

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

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto

HERRAMIENTA E-LEARNING PARA EL APRENDIZAJE GUIADO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA

2. Código del Proyecto

2014-12-5021

3. Resumen del Proyecto

En este proyecto se ha diseñado e implementado una aplicación web 2.0 intuitiva y sencilla que, a partir de una secuencia ordenada y encadenada de preguntas y sugerencias por parte del profesor, guían al estudiante a lo largo de la resolución de un determinado problema, favoreciendo el razonamiento científico, la comprensión de los conceptos teóricos y el aprendizaje significativo de técnicas de resolución de problemas.

4. Coordinador/es del Proyecto

| Nombre y Apellidos | Departamento | Código Grupo Docente |
|------------------------------------|-----------------|----------------------|
| Marta M ^a Varo Martínez | Física Aplicada | 66 |

5. Otros Participantes

| Nombre y Apellidos | Departamento | Código grupo docente | Tipo de Personal (1) |
|-------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| Antonio Blanca Pancorbo | Física Aplicada | 21 | PDI |
| David Muñoz Rodríguez | Física Aplicada | 66 | PDI |
| Juan Muñoz Peinado | Física Aplicada | 66 | PAS |

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

6. Asignaturas implicadas

| Nombre de la asignatura | Titulación/es |
|--|--|
| Fundamentos Físicos de la Ingeniería I | Grado en Ingeniería Eléctrica |
| Fundamentos Físicos de la Ingeniería I | Grado en Ingeniería Electrónica Industrial |

MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

Especificaciones

*Utilice estas páginas para la redacción de la memoria de la acción desarrollada. La memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de **DIEZ** páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de letra: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). Se anexarán a esta memoria, en archivos independientes, las evidencias digitalizadas que se presenten como resultado del proyecto de innovación (por ejemplo, presentaciones, imágenes, material escaneado, vídeos didácticos producidos, vídeos de las actividades realizadas). En el caso de que el tamaño de los archivos no permita su transferencia vía web (por ejemplo, material de vídeo), se remitirá un DVD por Registro General al Servicio de Calidad y Planificación.*

Apartados

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

La resolución de problemas como herramienta de aprendizaje en las materias de Física resulta fundamental ya que con ella se pretende que el alumno sea capaz de aplicar los conceptos teóricos estudiados a la resolución de problemas. De esta forma, los conceptos dejan de ser abstractos para ajustarse a una realidad presente en el entorno del alumno y en el futuro ejercicio de su actividad profesional. Por todo ello, la resolución de problemas ha sido objeto de muchas investigaciones (Reif et al., 1976; Garret, 1986; Concari & Girogi, 2000).

A pesar de estas investigaciones y de los esfuerzos del profesorado por destacar su importancia y dedicar gran parte de las horas lectivas a la resolución razonada y detallada de problemas, esta actividad docente presenta frecuentemente altas tasas de fracaso entre el alumnado. Uno de los principales motivos de este fracaso es el hecho de que los alumnos no reflexionan sobre el problema sino que, por el contrario, quieren resolverlo de forma mecánica (Gil Pérez et al., 1988), focalizando sus esfuerzos en la manipulación cuantitativa a costa del aprendizaje de conceptos (Mestre et al. 2011). Y es que la didáctica habitual sobre resolución de problemas, basada en la exposición lineal del profesor, durante la cual al alumno no le surgen dudas o no las explicita al profesor, y la repetición por parte del estudiante de problemas similares, propicia esa tendencia hacia el operativismo mecánico frente al aprendizaje significativo (Gil Pérez et al., 1988). Además, Concari & Giorgi (2000), en su estudio sobre los problemas resueltos propuestos en cinco libros de texto de uso común en las aulas universitarias concluyen que prevalecen los ejercicios con soluciones inmediatas y que no se realiza un análisis detallado de los resultados.

Como consecuencia de todo ello, es frecuente que, incluso aquellos alumnos que tienen un conocimiento conceptual y procedimental adecuado, fallen en la resolución de problemas al carecer de conocimientos sobre estrategias y técnicas de resolución de problemas, así como de competencias de pensamiento crítico (Mathan & Koedinger, 2005; Sherin, 2001).

Por otra parte, la llegada del EEES ha supuesto un recorte significativo a las horas lectivas en las asignaturas de Física en los Grados de Ingeniería. Para contrarrestar esta reducción de horas lectivas, una de las posibles soluciones que se han adoptado consiste en facilitar al alumnado, por medio de Moodle, gran cantidad de material educativo elaborado por el equipo docente, entre el que, en el caso de las materias de Física, se encuentran problemas resueltos paso a paso con explicaciones y justificaciones razonadas del procedimiento para la resolución del mismo. Sin embargo, se ha observado que los alumnos universitarios, con frecuencia, se limitan a leer los problemas resueltos sin abordarlos en primera persona y sin enfrentarse, por tanto, a las dificultades, tanto matemáticas como físicas, que éstos le plantean, ni cuestionar el porqué del método de resolución planteado. Consecuentemente, no desarrollan la competencia de razonamiento científico necesaria para la

resolución de problemas en Física y para su futuro desarrollo profesional.

En este sentido, algunas investigaciones didácticas apuntan a que la ayuda y orientación en la resolución de problemas de Física utilizando soporte digital puede mejorar la competencia de resolución de problemas (Pol et al., 2008, 2009)

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

En este contexto, para contribuir a revertir esta tendencia hacia el operativismo e intentar encontrar soluciones a la problemática descrita, el presente proyecto de innovación ha tenido como objetivo:

Diseñar, desarrollar y validar una nueva metodología docente basada en el diseño e implementación de una plataforma de aprendizaje online, que favorezca el desarrollo de la competencia de razonamiento científico aplicado a la resolución de problemas en los Grados en Ingeniería.

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

Para alcanzar el objetivo propuesto, el proyecto se ha secuenciado en las siguientes fases:

Primera Fase: Implementación, prueba y depuración de una herramienta online de resolución de problemas de física: En esta etapa, se ha diseñado, implementado y validado la herramienta informática e-learningPhysics (<http://www.uco.es/elearningphysics/>) que se describe en el siguiente epígrafe de la presente memoria y que tiene como objetivo orientar el razonamiento del alumno hacia el método de resolución más adecuado, proporcionándole la explicación sobre el porqué de dicho método y haciéndole reflexionar sobre los conceptos teóricos en los que se basa el problema planteado.

Segunda Fase: Diseño de material docente y metodología docente e implementación de las mismas: Durante esta etapa, se han diseñado e implementado en la herramienta, para su posterior resolución, por parte de los alumnos, problemas de física compuestos de preguntas concatenadas (de opción múltiple, verdadero/falso, numérica, etc.) que guían paso a paso al alumno en la resolución del problema, lo reorientan en caso de error y le ayudan a razonar el procedimiento de resolución escogido y los teoremas y leyes físicas aplicadas.

Tercera Fase: Análisis de resultados y evaluación de la metodología docente: Tras finalizar el periodo lectivo, se ha realizado una encuesta al alumnado que ha hecho uso de la herramienta para conocer su nivel de satisfacción con la misma.

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

La herramienta e-learningPhysics (<http://www.uco.es/elearningphysics/>) se trata de una aplicación web totalmente interactiva (**web 2.0**), dinámica, flexible, accesible desde cualquier ordenador con conexión a Internet y con una interfaz amigable (similar a la de la plataforma educativa Moodle) que favorece el aprendizaje de las técnicas de resolución de problemas de Física. Las principales características de la herramienta son:

- Permite la resolución interactiva de problemas de física de manera guiada
- Ofrece ayuda y sugerencias al alumno que favorecen la reflexión científica
- Posee una base de datos de ejercicios, usuarios y respuestas de los estudiantes
- Está disponible online con acceso 24 h desde cualquier ordenador con conexión a Internet
- Tiene una interfaz sencilla, intuitiva y amigable



Figura 1. Interfaz de e-learningPhysics

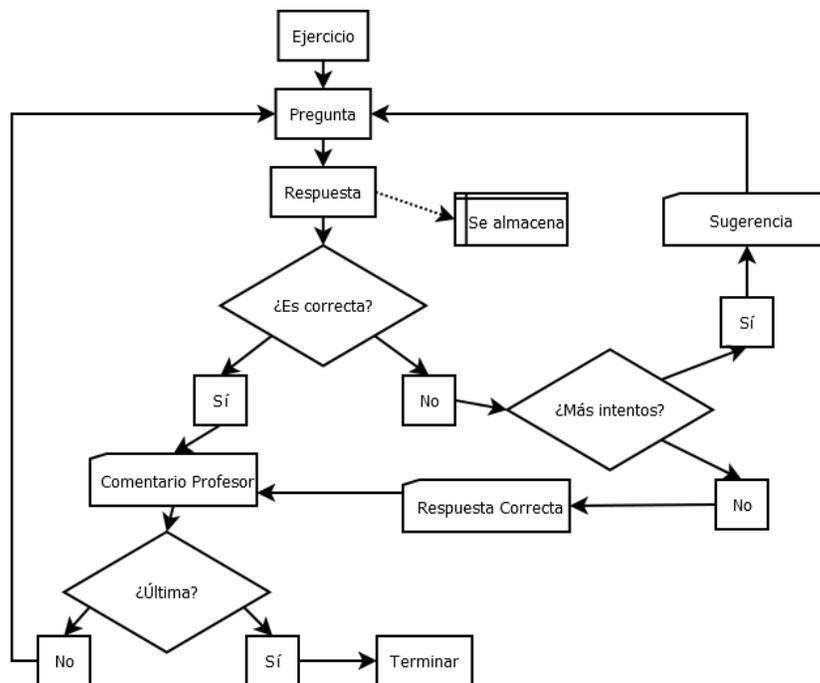


Figura 2. Diagrama de decisiones en la resolución de problemas de e-learningPhysics

El alumno se registra en la plataforma online y accede a la misma donde tiene acceso a los ejercicios propuestos por el profesor. En cada uno de estos ejercicios, el alumno, tras leer el enunciado del problema, debe ir respondiendo a una serie de preguntas sobre los conceptos y leyes fundamentales que debe aplicar para resolver el problema, así como la metodología más adecuada para la resolución. Las preguntas planteadas obedecen a una secuencia ordenada de forma que, a diferencia de otras plataformas educativas en las que el profesor puede plantear cuestionarios formados por diferentes preguntas pero éstas son independientes entre sí, en la presente aplicación el alumno no puede avanzar en la resolución del problema si no contesta adecuadamente a la pregunta anterior. De esta forma, en caso de respuesta incorrecta, la aplicación ofrece al alumno información sobre el error cometido así como una posible ayuda para encontrar la solución correcta (Figura 2). Con ello, se orienta el razonamiento del alumno hacia el método de resolución más adecuado, proporcionándole la explicación sobre el porqué de dicho método y haciéndole reflexionar sobre los conceptos teóricos en

los que se basa el problema planteado. Así, se fomenta el aprendizaje significativo frente a la resolución mecánica de los problemas en los que el alumno se limita aplicar una fórmula sin entender el motivo.

Por otra parte, la aplicación consta de una base de datos en la que se registran las respuestas de los alumnos a cada una de las preguntas de los ejercicios propuestos por el profesor (Figura 3). De esta forma, el profesor dispone de una herramienta a partir de la cual puede analizar en detalle las dificultades que los alumnos tienen a la hora de enfrentarse a la resolución de problemas, identificar los conceptos erróneos que presentan los estudiantes y, a partir de ellos, mejorar la intervención docente.

| Una masa de 500 g se la hace girar en un plano horizontal mediante una cuerda de 1 m de longitud, como indica la figura 1. | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------|--------|---|--------|---|--------|--|
| Alumno | Pregunta 1* | | Pregunta 2* | | Pregunta 3* | | Pregunta 4* | | Pregunta 5* | | |
| | Intento 1/2 | Intento 2/2 | Puntos | Intento 1/2 | Intento 2/2 | Puntos | Intento 1/1 | Puntos | Intento 1/1 | Puntos | |
| Luis Trapero Sánchez | Dos | Uno | 0,5 | El cuerpo de masa 500 g y la cuerda | El cuerpo de masa 500 g | 0,5 | Masa del cuerpo en movimiento; masa, rigidez y longitud de la cuerda; ángulo que forma la cuerda con la vertical cuando se está moviendo el cuerpo; fuerza peso; el cuerpo se mueve en un plano horizontal. | 1 | Masa del cuerpo = 0,5 Kg. Aceleración de la gravedad = $9,8 \text{ m/s}^2$ Longitud de la cuerda = 1 m Masa de la cuerda = 0 Kg. Ángulo que forma la cuerda con la vertical = 45° . El cuerpo se mueve en el plano horizontal | 1 | El ángulo a que debe girar el cuerpo; la fuerza centripeta; la tensión de la cuerda. |
| Marta Varo Martínez | Uno | | 1 | El cuerpo de masa 500 g y la cuerda | El cuerpo de masa 500 g | 0,5 | Masa del cuerpo en movimiento; masa, rigidez y longitud de la cuerda; ángulo que forma la cuerda con la vertical cuando se está moviendo el cuerpo; fuerza peso; el cuerpo se mueve en un plano horizontal. | 1 | Masa del cuerpo = 500 g. Aceleración de la gravedad = $9,8 \text{ m/s}^2$ Longitud de la cuerda = 1 m. Ángulo que forma la cuerda con la vertical = 45° | 0 | La velocidad debe girar el cuerpo; la fuerza centripeta; la tensión de la cuerda. |
| | 1/2 | 1/1 | | 0/2 | 2/2 | | 2/2 | | 1/2 | | 1/2 |

Figura 3. Base de datos de respuestas de e-learningPhysics

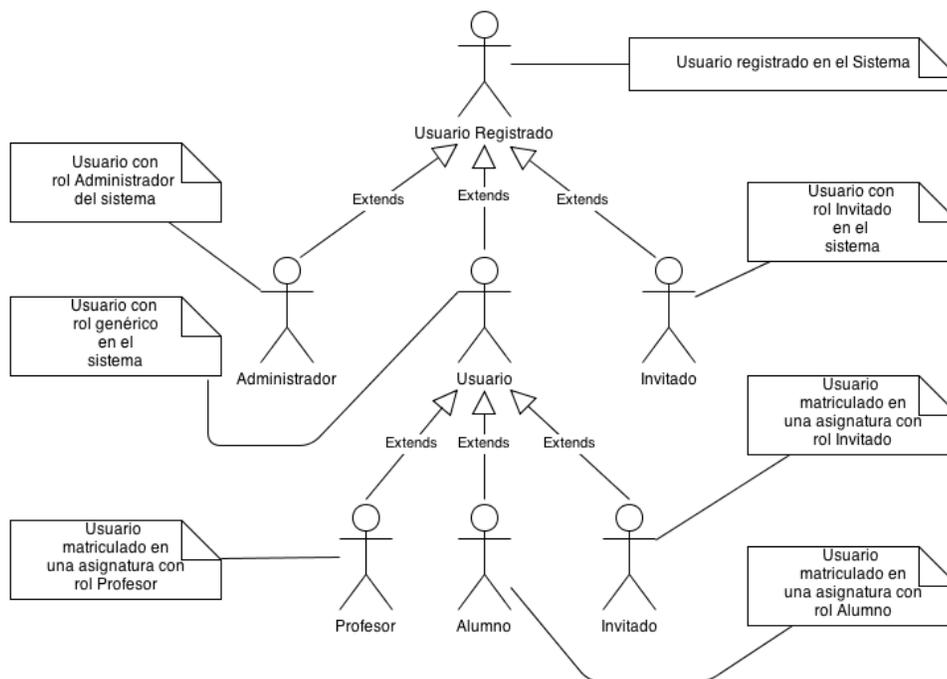


Figura 4. Roles y usuarios definidos en e-learningPhysics

De acuerdo con lo expuesto, la aplicación e-learningPhysics contempla los siguientes perfiles de usuarios (Figura 4):

- **Administrador** del sistema: se encarga de realizar todas las operaciones de mantenimiento de la aplicación en general y de las operaciones comunes relacionadas con las altas, bajas y modificaciones de los periodos lectivos, titulaciones, asignaturas y usuarios.

- **Profesor:** se encarga de configurar la asignatura de la que es responsable en la plataforma y de crear y gestionar los problemas propuestos en la misma. Además de definir la secuencia de preguntas que componen cada ejercicio, deberán diseñar el conjunto de sugerencias y ayudas adicionales que guiarán al alumno en la resolución del problema. Asimismo, decidirá el número de intentos que podrá realizar el alumno en cada pregunta en caso de respuesta incorrecta, la puntuación de cada cuestión y ejercicio, el tiempo disponible para la realización del ejercicio entre otros aspectos de interés didáctico.
- **Estudiante:** podrá registrarse en la plataforma, consultar el material proporcionado por el profesor, acceder a los ejercicios propuestos por el profesor y resolverlos en el periodo establecido y visualizar los resultados del proceso de evaluación de los ejercicios.
- **Invitado:** Se trata de un usuario que sólo puede visualizar los contenidos de una o varias asignaturas.

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

Durante el curso académico 2014/15 se han implementado en la aplicación varios problemas relacionados con los contenidos de Mecánica y Termodinámica propios de niveles de primer curso de Física Universitaria. Dicho material está disponible en la web e-learningPhysics (<http://www.uco.es/elearningphysics/>).

Una vez implementados estos ejercicios, los alumnos matriculados en las asignaturas involucradas en el proyecto, se han registrado de forma voluntaria en la plataforma y han resuelto los ejercicios planteados por el profesorado responsable de las materias.

Finalmente, los alumnos han cumplimentado una encuesta anónima, basada en escala Likert, sobre la opinión que les merece la herramienta y su utilidad para el aprendizaje de la Física. Más del 80% de los alumnos encuestados destacan que la interfaz es cómoda e intuitiva y el 91% indica que no le ha supuesto esfuerzo familiarizarse con ella. Por otra parte, respecto a la utilidad de la herramienta, el 72,8 % de los encuestados afirman que las preguntas planteadas ayudan a entender mejor los conceptos teóricos explicados en clase y el 72,7 % consideran que las sugerencias y ayudas propuestas le han orientado satisfactoriamente en la resolución de los problemas. Por ello, consideran que es un recurso didáctico interesante (81,8 % de los encuestados), de forma que el 72,8% de los encuestados da una valoración global buena o muy buena a la aplicación e-learningPhysics.

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

Tal y como se ha expuesto a lo largo de la presente memoria, con este proyecto de innovación se ha incidido en la manera en la que los alumnos se enfrentan a la resolución de problemas consiguiendo:

- Disminuir el miedo del alumnado a enfrentarse de manera autónoma a la resolución de problemas científico-técnicos.
- Hacer entender al alumnado que la resolución de problemas no es un proceso mecánico basado en la elección adecuada de una determinada ecuación de un formulario preestablecido sino a la aplicación justificada de los conceptos teóricos y que, consecuentemente, implica un estudio previo razonado de la teoría.
- Favorecer que el alumnado comprenda razonadamente el porqué de las técnicas de resolución que se aplican a cada problema y a cada paso del mismo.

De esta forma, a modo de resumen, se ha fomentado que el alumno adquiera la **competencia de razonamiento científico** aplicada a la resolución de problemas, fundamental para un alumno de ingeniería tanto durante su etapa académica como en su posterior desarrollo profesional.

Si bien la herramienta e-learning Physics, en su origen, se ha desarrollado como recurso didáctico de apoyo a la docencia de la asignatura Fundamentos Físicos de la Ingeniería I de primer curso de los Grados en Ingeniería de Electrónica Industrial y Electricidad de la Universidad de Córdoba (España), se puede extender a otras áreas de conocimiento en las que se aborde resolución de problemas de carácter científico-técnico.

7. Bibliografía.

Concari S.B. & Giorgi S.M. (2000) Los problemas resueltos en textos universitarios de física. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 18 (3), 381-390.

Garrett, R. M. (1986). Problem-solving in science education. *Estudios in Science Education*, 13, 70-95

Gil Pérez, D., Martínez Torregrosa, J., & Senent Pérez, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 131-146.

Mathan, S., & Koedinger, K. R. (2005). Fostering the intelligent novice: Learning from errors with metacognitive tutoring. *Educational Psychologist*, 40(4), 257-265.

Mestre, J. P., Docktor, J. L., Strand, N. E., & Ross, B. H. (2011). Conceptual problem solving in physics. *Cognition and education: The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 55, 269-298.

Pol, H. J., Harskamp, E. G., Suhre, C. J., & Goedhart, M. J. (2009). How indirect supportive digital help during and after solving physics problems can improve problem-solving abilities. *Computers & Education*, 53(1), 34-50.

Pol, H. J., Harskamp, E. G., Suhre, C. J., & Goedhart, M. J. (2008). The effect of hints and model answers in a student-controlled problem-solving program for secondary physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 17(4), 410-425.

Reif, F., Larkin, J. H., & Brackett, G. C. (1976). Teaching general learning and problem-solving skills. *American Journal of Physics*, 44(3), 212-217.

Sherin, B. L. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*, 19, 479-541.

8. Relación de evidencias que se anexan a la memoria

Anexo I.- Encuesta de valoración del alumnado

Anexo II.- Resultados de la encuesta de valoración

Córdoba, 26 de septiembre de 2015