

Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física

L. Rosado^{*1}, J. R. Herreros²

¹ Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Juan del Rosal 16, 28040 Madrid, Spain

² Universidad Carlos III de Madrid, Avenida de la Universidad 30, 28911 Leganés (Madrid), Spain

Exponemos, en primer lugar, *algunas aportaciones didácticas de los e-laboratorios (virtuales y remotos) en la enseñanza de la Física*, así como sus *ventajas e inconvenientes*. En segundo lugar, describimos la *aplicación de un laboratorio virtual de electromagnetismo (LVE), basado en simulaciones interactivas, mediante applets de Java, como herramienta complementaria de los medios didácticos tradicionales, tanto en el aula como en el laboratorio*, en la asignatura de *Física del primer curso de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión, de la Universidad Carlos III de Madrid*.

Keywords Applets; e-laboratorios, Física; laboratorio remoto; laboratorio tradicional; laboratorio virtual

1. Introducción

La *estructuración de información mediante sistemas hipermedia y multimedia, y las redes de comunicación de área extendida*, es decir, *Internet*, son herramientas valiosas en la *creación de sistemas de apoyo al aprendizaje*, de materias dotadas de una componente práctica no muy fuerte. Una de las soluciones de *e-learning* más interesantes son los *e-laboratorios*. Trasladando este entorno a la enseñanza actual, los *elementos necesarios para abordar la realización de actividades prácticas son los laboratorios virtuales (LV) y remotos (LR), accesibles a través de Intranet, Internet o ambientes computacionales, donde el alumno realiza las prácticas de una forma lo más similar posible a como si estuviese en las dependencias del laboratorio tradicional (LT), simulando e interactuando con instrumentos virtuales*.

En el *laboratorio tradicional (LT)*, los *recursos en personas y espacios son restringidos*, debido a su *masificación y a problemas presupuestarios; se requiere la presencia física del estudiante y la supervisión del profesor*. Una solución a estos problemas la encontramos en la aplicación de los avances tecnológicos a la docencia e investigación universitaria y, en concreto, el uso de *laboratorios virtuales (LV) y remotos (LR)*. El LV *acerca y facilita la realización de experiencias a un mayor número de alumnos, aunque alumno y laboratorio no coincidan en el espacio*. Permite *simular fenómenos y modelos físicos, conceptos abstractos, mundos hipotéticos, controlar la escala de tiempo, etc*, ocultando el *modelo matemático* y mostrando el *fenómeno simulado de forma interactiva*. La *creciente complejidad de las actividades en el LT* y el desarrollo de las *TIC y la Computación, han hecho que los LV evolucionen, transformándose en laboratorios remotos (LR), donde el alumno utiliza y controla los recursos del laboratorio, a través de una red local (Intranet) o bien a través de Internet*.

Al hilo de lo anterior, exponemos, en primer lugar, *algunas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física*, así como sus *ventajas e inconvenientes*. En segundo lugar, describimos la *aplicación de un laboratorio virtual de electromagnetismo (LVE), basado en simulaciones interactivas con applets de Java, en la asignatura de Física del primer curso de Ingeniería Técnica Informática de Gestión de la Universidad Carlos III de Madrid*.

2. El laboratorio tradicional (LT)

El *laboratorio tradicional (LT)*, ha sido el único lugar de *experimentación*, durante mucho tiempo, tanto de estudiantes como de profesores. Está consensuada en el ámbito académico, la enorme importancia que

* Corresponding author: e-mail: rosado@dia.uned.es, Phone: +34 913987158

1 tiene para el aprendizaje, la *experimentación directa del alumno* en el LT [1-2]. En el aula, el profesor
 2 *transmite al alumno gran cantidad de información en poco tiempo*. El LT es lento en la transmisión de
 3 *información*, sin embargo, facilita el planteamiento de problemas que permitan al estudiante aplicar sus
 4 conocimientos sobre la naturaleza, entrenándose en la aplicación del método científico. *La principal*
 5 *ventaja del LT es su alta interactividad, al tomar contacto el alumno con el experimento real, la motiva-*
 6 *ción que supone observar el experimento, el desarrollo de habilidades cognitivas que se ponen en prác-*
 7 *tica en el mismo*, etc [3-4].

8 Aunque el LT es un lugar idóneo de experimentación, también presenta inconvenientes, entre los que
 9 destacamos [1-2] [5-6] [9]: a) El material de instrumentación es excepcionalmente caro, lo que hace
 10 difícil que cada alumno pueda realizar todos los experimentos que necesite. b) Los recursos en personas
 11 y espacios son restringidos, debido a la *masificación* y *problemas presupuestarios*. c) Las prácticas ne-
 12 cesitan de una supervisión más directa por parte del profesor y que *cada alumno experimente por sí*
 13 *mismo*, por lo que éstas no se pueden impartir para un gran número de personas. d) El LT requiere de la
 14 presencia física del estudiante. e) Los alumnos suelen entrar en contacto con dispositivos y técnicas con
 15 las que no están familiarizados.

17 3. Laboratorios virtuales: ventajas e inconvenientes

18
 19 *Un laboratorio virtual (LV) es un sistema computacional que pretende aproximar el ambiente de un LT.*
 20 Los experimentos se realizan paso a paso, siguiendo un procedimiento similar al de un LT: se visualizan
 21 instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos (applets de Java o Flash, cgi-bin, javascripts,...),
 22 imágenes o animaciones. Se obtienen resultados numéricos y gráficos, tratándose éstos matemáticamente
 23 para la obtención de los objetivos perseguidos en la planificación docente de las asignaturas. A continua-
 24 ción, destacamos algunas ventajas importantes de los LV [1-2] [5-6] [9]:

- 25 ● *Acerca y facilita* a un mayor número de alumnos la realización de experiencias, *aunque alumno*
 26 *y laboratorio no coincidan en el espacio*. *El estudiante accede a los equipos del laboratorio a*
 27 *través de un navegador*, pudiendo experimentar sin riesgo alguno, y, además, se *flexibiliza el*
 28 *horario de prácticas y evita la saturación* por el solapamiento con otras asignaturas.
- 29 ● *Reducen el coste del montaje y mantenimiento de los LT*, siendo una *alternativa barata y efi-*
 30 *ciente*, donde el estudiante *simula los fenómenos a estudiar como si los observase en el LT*.
- 31 ● Es una *herramienta de autoaprendizaje*, donde *el alumno altera las variables de entrada, confi-*
 32 *gura nuevos experimentos, aprende el manejo de instrumentos, personaliza el experimento*, etc.
 33 *La simulación en el LV, permite obtener una visión más intuitiva de aquellos fenómenos que en*
 34 *su realización manual no aportan suficiente claridad gráfica*. *El uso de LV da lugar a cambios*
 35 *fundamentales en el proceso habitual de enseñanza*, en el que se suele comenzar por el modelo
 36 matemático. La *simulación interactiva* de forma aislada posee poco valor didáctico, ésta debe
 37 ser *embebida* dentro de un conjunto de *elementos multimedia* que guíen al alumno eficazmente
 38 en el proceso de aprendizaje. Se trata de utilizar la *capacidad de procesamiento y cálculo del*
 39 *ordenador*, incrementando la *diversidad didáctica*, como complemento eficaz de las metodolo-
 40 gías más convencionales.
- 41 ● *Los estudiantes aprenden mediante prueba y error, sin miedo a sufrir o provocar un accidente,*
 42 *sin avergonzarse de realizar varias veces la misma práctica*, ya que pueden repetirlas sin límite;
 43 sin temor a dañar alguna herramienta o equipo. Pueden asistir al laboratorio cuando ellos quie-
 44 ran, y elegir las áreas del laboratorio más significativas para realizar prácticas sobre su trabajo.
- 45 ● En *Internet encontramos multitud de simulaciones de procesos físicos* (en forma de *applets de*
 46 *Java y/o Flash*). Con estos objetos dinámicos, el docente puede preparar actividades de aprendi-
 47 zaje que los alumnos han de ejecutar, contestando al mismo tiempo las cuestiones que se les
 48 plantean.

49
 50 No todo son ventajas en los LV, también existen *inconvenientes*. A continuación mostramos los más
 51 destacados [1-2][5] [7].
 52

- 1 • *El LV no puede sustituir la experiencia práctica altamente enriquecedora del LT. Ha de ser una*
2 *herramienta complementaria para formar a la persona y obtener un mayor rendimiento.*
- 3 • *En el LV se corre el riesgo de que el alumno se comporte como un mero espectador. Es impor-*
4 *ante que las actividades en el LV, vengán acompañadas de un guión que explique el concepto a*
5 *estudiar, así como las ecuaciones del modelo utilizado. Es necesario que el estudiante realice*
6 *una actividad ordenada y progresiva, conducente a alcanzar objetivos básicos concretos.*
- 7 • *El alumno no utiliza elementos reales en el LV, lo que provoca una pérdida parcial de la visión*
8 *de la realidad. Además, no siempre se dispone de la simulación adecuada para el tema que el*
9 *profesor desea trabajar. En Internet existe demasiada información, a veces inútil. Para que sea*
10 *útil en el proceso de enseñanza/aprendizaje, hemos de seleccionar los contenidos relevantes pa-*
11 *ra nuestros alumnos. Son pocas las experiencias realizadas con LV en los centros educativos,*
12 *donde aún impera el uso de recursos tradicionales, tanto en la exposición de conocimientos en*
13 *el aula como en el laboratorio.*

14 **4. Laboratorios remotos: ventajas e inconvenientes**

15
16
17 *La creciente complejidad de las actividades prácticas de laboratorio y el desarrollo de las TIC y la*
18 *Computación, han hecho que los LV evolucionen, transformándose en laboratorios remotos (LR). Éstos*
19 *son sistemas basados en instrumentación real de laboratorio (no prácticas simuladas), que permite al*
20 *estudiante realizar actividades prácticas de forma local o remota, transfiriendo la información entre el*
21 *proceso y el estudiante de manera uni o bidireccional. El alumno utiliza y controla los recursos dispo-*
22 *nibles en el laboratorio, a través de estaciones de trabajo de una red local (Intranet) o bien a través de*
23 *Internet [1-2][8].*

24 *La diferencia entre el LR y el LV, reside en el tipo de computación subyacente y tratamiento del mate-*
25 *rial: el LR se basa en instrumentos reales (tarjetas de adquisición de datos, instrumentos de medida,*
26 *conexiones en interfaces diversas, comunicación de datos,...), mientras que en el LV sólo existen*
27 *procesos de computación basados en simulaciones, ya sean applets de Java, Flash,...o bien programas o*
28 *ambientes computacionales ejecutados en ordenadores aislados o en una Intranet [1][2]. Los LR presen-*
29 *tan mayores ventajas que los LV, debido a que éstos proporcionan un mayor nivel de interactividad y el*
30 *alumno entra en contacto con equipamiento real, en lugar de entrar en contacto con programas simu-*
31 *lados. Los LR son una innovación en el campo de la Educación y habrá que prestar atención tanto a su*
32 *diseño como al estudio de las ventajas e inconvenientes, desde el punto de vista didáctico. A continua-*
33 *ción mostramos algunas ventajas importantes de los LR [1-2] [6-8] [10].*

- 34 • *Permite aprovechar los recursos, tanto humanos como materiales en los LT. Al integrar, en un*
35 *único ordenador, los instrumentos necesarios para la ejecución de las prácticas, el ahorro en*
36 *material de laboratorio es considerable. Se podría pensar que el alumno pierde así la perspecti-*
37 *va real, lo cual es erróneo ya que, por un lado, los instrumentos virtuales diseñados son idénti-*
38 *cos a los reales y, por otro, la respuesta de los sistemas es la de un sistema real y no utiliza la*
39 *simulación más que para la comparación de los resultados. Donde se obtiene un gran aprove-*
40 *chamiento, es a través de una Intranet o a través de Internet, ya que supone no tener que dupli-*
41 *car los materiales y poder acceder a ellos a través de la red como si se estuviese en el mismo*
42 *puesto.*
- 43 • *El LR amplia la oferta horaria del alumno en su formación. Son un recurso extremadamente*
44 *rentable en la formación. Ofrecen un refresco instantáneo a los usuarios, previo a la realización*
45 *de alguna tarea concreta. Gracias a la e-implementación, los límites espaciales y temporales no*
46 *son restrictivos para el trabajo de laboratorio. Es posible llevar a cabo experimentos de forma*
47 *estructurada o incluso más abierta, en la que los estudiantes desarrollan habilidades de resolu-*
48 *ción de problemas, observación, interpretación y análisis de los resultados, de forma similar a*
49 *la que los investigadores realizan.*
- 50 • *El alumno no necesita disponer del software de simulación. Puede disponer, en cualquier mo-*
51 *mento, de las mismas versiones del software, dado que éste se actualiza en el centro servidor.*
52 *Además, no necesita tener un ordenador con la suficiente memoria para ejecutar el software.*

Los LR ofrecen la *posibilidad de controlar de forma remota las aplicaciones basadas en instrumentos virtuales*, donde destacan la *modularidad* y el *carácter abierto* de los *objetos dinámicos de instrumentación*.

No todo son *ventajas*, también existen *inconvenientes*. A continuación mostramos las más destacadas [1-2][7].

- *La experimentación en tiempo real exige períodos de muestreo relativamente pequeños, requiriendo el uso de recursos que por lo general, resultan costosos, además de la necesidad de disponer de sistemas operativos de tiempo real. Al conectar sistemas reales de laboratorio a Internet, es necesario implementar los protocolos de comunicaciones correspondientes y procesadores potentes, encareciendo el producto.*
- *Todas las actuaciones sobre los sistemas deben poder realizarse utilizando entradas y salidas digitales o analógicas. Tanto el hardware como el software han de ser suficientemente robustos para que no fallen en ningún momento, mientras el alumno los está utilizando de manera que responda a las expectativas que éste tenga.*
- *Mientras que las aplicaciones multimedia y los applets de experimentación con Java y Flash, están bastante extendidos en Internet, esto no ocurre todavía con los LR. Son escasos los ejemplos de aprendizaje remoto con experimentos en tiempo real [1-2]. Son pocas las Universidades que han logrado implementar verdaderos LR. En los centros docentes no universitarios, aún no se desarrollan este tipo de experiencias, debido a la escasa formación del profesorado, la falta de medios informáticos y el coste que supone implementar estos sistemas.*

5. Metodología y actividades realizadas

La principal actividad consistió en utilizar un *laboratorio virtual de electromagnetismo* (LVE). Los alumnos pusieron en práctica un *diseño experimental*, trabajando en los dos *ambientes* (LT y LV). La experiencia se llevó a cabo con un grupo reducido de alumnos matriculados en la asignatura de *Física* del primer curso de *Ingeniería Técnica en Informática de Gestión*. El tema de estudio seleccionado fue el *campo magnético en bobinas y solenoides*. En la Fig.1 mostramos el equipo utilizado en el LT (teslámetro, solenoides, espiras, etc).

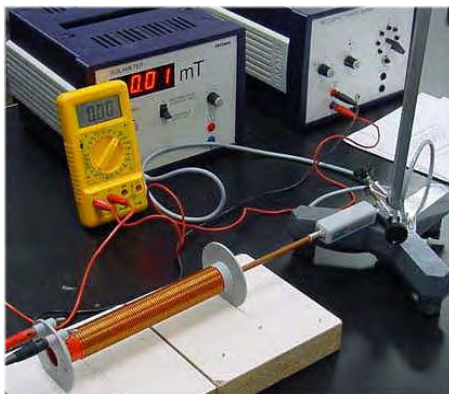


Fig. 1 Medida del campo magnético creado por un solenoide (en el LT).

Para el trabajo en el LV, empleamos diversos *applets de Java*, a través de Internet, asegurando la *interactividad en la variación del campo magnético* en dichos elementos. En la Fig.2(a) mostramos un ejemplo de *applet de Java* en el que se simula el comportamiento del campo magnético en el interior de un solenoide. En la Fig.2(b) mostramos otro ejemplo de *applet de Java*, utilizado en la comprensión del movimiento de una partícula cargada en presencia de un campo electromagnético.

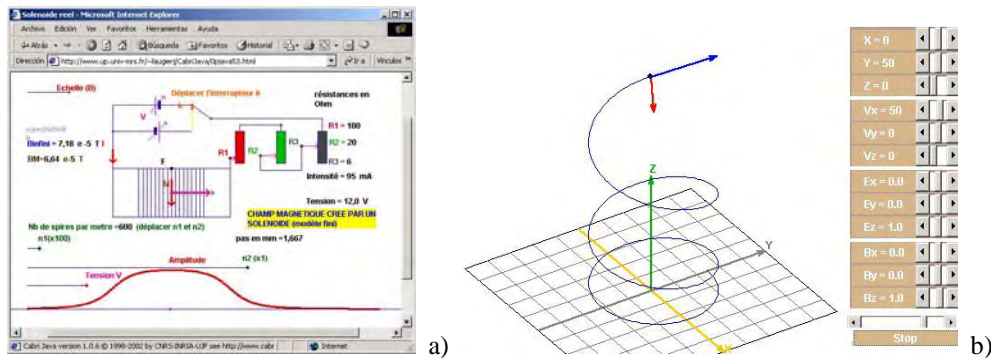


Fig. 2 a) Simulación del campo magnético creado por un solenoide (en el LV). b) Simulación del movimiento de una partícula cargada en presencia de un campo electromagnético (en el LV).

El LVE permitió establecer una conexión entre los avances de la investigación en *Didáctica de la Física* y las TIC. Se utilizó como una *herramienta complementaria de los medios didácticos tradicionales*, con el objetivo de conseguir una labor docente más personalizada, diseñando tareas que favorezcan el *aprendizaje significativo* de los estudiantes, en el estudio del *campo magnético*, integrando las TIC con los avances de la investigación didáctica. A partir de esta experiencia piloto, se constata que mejoró la *motivación de los alumnos*, que generalmente presentan grandes dificultades de aprendizaje en el tema de estudio del campo magnético. Los resultados obtenidos constatan que los alumnos se sienten motivados en el LV, sin embargo, prefieren realizar las experiencias en el LT, al estar así en contacto físico con el experimento y poder manejar el instrumental por sí mismos. Aunque los estudiantes prefieren trabajar en el ambiente LT, valoran positivamente el LV, indicando que les permite mejorar su aprendizaje en el caso de fenómenos difíciles de comprender y visualizar gráficamente, así como en aquellos con gran aparato matemático.

References

- [1] L. Rosado y J.R. Herreros, *Laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física y materias afines, Didáctica de la Física y sus nuevas Tendencias*, Madrid, UNED, pp. 415-603, 2002.
- [2] L. Rosado y J.R. Herreros, *Internet y Multimedia en Didáctica e Investigación de la Física. Tratado teórico-práctico para profesores y doctorandos*, Madrid, UNED, 2004.
- [3] J. Barbosa y T. Andreu, *Asignaturas prácticas de laboratorio: una experiencia de evaluación en la facultad de Química de la Universidad de Barcelona, I Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación*, Barcelona, Spain, Universidad de Barcelona, 2000, pp. 47.
- [4] H.A. Kofman; E.J. Tozzi, y P.A. Lucero, *La unidad experimento-simulación en la enseñanza informatizada de la Física, Revista de Enseñanza y Tecnología*, mayo-agosto (2000).
- [5] L. Gil, E. Blanco y J.M. Aulí, *Software educativo orientado a la experimentación, I Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación*, Barcelona, Spain, Universidad de Barcelona, 2000, pp. 118.
- [6] O. Boix, S. Fillet y J. Bergas, *Nuevas posibilidades en laboratorios remotos de enseñanzas técnicas. Congreso Virtual CIVE 2002*, Internet: <http://www.cibereduca.com/cive/ponencias>.
- [7] A. Etxebarria, I. Oleagordia, y M. Sánchez, M, *Laboratorio de Electrónica Analógica controlado por instrumentos virtuales local o remotamente, Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación: SAAEI, Matanzas (Cuba)*, 2001, pp. 19.
- [8] P. Antsaklis *et al*, *Report on the NSF/CSS workshop on new directions in control engineering education, IEEE Control Systems Magazine*, 19(5), pp. 53-58 (1999).
- [9] F.J. González-Castaño *et al*, *Internet access to real equipment at computer architecture laboratories using the Java/CORBA paradigm, Computers & Education*, 36(2), pp. 151-170 (2001).
- [10] T. Kikuchi, T. Kenjo y S. Fukuda, *Remote laboratory for a brushless motor DC, IEEE Transactions on Education*, 44(2), pp. 12 (2001).