

EXPERIMENTAR DESDE CASA: ACTIVIDADES PRÁCTICAS PARA TITULACIONES TÉCNICAS BASADAS EN SIMULACIONES INTERACTIVAS EN ENTORNOS WEB

Fernando Gómez Bravo
Universidad de Huelva
fernando.gomez@diesia.uhu.es

Diego López García
Universidad de Huelva
diego.lopez@diesia.uhu.es

Marcos del Toro Peral
Universidad de Huelva
marcos.deltoro@diesia.uhu.es

Indalecia Jerez González
IES. Fuente Juncal
lecijerez@gmail.com

Juan Carlos Fortes Garrido
Universidad de Huelva
jcfortes@uhu.es

Jacinto Mata Vázquez
Universidad de Huelva
mata@uhu.es

Resumen

Este artículo fundamenta el uso de las simulaciones interactivas dentro de las prácticas docentes en las titulaciones de carácter técnico. Adicionalmente se describen dos plataformas utilizadas en experiencias reales, y su integración en el desarrollo curricular. Así mismo se describe cómo estas actividades se pueden incluir en la práctica docente habitual.

Introducción

La implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) está favoreciendo la aplicación de nuevas estrategias docentes, muchas de ellas encaminadas a fomentar el trabajo y el aprendizaje autónomo. Adicionalmente, el rápido desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y comunicación ha propiciado que los alumnos y alumnas puedan interactuar con material docente desde accesos remotos (su casa por ejemplo). Como consecuencia de estos hechos, cada vez son más numerosas las experiencias que fomentan el trabajo autónomo mediante la realización de actividades utilizando entornos web interactivos (Guzmán y otros, 2005; Rodríguez y otros, 2006). En este sentido, el concepto de interactividad está vinculado a la respuesta activa del entorno frente a las posibles acciones del estudiante. De esta forma, el entorno interactivo ha de configurar un espacio infinito de posibles acciones que el usuario o usuaria puede decidir realizar (Sánchez y otros, 2004). Entre las capacidades de la aplicación interactiva hay que destacar la exposición animada del sistema vinculado. Ésta, permite al alumnado asociar su propio conocimiento empírico (la previsión del comportamiento de un sistema conocido) a los nuevos conceptos planteados (la expresión genérica de un sistema dinámico), convirtiéndolos en algo mucho más asequible. Se desarrolla así un ejemplo de “aprendizaje significativo” tal y como lo definiera David Ausubel (1983).

En otro orden de cosas, la realización de actividades prácticas representa un elemento fundamental en el programa de las asignaturas que conforman el currículo de los estudios de ingeniería. Dichas actividades están enfocadas a incentivar, por una parte, las competencias operativas (saber hacer) y por otro las competencias cognitivas (entender lo que se hace). De acuerdo con este planteamiento, se suelen programar dos tipos de actividades docentes: la experimentación práctica y la experimentación conceptual. La primera presta atención a la interacción con los equipos reales y la segunda a la interacción con los fundamentos conceptuales necesarios para afrontar las realizaciones prácticas.

No obstante, la experiencia ha mostrado que la densa descripción matemática de los sistemas suele ser el principal obstáculo para su comprensión. A pesar de que el currículum formativo del alumnado lo capacita para abordar la formalidad matemática de diversos conceptos teóricos, puede que éste no goce de la necesaria soltura para realizar un aprendizaje eficiente. Como consecuencia, a menudo se observa que los alumnos y alumnas realizan las actividades prácticas utilizando de forma mecánica los métodos

aprendidos, sin poder asegurar que el conocimiento implícito en tales métodos, aquel que trasciende la mera forma matemática, ha logrado arraigar en sus mentes.

Es en este marco donde el material elaborado por los autores de este artículo tiene especial relevancia. El espíritu fundamental que inspira este trabajo persigue brindar al alumnado la oportunidad de que se familiarice con los problemas prácticos a través de simulaciones interactivas. Dichas simulaciones emulan el funcionamiento de algunos de los sistemas estudiados en clase, permitiendo que los alumnos pongan a prueba los conceptos estudiados previamente, preparándolos para la posterior realización de las prácticas. Por tanto, no se trata de sustituir el trabajo del laboratorio sino de complementarlo, de forma que los alumnos puedan también trabajar en casa, vía Internet, aquellos contenidos y conceptos que se han previsto desarrollar y afianzar.

En este artículo se describe el material de simulación elaborado por los autores usando la plataforma de desarrollo Easy Java Simulator, la cual permite que las simulaciones interactivas sean accesibles mediante un entorno Web, (Esquembre y otros, 2006; Esquembre, 2004). Las simulaciones son utilizadas en actividades académicamente dirigidas, planteándose una serie de cuestiones que el alumnado tiene que resolver, en casa, trabajando desde una conexión a INTERNET.

Este artículo aborda la descripción de dos entornos de simulación y su integración dentro de las actividades prácticas y los objetivos conceptuales y procedimentales que se pretenden alcanzar. Estas actividades se ubican dentro de las titulaciones de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas y Gestión (ITIF), Ingeniería Técnica Industrial (ITIN) e Ingeniería Informática (IF). El artículo se estructura de la siguiente forma: en primer lugar se describe la ubicación curricular de los entornos de simulación desarrollados; a continuación se detalla el entorno web de simulación de sistemas, y se explica cómo estas actividades se pueden incluir en la práctica docente habitual. El artículo termina con las conclusiones, los agradecimientos y la bibliografía.

Ubicación curricular

Las actividades que a continuación se describen han sido experimentadas en varias asignaturas de las titulaciones citadas: Dinámica de Sistemas (3^{er} Curso de ITIF), Instrumentación y Control Industrial (3^{er} Curso ITIF) y Automatización Industrial (3^{er} Curso ITIN) y Ampliación de Robótica (5^o Curso de IF). En todas ellas se familiariza al alumno con el concepto de sistemas dinámicos y automáticos. Básicamente las tres áreas de atención principales son: instrumentación (sensores y dispositivos transductores), actuadores y por último sistemas de control. En torno a estos conceptos existe un contenido fundamental que abarca la identificación, modelado y caracterización de los sistemas. De esta piedra angular se parte para el estudio de las características dinámicas de los sensores (Pallas, 1987), el diseño de los elementos de control más elementales, como los PID (Ogata, 1993) y la caracterización cinemática de los vehículos autónomos (robots, Ollero, 2001) .

Las actividades que a continuación se presentan tienen como fin reforzar, mediante la interactividad que ofrecen los *'applets'* de JAVA, la comprensión de ciertos conceptos teóricos, fundamentales para afrontar los ejercicios prácticos de laboratorio. A veces, se trata de emular sistemas ideales, que no se encuentran directamente en el laboratorio, pero cuyas características los hacen idóneos para enlazar el desarrollo teórico de la asignatura con las prácticas. En otras ocasiones se trata de simular sistemas reales, de forma que se adquieren y afianzan determinados conocimientos antes de realizar la interacción con los equipos reales.

Las simulaciones desarrolladas permiten la simulación visual de distintos sistemas cuya configuración es posible elegir por el usuario. Los parámetros de la simulación se establecen con controles sencillos. En tiempo real, las modificaciones realizadas por el alumnado pueden observarse en distintas gráficas. En conjunto la aplicación supone un laboratorio virtual mediante el cual el alumno puede simular los experimentos más relevantes para los conceptos de estudio.

El uso de la aplicación dentro de las asignaturas se concreta en la proposición de unos ejercicios cuyas respuestas deben ser encontradas experimentando con la simulación. Así, a los tradicionales problemas matemáticos ya explicados se les añadió subapartados que implicasen el manejo y la visualización de los resultados obtenidos sobre la herramienta. De esta forma, los alumnos y alumnas que no han logrado comprender el comportamiento y la descripción matemática de los sistemas disponen de un elemento adicional que, añadido a todo el trabajo anteriormente desarrollado, permite acercar el logro de los objetivos docentes deseados.

A continuación, se describen dos entornos de simulación, cada uno de ellos utilizados para trabajar distintos objetivos conceptuales. El primero se ha aplicado para reforzar el concepto de comportamiento dinámico, y complementa las prácticas de análisis de sistemas y controladores. El segundo se ha utilizado para mejorar el conocimiento sobre el comportamiento cinemático de los vehículos que tradicionalmente se utiliza para el diseño de robots móviles.

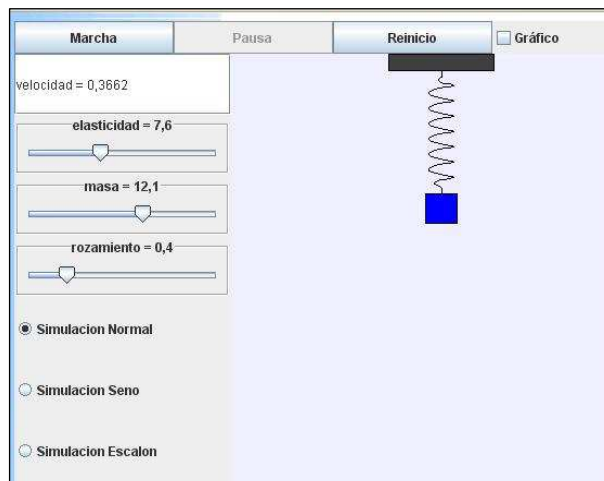
Entornos de Simulación vía WEB

Comportamiento de sistemas amortiguados lineales

Con las actividades asociadas a esta simulación se pretende estudiar los distintos comportamientos de un sistema de segundo orden amortiguado; a saber: sobreamortiguado, críticamente amortiguado y subamortiguado (Ogata, 1993).

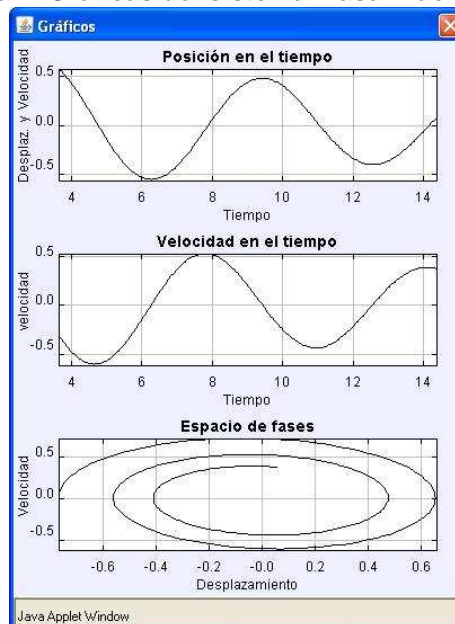
La simulación representa a un objeto de masa M colgando de un muelle amortiguado sujeto a un plano fijo. En la Figura 1 se puede observar el interfaz gráfico correspondiente a esta simulación. El alumnado puede modificar la constante elástica del muelle, la masa del objeto y la constante de rozamiento, así como optar por tres tipos distintos de simulaciones.

Figura 1. Interfaz de la simulación “Masa solidaria a un muelle”



La *simulación normal* permite desplazar la masa simplemente arrastrándola con el ratón, hasta la posición inicial deseada. La *simulación seno* permite someter a la masa a una fuerza senoidal, siendo su frecuencia y amplitud configurables por el alumnado. Por último, la *simulación escalón* permite al alumno o alumna someter a la masa a una perturbación tipo escalón, pudiendo elegir en este caso tanto la amplitud del escalón como el instante de tiempo en el que se produce el mismo. En los tres casos, al pulsar el botón “Marcha” se inicia la simulación y el alumnado puede observar la evolución del sistema. A su vez, si se selecciona la opción “Gráfico”, se muestra una ventana independiente, como la que se observa en la Figura 2, con varias gráficas para un análisis más exacto del comportamiento del sistema. Más concretamente, se muestran la evolución en tiempo real de la posición y la velocidad de la masa en el tiempo, y el espacio de fases, en el que las variables de estado serían precisamente la velocidad y la posición.

Figura 2. Gráficas del sistema masa-muelle



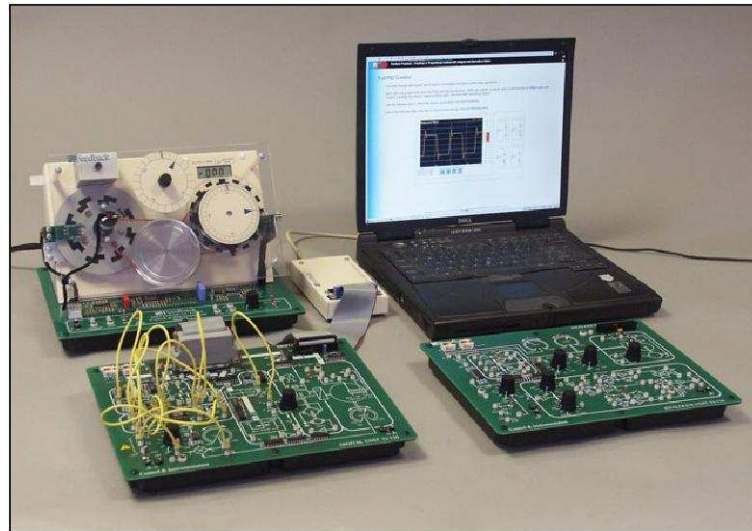
Son innumerables las posibles actividades que pueden realizarse con este entorno. La primera es la relacionada con la obtención de distintos comportamientos según el valor de los parámetros. En las actividades se pide al alumnado que identifique cada uno de los comportamientos y prediga en base a las ecuaciones matemáticas conocidas la evolución temporal del sistema.

Otra actividad significativa es la relacionada con las características transitorias de los sistemas como el sobre-impulso, el tiempo de subida, el tiempo de pico, la sobre-amortiguación, etc. En los ejercicios se solicita que el alumnado relacione los valores obtenidos en la simulación con los valores que predicen las ecuaciones.

Todas estas experiencias sirven para completar y complementar las experiencias que se realizan en el laboratorio con la maqueta “*Servo Fundamentals Trainer*” de la empresa *Feedback*, que se muestra en la Figura 3. Esta maqueta consiste en un motor de corriente continua con un par de sensores acoplados que proporcionan tensiones proporcionales a la posición (ángulo girado) y la velocidad de giro del motor. Cuando al motor se le aplica un control proporcional de la orientación, éste se comporta de forma similar al sistema muelle/masa presentado en la simulación. A partir de este hecho, se le solicita al alumnado que analice el efecto de la ganancia del controlador en el comportamiento del sistema y lo relacione con los resultados anteriormente obtenidos.

La maqueta también dispone de una unidad analógica desde la que poder aplicar al motor distintos tipos de entradas y medir las tensiones proporcionadas por los sensores. De esta forma es posible aplicar al motor las mismas entradas que en la simulación, ver cómo se comporta un sistema real y compararlo con el sistema simulado.

Figura 3. “Servo Fundamentals Trainer”



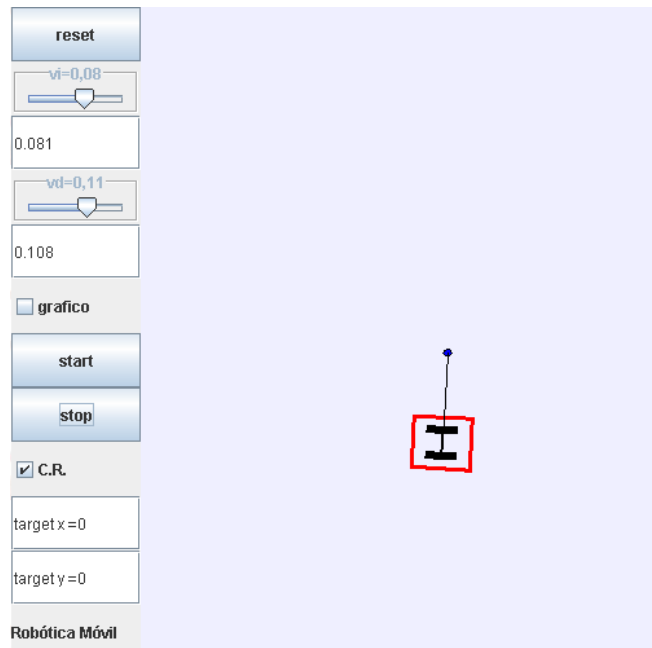
Para complementar las experiencias, se ha implementado una aplicación en LabView con la que, conjuntamente con la tarjeta de adquisición de datos PCL-812, capturar los datos de entrada y salida del sistema. Estos datos pueden ser visualizados en tiempo real en la propia aplicación LabView o guardados en disco para su posterior análisis.

Simulaciones Cinemáticas de Robots Móviles

El objetivo de este entorno es familiarizar al alumnado con las características cinemáticas de las plataformas móviles más utilizadas en robótica móvil. Se han desarrollado dos entornos de simulación: uno correspondiente a los sistemas de conducción diferencial y otro a los de configuración triciclo. En una primera simulación se presenta un robot de cinemática diferencial, ver Figura-4. En este caso, los parámetros que puede controlar el estudiante son la velocidad de giro de ambas ruedas (v_i y v_d).

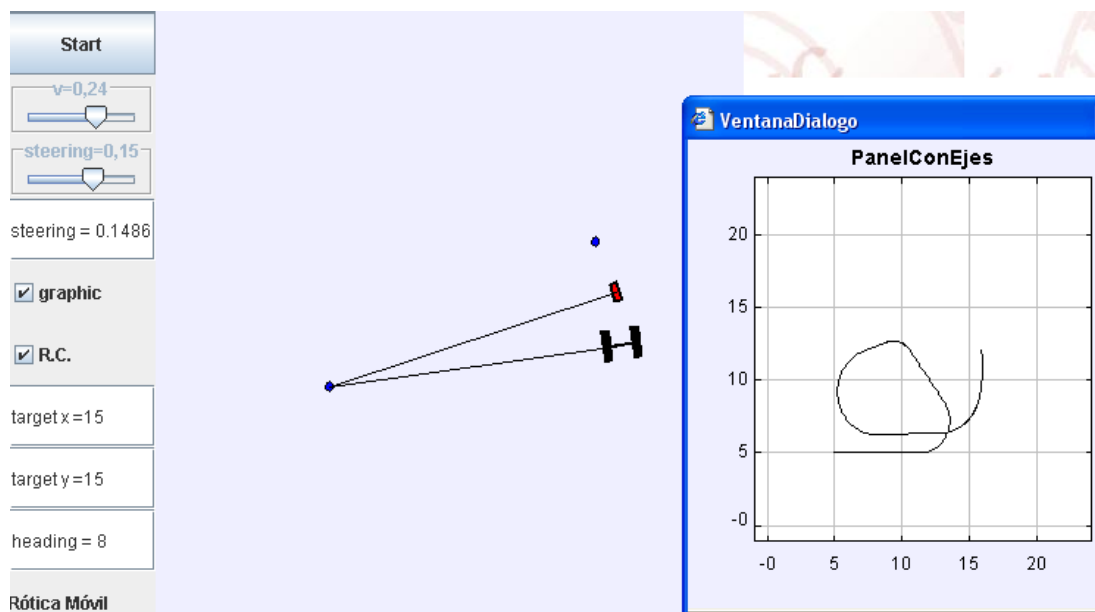
El entorno ofrece la posibilidad de mostrar un gráfico de la trayectoria para que el alumnado sea consciente del tipo de trayectoria generada cuando se modifican los parámetros de control. Adicionalmente, se ofrece la posibilidad de representar el centro instantáneo de rotación. De esta forma, se aborda el estudio del control de movimiento pues la variación de este parámetro (que es función de la velocidad de la ruedas) determina el movimiento del robot. Finalmente se incluye una ventana donde pueden configurarse las coordenadas de un punto destino (*target*). Este punto será utilizado para el estudio de algoritmos de seguimiento (*path-tracking*, Ollero, 2001).

Figura 4. Robot diferencial



En la Figura 5 se muestra el entorno de simulación para la cinemática triciclo con todas las posibles alternativas activadas. En este último entorno existen dos parámetros para controlar el movimiento del robot, la velocidad de tracción de las ruedas traseras (v) y el ángulo de la rueda delantera (*steering*)

Figura 5. Robot triciclo



Estas simulaciones se emplean cuando se aborda el estudio de robots móviles. En primer lugar se insta a los alumnos y alumnas a que, a partir de las ecuaciones que definen el modelo cinemático de las plataformas móviles, traten de predecir el comportamiento del robot para unos determinados valores de los parámetros de control. Posteriormente se pide que corroboren sus predicciones interaccionando con la plataforma de simulación. Una vez familiarizados con las características y comportamiento del robot se inicia el estudio de los

algoritmos de seguimiento, para lo cual los estudiantes han de determinar una ley de control adecuada que haga que el robot converja al punto deseado (*target*). De nuevo, tras el estudio teórico se pide a los alumnos y alumnas que realicen sus cálculos para conseguir que el robot simulado desde una configuración arbitraria se mueva hasta el punto deseado.

Conclusiones

En este artículo se han presentado las experiencias docentes realizadas mediante la utilización de simulaciones interactivas en entornos web. Se ha justificado la ubicación de dichas actividades dentro del currículo de distintos estudios de ingeniería y se han descrito los entornos de simulación. La implantación de este tipo de recursos didácticos, bajo la perspectiva que da la implantación de nuestra experiencia, está demostrando ser una herramienta a favor del trabajo autónomo del alumno, y un estímulo que facilita la comprensión de numerosos conceptos abstractos. Asimismo, sirve para facilitar la transferencia del conocimiento teórico a la realización de actividades prácticas de laboratorio.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido parcialmente financiado por el Vicerrectorado de Tecnología, Innovación y Calidad de la Universidad de Huelva, en convocatoria competitiva resuelta por el Servicio de Innovación Docente.

Bibliografía

- Esquenbre, F., Martín, E., Christian, W. y Belloni, M. (2006). *FISLET, Enseñanza de la Física con material Interactivo*. Madrid, Ed. PrenticeHall.
- Esquenbre, F. (2004). *Creación de simulaciones Interactivas en JAVA*. Madrid, Ed. PrenticeHall.
- Ausubel, N.H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo* (2a ed.). México, Ed. TRILLAS.
- Payas Areny, R. (1987). *Instrumentación Electrónica Básica*. Madrid, Marcombo Boixareu.
- Ogata, K. (1993). *Ingeniería de Control Moderna*. Ed. Prentice-Hall.
- Ollero, A. (2001). *Robótica: manipuladores y Robots Móviles*. Barcelona, Marcombo Boixareu.
- Rodríguez, F., Berenguel, M., Guzmán, J.L. y Dormido, S. (2006). A virtual course on automation of agricultural systems. *International Journal of Engineering Education*, 22(6):1197–1209.
- Guzmán, J.L., Berenguel, M., Rodríguez, F. y Dormido, S. (2005). Web-based remote control laboratory using a greenhouse scale model. *Computer Applications in Engineering Education*, 13(2):111–124.
- Sánchez, J., Dormido, S., y Esquenbre, F. (2004). The learning of control concepts using interactive tools. *Computer Applications in Engineering Education*, 13(1):84–98.