

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LABORATORIOS VIRTUALES SOBRE EL ESTUDIO DINÁMICO DE SISTEMAS LIGADOS VÍA WEB

Martínez Valle, José Miguel¹, Martínez Jiménez, M^a Pilar², Pérez Martín, Pedro³, Pedrós Pérez, Gerardo⁴, Martínez Valle, Alvaro⁵, Balcaza Bautista, Teresa⁶ y Martínez Jiménez, José Miguel⁷

1,5,7: Dpto. Mecánica de los Medios Continuos
Escuela Politécnica Superior,
Universidad de Córdoba

Ed. Leonardo Da Vinci, Campus de Rabanales, Carretera Nacional IV, Km 396. 14071
e-mail: jmvalle@uco.es, melmajij@uco.es, web: <http://www.uco.es/investiga/grupos/calsime/>

2,3,4, Dpto. Física Aplicada,
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Córdoba

Ed. Albert Einstein; Campus de Rabanales, , Carretera Nacional IV, Km 396, 14071,
e-mail : falmajip@uco.es, falpepeg@uco.es, web: <http://www.rabfis15.uco.es/lvct/>

6, Dpto. Didáctica de las Ciencias
Facultad de Humanidades y C. de la Educación
Universidad de Jaén

Edificio D-2, Campus Las Lagunillas s/n, 23071 – Jaén
e-mail: terebmat@hotmail.com,

web: <http://www.ujaen.es/dep/didcie/INVESTIGACION-MATEMATICAS.ht>

Resumen. *En esta comunicación se presenta una aplicación informática, Laboratorio Virtual Web, desarrollada por nuestro equipo de investigación, y cuyo objetivo es el estudio cinemático y dinámico de Sistemas Ligados (<http://rabfis15.uco.es/sistemasligados>). Mediante el Software implementado se resuelven problemas fundamentales, aplicados a la docencia en Física y Mecánica.*

La web está orientada a la formación del alumno y al seguimiento del estudiante en su proceso de aprendizaje, de forma que el profesor pueda evaluar los conocimientos adquiridos, y al alumno, ampliar y consolidar sus conocimientos sobre el tema tratado.

Mediante esta herramienta se pretende ayudar a los estudiantes para que aprendan, estudien, e investiguen, individual y colectivamente. Además, también se posibilita para que puedan preparar los problemas con antelación a las secciones de tutorías computarizadas, y repetirlos tantas veces como precisen. Por consiguiente, usando el ordenador como una herramienta educativa complementaria, la calidad de la enseñanza de la universidad mejora. Este experimento educativo se ha llevado a cabo con los alumnos de primeros cursos de Graduados en Ingeniería Industrial con unos resultados muy favorables. Esto queda demostrado en el estudio estadístico realizado a las calificaciones de los alumnos en sucesivos años.

Palabras clave: Simulación Interactiva, Lecciones Tutorizadas, Educación Tecnológica

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen numerosas aplicaciones informáticas que tienen como principal objetivo la enseñanza y la transmisión del conocimiento. El uso del ordenador para tal fin acelera el proceso de aprendizaje de los conceptos tratados, ya que la interacción con el usuario permite que se asimilen de una forma más rápida y fácil (Romero, C.; Ventura, S.; De Bra, P., 2009)

Dentro del campo de la educación científica y tecnológica, el ordenador puede utilizarse como una herramienta de reflexión donde el alumno es protagonista de su propio proceso de aprendizaje (Ras E., Carbon R., Decker B., and Rech J., 2007; [Stefanovic M, Matijevic M, Cvijetkovic, 2009).

Desde esta perspectiva, nuestra línea de trabajo se ha enfocado al desarrollo y evaluación de aplicaciones informáticas que incluyen diferentes módulos: diagnóstico de conocimientos e ideas previas, resolución de problemas, simulaciones numéricas, laboratorios virtuales, tutoriales interactivos, etc.. Desde un punto de vista educativo la principal utilidad didáctica de la herramienta presentada, es que se ofrecen simulaciones de los fenómenos y se realizan experimentos virtuales con cierto grado de realismo de modo que el estudiante puede modificar las variables independientes o las condiciones iniciales y puede analizar los cambios que se producen en los sistemas (Martínez-Jiménez, P., Varo, M.; García, M. C.; Pedrós Pérez, G.; 2009)

Las principales ventajas de este tipo de herramientas educativas son: representación de situaciones que en la práctica son irreproducibles, idealización de las condiciones experimentales, representación de situaciones que requieren equipos costosos y complejos y de los que se disponen de pocos prototipos, el uso de modelos que representan aspectos parciales de la realidad, manipulación de procesos peligrosos, manipulación y control de variables, etc.. Pero sobre todo, puede ayudar a resolver el problema de la masificación de las aulas y laboratorios con un bajo coste, ya que se pueden utilizar las aulas de informática de los centros como soporte de infraestructura, lo cual es mucho más versátil y barato que los laboratorios experimentales, que son específicos de cada asignatura.

Por todas estas razones nuestro grupo está trabajando en el desarrollo, aplicación y evaluación de laboratorios virtuales y su utilización con los alumnos, disponiendo de una serie de resultados esperanzadores que se han expuesto en otros trabajos (Redel-Macias, MD; Martínez-Jiménez, P., and Cubero-Atienza, A. 2011).

Con el fin de unificar las aplicaciones informáticas desarrolladas y ayudar al alumno en su proceso de autoaprendizaje, se ha creado un servidor web (<http://rabfis15.uco.es/>) en el que se han alojado las diferentes aplicaciones, tanto las que se descargan y posteriormente se instalan en el ordenador personal, como aquellas otras que se pueden ejecutar directamente en la red. Así mismo se ha dispuesto de unas páginas asociadas a cada profesor y asignaturas en las que se distribuye al alumno los guiones de prácticas, tanto simuladas como experimentales, temas, cuestiones y problemas.

Por otra parte y con el fin de paliar la escasez de software existente, se ha elaborado un laboratorio virtual vía web en el cual se resuelven problemas fundamentales en el estudio cinemático y dinámico de sistemas ligados, aplicados a la docencia en física y mecánica (<http://rabfis15.uco.es/sistemasligados/frameset1.htm>) y que proporciona

información teórica y práctica sobre los diferentes problemas planteados. La web está orientada al aprendizaje del alumno y al seguimiento por parte del tutor al mismo, de forma que el profesor pueda evaluar los conocimientos desarrollados, y al alumno, ampliar y consolidar sus conocimientos sobre la mecánica de los sistemas ligados.

Como conclusión, la utilización de un laboratorio virtual posibilita la divulgación de información a los usuarios del mismo, y la enseñanza de conceptos teóricos y prácticos mediante la experimentación, haciendo uso de las nuevas tecnologías. Además, la difusión del software a través de Internet, facilita que cualquier profesional o alumno interesado en el tema tratado pueda hacer uso del laboratorio y beneficiarse de sus prestaciones, consiguiéndose así un complemento didáctico de las clases teóricas tradicionales (Avouris, N.M. Tselios, N.; Tatakis, E. C.; 2001).

2. IMPLEMENTACIÓN DE LOS LV EN EL CONTEXTO GENERAL DE LAS ASIGNATURAS DE FUNDAMENTOS FÍSICOS EN INGENIERÍA

El desarrollo, en los departamentos de Física Aplicada y Mecánica de los Medios Continuos en la EPS, de aplicaciones informáticas con fines didácticos, se inició durante curso académico de 1988-1989. En el curso 1991-1992 se empezaron a impartir a los alumnos de la diplomatura de informática, clases experimentales de simulación de fenómenos físicos; publicando un primer artículo en la revista *Enseñanzas de la Ciencias*, en el año 1994 (León, J. et al. 1994), sobre los resultados didácticos obtenidos y en el que se describía la aplicación informática.

Desde ese curso académico, 1991-1992, se ha generalizado la impartición de prácticas simuladas junto con las prácticas experimentales, en los departamentos de Física Aplicada y Mecánica de los Medios Continuos en la EPS a todos los alumnos de primero de las asignaturas de Física y Mecánica de las diferentes ingenierías.

Práctica	Lugar de realización
Introducción L. : Tratamiento de datos	Aula del Aulario
Estudio Simulado de la dinámica de Sistemas Ligados	C. de cálculo, Aulario
Osciloscopio Virtual (1)	C. de cálculo, Aulario
Estudio Circuitos: Leyes de Kirchoff	Lab. Electricidad, C-2
Circuitos simples Simulados	C. Cálculo, Aulario
Estudio de circuitos de Corriente alterna: RL, RC y RLC	Lab. Electricidad, C-2
Determinación experimental de la velocidad del sonido	Lab. Sonido, C-2
Estudio simulado y experimental de algunas propiedades del sonido	C. Cálculo y Lab. Sonido, aulario y C-2
Estudio simulado y experimental de óptica geométrica: Formación de imágenes	C. Cálculo y Lab. Sonido, aulario y C-2

Tabla 1. Disposición general de prácticas de Física de Industriales

Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior

En la tabla 1 se muestra, a modo de ejemplo, la planificación general de las prácticas, simuladas y experimentales, durante los cursos 2008-2009 y 2009-2010 de la asignatura Fundamentos Físicos de la Ingeniería.

Como puede observarse, hay tres prácticas realizadas en el centro de cálculo, bajo la dirección de los profesores de prácticas. De las restantes experimentales, en dos de ellas, sonido y óptica geométrica, los alumnos han de realizar, previamente y de forma autónoma, las prácticas simuladas correspondientes. Con ello se pretende que conozcan el modo de trabajar, prevean los resultados y puedan comparar los resultados obtenidos mediante simulación con los experimentales.

3. OBJETIVOS DEL SOFTWARE IMPLEMENTADO

El objetivo principal de este trabajo ha sido paliar las carencias que tienen los alumnos de estudios técnicos a la hora de adquirir conocimientos y realizar prácticas en laboratorios, concretamente en las prácticas correspondientes a la experimentación con Sistemas ligados

Otros objetivos alcanzados son:

- **Objetivo 1:** Se ha desarrollado un sistema multimedia que incluye una amplia información, que creemos necesaria a la hora de formar a un alumno en el campo de la mecánica de Sistemas Ligados
- **Objetivo 2:** Permite al usuario familiarizarse con algunos de los dispositivos utilizados en la construcción de Sistemas Ligados a través de la simulación y visualización de su funcionamiento en diversos puestos de trabajo y favorece la enseñanza de la cinemática y dinámica de diferentes Sistemas Ligados, aplicando las leyes de Newton a los mismos.
- **Objetivo 3:** Funciona en entorno “multiplataforma”; además, la aplicación puede ser utilizada bajo cualquier plataforma, ya sea linux, windows, etc.
- **Objetivo 4:** Reproducir esquemas de los sistemas reales para que los alumnos puedan visualizar los problemas planteados.

4. DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO VIRTUAL

El Software (<http://rabfis15.uco.es/sistemasligados/frameset1.htm>) está estructurado en tres apartados bien diferenciados: Tutorial, Simulación y Ayuda.

4.1. Interfaz General

La interfaz de un sistema informático debe ser lo más sencilla, intuitiva y atractiva posible, de forma que permita al usuario interactuar con la máquina y conseguir una ejecución óptima de las prestaciones que le ofrece la aplicación desarrollada (Pressman, R.S.; 2005). Las características que cumplen nuestro sistema son expuestas a continuación:

Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior

- Facilita la navegación del usuario por los distintos parámetros que incluye la aplicación, presentándolos de una forma ordenada para así evitar su confusión.
- Acomoda los elementos de la interfaz de manera que su posición en la pantalla facilite la transición entre el pensamiento del usuario y la acción a realizar.
- La aplicación es intuitiva y atractiva. Para ello, se debe incluir si es necesario, toda la información necesaria para guiar la realización de las actividades del usuario.
- Existe un exhaustivo control de datos erróneos de forma que no se pueden ofrecer unos resultados equivocados a los usuarios además de ofrecer mensajes informativos con el error cometido.
- Fluidez y rapidez en la carga de las diferentes pantallas.
- Diseño intuitivo, estándar y semejante, en la medida de lo posible, a otras situaciones propias de la forma de pensar del usuario.
- Realización de operaciones que no cargan excesivamente la ejecución y actuación de la máquina.

Así, la arquitectura final de la interfaz es la siguiente:

- Pantalla de Presentación: informa de los datos identificativos de la aplicación (título, temática tratada, y autores) (Figura 1).

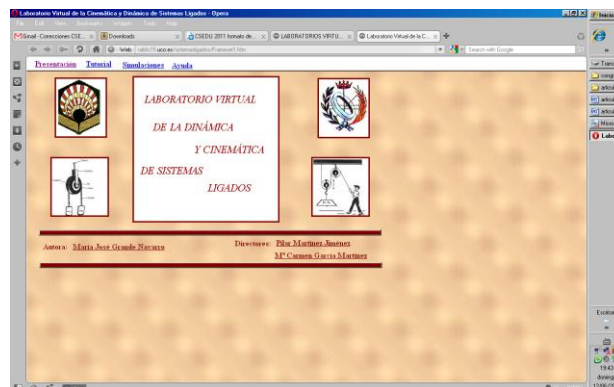


Figura 1: Pantalla de Presentación

- Interfaz Principal: Introduce al resto de las pantallas modulares existentes en el sistema a través de iconos representativos de su contenido. Las pantallas submodulares a las que da acceso son las siguientes:
 - Módulo Tutorial Teórico.
 - Módulo Ayuda.
 - Módulo Simulación

4.2. Módulo Tutorial Teórico

El Tutorial muestra de manera clara y concisa, mediante la utilización de imágenes y esquemas, los conceptos básicos del tema a tratar; las leyes fundamentales y los procedimientos más conocidos que se utilizan en el análisis práctico de la Dinámica y Cinemática. (Figura 2)

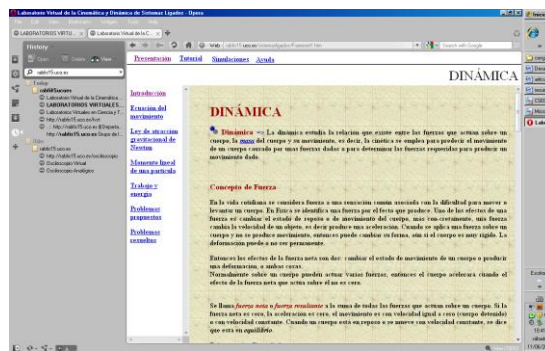


Figura 2: Tutorial del Laboratorio Virtual Sistemas Ligado

4.3. Módulo Ayuda

En este módulo el usuario puede consultar sobre cualquier opción del programa y obtener explicación sobre la manipulación del software y como trabajar con él.

4.4. Simulación

Interfaz del laboratorio: nos conduce a nuevas interfaces submodulares de las simulaciones de la aplicación. Las interfaces submodulares a las que da acceso son las siguientes:

- Movimiento de una masa sobre un plano inclinado
- Movimiento de 2 masas y 1 polea sobre doble plano inclinado
- Movimiento de 2 masas y 1 ó 2 poleas sobre plano horizontal/vertical
- Movimiento de 2 masas y 1 polea sobre un plano inclinado/horizontal
- Movimiento de 3 masas y 2 poleas sobre un plano inclinado/vertical
- Movimiento de 2 masas sobre un plano inclinado
- Movimiento ligado de dos poleas
- Movimiento de 3 masas y 1 polea sobre una plano inclinado/vertical
- Movimiento de 3 masas sobre un plano vertical ó horizontal
- Movimiento de 2 masas y 2 poleas promovidas por 1 fuerza (figura 3)

El estudio realizado muestra las aceleraciones, fuerzas, espacios etc..., de cada uno de los elementos que lo integran. En todos los estudios se muestran el esquema de fuerzas y en algunos de ellos se realiza el estudio de la variación de fuerzas y energía en función de variables tales como masas y ángulos crecientes (Figura 4).

5. RESULTADOS Y EVALUACIÓN DIDÁCTICA

Con el fin de comprobar el grado de influencia de las prácticas virtuales en el proceso de aprendizaje, se han comparado los resultados de prácticas de los últimos cinco cursos académicos:

De los 160 alumnos matriculados en cada curso académico, se dieron de alta, a través de <http://www3.uco.es/amoodle/course/>, aproximadamente 100. Esta es condición imprescindible para realizar las prácticas y por tanto en definitiva para superar la asignatura, por lo que los otros 60 alumnos no llegaron a comenzar el curso.

Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior

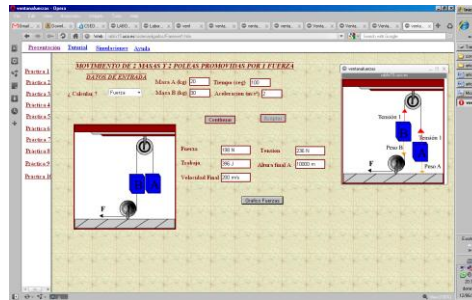


Figura 3: Estudio cinemático y dinámico del sistema mostrado

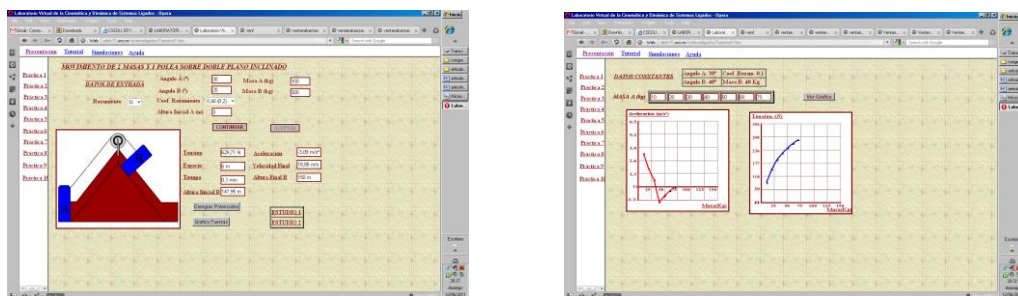


Figura 4. Movimiento de 2 masas y 2 poleas promovidas por 1 fuerza

De los 100 alumnos que comenzaron el curso, aproximadamente el 90 % realizaron las prácticas experimentales reales y virtuales, entregando, posteriormente, las memorias.

La evaluación de los programas utilizados se realizó a través de la evaluación de las memorias individuales que entrega el alumno al finalizar la experiencia y de unos cuestionarios complementarios sobre los temas tratados.

El análisis de la evaluación se realizó a partir de la clasificación de los resultados obtenidos por los estudiantes y estableciéndose tres categorías de conocimiento que son los siguientes: Abandonos, Suspenso, Superan.

En la gráfica que se muestra en la Figura 5 aparecen los resultados académicos de los últimos cinco años, en los que se presenta la frecuencia de abandonos, suspenso y superación de las prácticas para cada uno de los cursos indicados.

Los resultados obtenidos nos muestran que en los tres últimos años ha descendido el número de alumnos que han abandonado las prácticas y por consiguiente la asignatura. Además en los últimos años en los que se aumentado y coordinado las prácticas virtuales ha ido disminuyendo el tanto por ciento de los alumnos suspenso y aumentando la frecuencia de los alumnos que han mejorado sus resultados en los trabajos prácticos. Con lo cual deducimos que la puesta a punto e implementación de las prácticas virtuales en coordinación con las experimentales produce una mejora de la enseñanza.

Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior

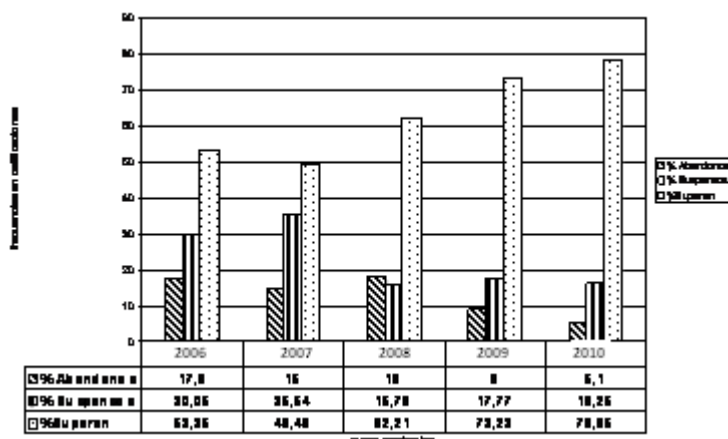


Figura 5. Estudio estadístico de los resultados obtenidos en las calificaciones

6. CONCLUSIONES

En primer lugar se ha implementado una aplicación web que tiene las siguientes características:

- Permite suplir las carencias formativas de los potenciales usuarios en el ámbito de la aplicación.
- Permite a los usuarios realizar las simulaciones sin restricciones de tiempo ni horarios, lo que facilita su acceso.
- La herramienta puede usarse con todos los navegadores, independientemente de la plataforma usada y sistema operativo.
- Tiene un marcado carácter educativo, estando estructurado su uso para que el usuario realice la navegación con el orden necesario para maximizar el aprovechamiento.

*Se ha cuidado el diseño de la interfaz para que la navegación se realice de una forma fácil y dinámica.

- El módulo de ayuda solventa al usuario aquéllos posibles problemas de navegación por la aplicación que le puedan surgir.
- La información teórica es redactada de una manera clara y sencilla.
- El software permite realizar simulaciones con los datos que desee y repetir las tantas veces como quiera para comparar resultados, y observar después las animaciones correspondientes, incrementando el grado de interacción del alumno en la aplicación.

El portal web desarrollado se ha utilizado con los alumnos como herramienta de aprendizaje, incorporándolo a las tareas propias de la asignatura.

La evaluación de los resultados de las calificaciones de los alumnos han demostrado que la utilización de las herramientas informáticas de simulación de fenómenos físicos, laboratorios virtuales, favorece el interés de los alumnos por la asignatura y mejoran

dichas notas, ya que ayudan a elevar el nivel de conocimientos de los conceptos teóricos-prácticos y enseñan las técnicas de resolución de problemas.

REFERENCIAS

Avouris, N.M. Tselios, N.; Tatakis, E. C.; (2001); Development and Evaluation of a Computer-Based Laboratory Teaching Tool; *Computer-based laboratory teaching tool*, pp. 8-19

Becerra VM; (2004) “Solving optimal control problems with state constraints using nonlinear programming and simulation tools”, *IEEE Transactions on education*, Vol. 47 (3), pp. 377-384

Lee WJ, Gu JC, Li RJ, et al. (2002) “A physical laboratory for protective relay education” *IEEE Transactions on education* Vol. 45, (2) pp. 182-186.

Leon Alvarez, J.; Martínez-Jiménez, P.; Pontes-Pedrajas, A. (1994) “Simulación mediante ordenador de movimientos bidimensionales en medios resistivos” *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1 (12) pp. 30-38

Martínez-Jiménez, P., Varo, M.; García, M. C.; Pedrós Pérez, G.; Martínez-Jiménez, J. M.; R. Posadillo, R.; Varo-Martínez, E.P.; (2009) Virtual web sound laboratories as an educational tool in physics teaching in engineering, *Computer Applications in Engineering Education*, Published Online: May 6

Pressman, R.S.(2005) Ingeniería del software: un enfoque práctico.. Ed. McGraw-Hill. pp.958; ISBN 978 970 10 5473 4.

Ras E., Carbon R., Decker B., and Rech J. (2007) Experience Management Wikis for Reflective Practice in Software Capstone Projects, *IEEE Transactions on education*, Vol.. 50, N. 4, pp. 312-320.

Redel-Macias; MD.; Martínez-Jimenez, P; and Cubero-Atienza, A. (2011) E-learning applied for training on safety and hygiene in electronics engineers degree, *Proceeding of CSEDU 2011 3Th International Conference on Computer Supported Education*, Amsterdam, Holland, 4-11 may.

Romero, C.; Ventura, S.; De Bra, P.; (2009) Using mobile and web-based computerized tests to evaluate university students, *Computer Applications in Engineering Educations*, 435-447, Published Online: Jan 22

Stefanovic M, Matijevic M, Cvijetkovic V, (2009) Web-Based Laboratories for Distance Learning, *International Journal of Engineering Education* , 25, 5 Special Issue: Sp. Iss. SI p. 1005-1012.