad	10	35	55	2.4	☺ ALENTADORA
2	Estado de preparación	51	24	25	3.4	☹ NO ESPERADA
3	Interactividad	27	44	29	3.0	☺ ESPERADA
4	Atractividad	87	10	3	4.2	☺ ALENTADORA
5	Eficiencia	59	16	25	3.6	☺ ALENTADORA
6	Interactividad	95	5	0	4.7	☺ ALENTADORA
7	Accesibilidad cómoda	76	14	10	4.0	☺ ESPERADA
8	Uso habitual	42	44	14	3.3	☹ NO ESPERADA ☺ ESPERADA
9	Actividad en tiempo real	79	21	0	3.9	☺ ESPERADA

2.3 Conclusiones

Una vez experimentada la metodología presentada se ha procedido a analizar las diferentes posibilidades de preparar nuevo material docente, considerando los requisitos del sistema *streaming* de video digital, y se han observado ventajas, desventajas y otras consideraciones a implementar, o no, en un futuro. Una lista de las mismas se muestra a continuación.

Ventajas: se evitan problemas de seguridad y salud; se puede acceder a instrumental de elevado coste; se puede acceder independientemente del lugar y del instante; se proporciona una atención especial a los estudiantes discapacitados; no preocupa el acceso al laboratorio de física de un posible número creciente de estudiantes; posibilita el aprendizaje síncrono entre la teoría y la experimentación; todos los estudiantes pueden hacer simultáneamente el mismo experimento; se produce una reducción de residuos (sostenibilidad); cabe la posibilidad de combinar la experimentación real y virtual.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Desventajas: resulta imposible adquirir las habilidades correspondientes al trabajo en grupo ni de la manipulación de los instrumentos de laboratorio; existe una relación mínima entre estudiante y profesor y entre estudiante y otros estudiantes.

Sugerencias: animar a los estudiantes a realizar sus propios videos; usar el campus virtual para evaluar el trabajo de laboratorio; recordar que todos los materiales educativos son complementarios; exportar esta herramienta formativa a otras materias; traducir a otras lenguas; considerar la flexibilidad de curricula (los estudiantes pueden elegir los experimentos a realizar en función de sus preferencias); combinar con experimentación remota; convertir el material usado a otros dispositivos multimedia (p.e. iPod,...), avanzar en la visualización 3D de las filmaciones.

3 Referencias Bibliográficas

- [1] UPC (2008), Plans pilot d'adaptació de titulacions a l'Espai Europeu d'Educació Superior a la UPC. Barcelona: UPC, 25-37.
- [2] Hodson, D. (1994), Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, **12** (3), 299-313.
- [3] Sebastia, J. M. (1987), ¿Qué se pretende en los laboratorios de física universitaria? *Enseñanza de las Ciencias*, **5** (3), 196-204.
- [4] Jorge, J., Mercadé, J.M., Conangla, L., Ferreres, E. (2009), Making a virtual learning environment for non-assisted Physics laboratory. In "Active Learning for Engineering Education" (ALE-2009), Barcelona: UPCCommons, p.1-8.
<http://hdl.handle.net/2117/6161>
- [5] <http://www.epsem.upc.edu/~practiquesfisica/>
- [6] Martínez, M.R. et al. (2009). *Guia per a l'avaluació de competències als laboratoris en l'àmbit de ciències i tecnologies*. Barcelona, Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

- [7] Brown, D., and Cox, A.J., (2009), Innovative Uses of Video Analysis”, *The Physics Teacher*, **47**(3), 145-150.
- [8] Beléndez A. et al. http://www.dfists.ua.es/experiencias_de_fisica/index1.html
- [9] Marchionini, G. (2003). Video and learning redux: new capabilities for practical use. *Educational Technology*, **43**(2), 36–41.
- [10] Shephard, K. (2003). Questioning, promoting and evaluating the use of streaming video to support student learning. *British Journal of Educational Technology*, **34** (3), 295–308.
- [11] Palazzo, D.J. (2008). Video Analysis: The Next Physics Laboratory? In “*Engineering education: 21st Century Frontiers*”. US Military Academy, West Point, NY, March 28-29, 2008.
- [12] Fill, K. and Ottewill, R. (2006). Sink or Swim: Maximising the potential of video streaming. *Innovations in Education and Teaching International*, **43** (4). 397-408.
- [13] Hidalgo, M.A. y Medina, J. (2008), Laboratorio de Física. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- [14] Conangla, L., Ferreres, E. y Mercadé, J.M. (2010), Física en el laboratori. EPSEM.
- [15] Westphal, G.H. (1937), *Zeitschrift für den physikalischen und chemihakischen. Unterricht*, **50**, pág. 147.
- [15] Breen, R., Lindsay, R., Jenkins, A., & Smith, P. (2001). The role of information and communication technologies in a university learning environment. *Studies in Higher Education*, **26**(1), 95-114.
- [16] Kirkup, L. and Frenkel, B. (2006), *An introduction to Uncertainty in Measurement*. Cambridge: University Press.
- [17] Dieck, R.H. (2007), *Measurement uncertainty. Methods and applications*, 4th ed. The Instrumentation, Systems, and Automation Society, ISA.

Agradecimientos

Deseamos agradecer a nuestros colegas de departamento de Física Aplicada en la EPSEM (UPC) su inestimable colaboración al poner en práctica este material docente, así como al equipo de TCM Audiovisual por las filmaciones.



NUEVOS ESPACIOS DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Un análisis comparado y de tendencias.

Este trabajo ha sido financiado por AGAUR (Generalitat de Catalunya) en la convocatoria “Ajuts per a la millora de la qualitat docent”, ref. 2007MQD00084, y a la colaboración de “Factoria de recursos docents” de la UPC.