

LABORATORIO VIRTUAL

Germán Moltó Martínez¹, José Antonio Gómez Tejedor¹

*¹Universidad Politécnica de Valencia.
{gmolto@dsic.upv.es, jogomez@fis.upv.es}*

RESUMEN

En esta comunicación se presenta un programa que se está desarrollando en la Unidad Docente de Informática del Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia, con el cual los estudiantes pueden realizar las prácticas de laboratorio a través de Internet. Este programa pretende simular los diferentes aparatos, componentes electrónicos y placas de conexiones que se utilizan en el laboratorio de la asignatura Fundamentos Físicos de la Informática, para que los alumnos puedan trabajar con el programa como si estuvieran en el propio laboratorio de la asignatura.

Esta realización de las prácticas puede ser, tanto complementaria a la realización presencial, como alternativa a la realización presencial, o de forma mixta, admitiendo la posibilidad de que los alumnos realicen determinadas prácticas de forma presencial, y otras de forma no presencial.

En este el programa está en fase de desarrollo, teniendo una versión preliminar del mismo, que permite la realización de circuitos de corriente continua, permitiendo la medida de tensiones intensidades y resistencias.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes que cursan el laboratorio de la asignatura Fundamentos Físicos de la Informática, deben familiarizarse con una serie de aparatos, equipamiento y técnicas de trabajo totalmente nuevas para la mayoría de ellos. Este es básicamente un aprendizaje de “destrezas”. En este aprendizaje, el alumno se encuentra con la falta de herramientas para su trabajo individual, puesto que no tiene la posibilidad de realizar las prácticas fuera del laboratorio. También existe el problema de que algunos alumnos no tienen fácil acceso al horario asignado al laboratorio.

Con la herramienta que se presenta en este trabajo, se pretende dotar al alumno de una herramienta útil y versátil para facilitar su estudio individual, y solventar los problemas comentados. Dicho programa, accesible a través de Internet, está permitiendo a los alumnos la realización remota de algunas prácticas de laboratorio. Estas prácticas basadas en Internet pueden ser, tanto complementarias a la realización presencial, de forma que los estudiantes puedan utilizar dicho programa para trabajar las prácticas de laboratorio antes o después de su realización, como alternativa a la realización presencial, o de forma mixta, admitiendo la posibilidad de que los alumnos realicen determinadas prácticas de forma presencial, y otras de forma no presencial.

Este trabajo se enmarca dentro de una experiencia de docencia de la asignatura de Fundamentos Físicos de la Informática a través de Internet [1], que incluye la docencia desde el curso 2000-01 de un grupo No Presencial de la asignatura en la Facultad de Informática, y otro en la Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia.

Este proyecto ha sido financiado por el Instituto de Ciencias de la Educación, de la Universidad Politécnica de Valencia, PID nº 10041 y 13085.

Esta comunicación se engloba en la tendencia actual de la aplicación de las nuevas tecnologías a metodologías activas de aprendizaje, para potenciar así el autoaprendizaje y el aprendizaje integral de los estudiantes. En esta línea, este trabajo es pionero en su campo, puesto que existen muy pocos institutos que dispongan de una herramienta como la que se está desarrollando.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo consiste en crear un programa informático que simule todos y cada uno de los aparatos utilizados en un laboratorio de electricidad y electrónica, así como los componentes electrónicos necesarios para la realización de las prácticas de laboratorio. Dicho programa, que lo denominaremos de aquí en adelante *laboratorio virtual*, simulará los siguientes elementos:

- Generador de corriente continua.
- Generador de funciones YOKOGAWA FG 120.
- Multímetro FLUKE 45.
- Osciloscopio HAMEG HM 203.
- Caja de conexiones.
- Cables con conectores BNC y con clavijas.
- Diferentes componentes electrónicos: resistencias, resistencia variable, condensadores, autoinducciones, diodos (rectificadores, leds y Zener).

Dicho programa permitirá al estudiante realizar el montaje experimental conectando los aparatos y componentes tal y como lo haría en el laboratorio. El programa mostrará una imagen muy parecida al aparato real, con todos los mandos y conexiones, para que el alumno tenga que conectar adecuadamente el aparato, y deba pulsar los mandos correctos para su funcionamiento. Se pretende mantener el máximo parecido posible entre el programa de simulación y el laboratorio real, de modo que para el alumno sea equivalente el trabajo realizado en el laboratorio virtual al trabajo realizado en el laboratorio real.

El estudiante podrá realizar así cualquier circuito eléctrico y realizar las medidas necesarias. El programa tendrá un comportamiento lo más parecido posible a los aparatos de laboratorio reales, dando la lectura correcta en cada situación. En el caso de un montaje incorrecto, el programa daría un resultado similar al que daría el aparato real, de modo que el alumno tenga que descubrir por sí mismo el error cometido, tal y como le ocurriría en el laboratorio.

La aplicación desarrollada incluirá también una ayuda que describirá cada uno de los equipos utilizados, así como los componentes electrónicos. También incluirá una descripción de cada una de las prácticas de laboratorio, y un tutorial que guiará al alumno en la realización de las mismas.

Resulta importante el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario sencilla y fácil de utilizar, para que el alumno pueda realizar de forma rápida cada uno de los montajes experimentales.

Dicho programa está siendo desarrollado mediante el lenguaje de programación Java para poder situarlo en el servidor Web, de modo que cualquier estudiante pueda acceder al mismo a través de Internet, y realizar todas y cada una de las prácticas del laboratorio. El situarlo en la Web de la asignatura permite además mantener un control de los alumnos que acceden al laboratorio virtual, el tiempo que están trabajando con él, las tareas que realizan, e incluso es posible registrar los aciertos y los errores cometidos en dicho trabajo. De este modo se puede realizar un seguimiento exhaustivo de cada uno de los alumnos y utilizar la información como realimentación para realizar posibles mejoras.

Además, el lenguaje Java es un lenguaje orientado a objetos que permite una programación muy estructurada, de modo que se puede diseñar cada uno de los elementos de laboratorio de forma independiente, para luego situarlos en el programa principal que se encargará de su coordinación.

El material didáctico elaborado en este proyecto contribuirá a la disminución de la tarea del profesor en su faceta de transmisor de información y fomenta el autoaprendizaje y la autoevaluación. Se espera que el laboratorio virtual mejore la formación práctica de los alumnos, al permitirles la posibilidad de ejercitar las habilidades adquiridas en el laboratorio siempre que les resulte necesario y facilitará su aprendizaje.

3. INNOVACIONES METODOLÓGICAS

Este trabajo supone una importante innovación en la metodología de enseñanza de prácticas de laboratorio, puesto que brinda la posibilidad al estudiante de realizar prácticas de laboratorio desde cualquier ordenador conectado a Internet. Las nuevas posibilidades que abre respecto a una metodología tradicional son múltiples:

El laboratorio virtual permite que el alumno aprenda mediante los tutoriales del programa el uso de los aparatos del laboratorio, y posteriormente pueda practicar su manejo de forma virtual todo el tiempo que necesite hasta comprender adecuadamente todas y cada una de sus funciones.

El laboratorio virtual permite que el alumno haga las prácticas de laboratorio de forma no presencial, individualmente o en equipos, y sin un horario prefijado. De este modo, los alumnos pueden adecuar la realización de las prácticas a su propio ritmo de trabajo.

Podría plantearse la duda de si, al trabajar en el laboratorio virtual, los alumnos serían luego capaces de manejar los aparatos disponibles en el Laboratorio real, es decir, si tendrían dificultades en trasladar lo virtual a lo real. Si así fuere, podría establecerse la realización de algunas prácticas de forma virtual, y complementarlas con la realización de otras de forma real, con el fin de no perder el contacto con los propios aparatos del Laboratorio.

Además, el laboratorio virtual permite la posibilidad de que los objetivos de algunas prácticas sean más ambiciosos. Se podría exigir al alumno que previamente a la realización de una práctica, en el laboratorio virtual ejercitara alguna de las destrezas que va a necesitar para su realización, de modo que pudiera realizar más tareas y cumplir así unos objetivos más amplios.

El estudiante, con posterioridad a su paso por el laboratorio podría repasar conceptos y destrezas ya adquiridas de cara a preparar un examen, o de cara a preparar prácticas que requieran conocimientos estudiados con anterioridad, o cualquier otra necesidad que le pueda surgir.

Finalmente, el empleo de una herramienta de estas características, permite la posibilidad de realizar de las prácticas a alumnos que por cualquier motivo tengan dificultades en acudir al laboratorio.

Una vez comentados los objetivos que se pretenden alcanzar con una herramienta de estas características, a continuación, se describe con más detalle la funcionalidad que se ha desarrollado hasta el momento.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN DISEÑADA

4.1. El lenguaje de programación Java

Se ha elegido el lenguaje de programación Java por varias razones. En primer lugar, este lenguaje goza de una característica muy interesante, que es la portabilidad. Al desarrollar un programa con el lenguaje de programación Java, conseguimos que se pueda ejecutar en cualquier plataforma para la que exista una implementación de la máquina virtual Java.

En la actualidad, existen multitud de implementaciones de dicha máquina virtual, lo que nos permite que la aplicación del Laboratorio Virtual pueda ser considerada como multiplataforma, permitiéndose la ejecución, por ejemplo, tanto en plataformas Windows como en entornos Linux.

Además, otra de las ventajas que nos ofrece este lenguaje de programación, es que permite que la aplicación diseñada pueda ser considerada también como un applet y, de esta manera, ser insertada en un entorno web. De hecho, la herramienta del laboratorio virtual, ha sido diseñada con este objetivo en mente y puede ejecutarse tanto como una aplicación normal, siendo ejecutada desde el ordenador del usuario, como desde un navegador Web.

La ventaja de insertar la aplicación dentro de un entorno Web, es que se facilita el acceso a la misma, ya que los únicos requisitos necesarios para poner en marcha la aplicación, es acceder a una dirección de Internet concreta, mediante un navegador equipado con una implementación de la máquina virtual [2].

Por último, hay que destacar que al ser Java un lenguaje orientado a objetos, la aplicación se ha desarrollado aprovechando todas las ventajas que ofrece este lenguaje. De hecho, cada uno de los componentes se puede modelar como una clase Java diferente, permitiendo una separación de funcionalidad entre componentes y, de esta manera, conseguir un código mucho más legible y mantenible.

4.1. Funcionalidad

El programa laboratorio virtual permite, actualmente, el montaje de circuitos de corriente continua sobre la placa de conexiones con resistencias y cables, la medida de tensiones con el voltímetro analógico, y de voltajes e intensidades con los multímetros digitales. Los elementos que se ha simulado, son:

- **Tableta de conexiones** que dispone de 6 nudos eléctricos, cada uno de los cuales tiene cuatro clavijas, permitiendo el montaje de gran variedad de circuitos.
- **Resistencias**, de valor nominal conocido, y valor real desconocido: el programa asigna a cada resistencia un valor real aleatorio alrededor del valor nominal de la resistencia, y comprendido entre los márgenes de tolerancia de la misma (normalmente 5%). Este valor real es desconocido para el usuario, conociéndose únicamente el valor nominal.
- **Cables**, para la realización de montajes.
- **Fuente de alimentación**: constituida por tres fuentes de alimentación independientes, dos de ellas suministran una diferencia de potencial variable entre 0 y 30 V, y la tercera suministra un voltaje constante de aproximadamente 5 V. En realidad, en el programa, la fuente de alimentación se modela como un generador de intensidad: por ejemplo, para el generador de 5 V dicho generador de intensidad posee una intensidad en cortocircuito de 0,4618 A y resistencia interna de 10,9 Ω .
- **Multímetro digital**: simula el multímetro digital Fluke 45, pudiendo medir voltajes e intensidades en corriente continua y resistencias en la función de óhmetro. En los cálculos

se tiene en cuenta su resistencia interna ($10\text{ M}\Omega$ en modo voltímetro, y $0,003\ \Omega$ en modo amperímetro).

- **Voltímetro analógico:** simula un voltímetro analógico de resistencia interna pequeña ($15\text{ k}\Omega$), muy apropiado para observar los errores sistemáticos.

El programa realiza todos los cálculos de tensiones e intensidades en el circuito mediante el método matricial de las tensiones de nudo. De esta forma, en este momento, gracias al laboratorio virtual, se puede realizar ya las dos primeras prácticas de la asignatura Fundamentos Físicos de la Informática [3]:

- Práctica 1: Equipos y aparatos de medida. Montaje de circuitos en corriente continua.
- Práctica 2: Evaluación de sistemas de medida de resistencias: montaje largo y montaje corto. Errores accidentales y errores sistemáticos.

Así mismo, se ha elaborado documentación para aprender el funcionamiento del programa, y para guiar al alumno en la realización de estas dos prácticas.

Se puede acceder al programa y a la documentación correspondiente a través de la página web: <http://ttt.upv.es/jogomez/Labvir/>

En la figura siguiente se muestra dos imágenes del programa, donde se han realizado los montajes largo y corto para la medida de una resistencia. Cabe destacar el error sistemático que aparece debido a que se ha utilizado una resistencia de $15\text{ k}\Omega$, del mismo orden que la resistencia interna del voltímetro analógico.

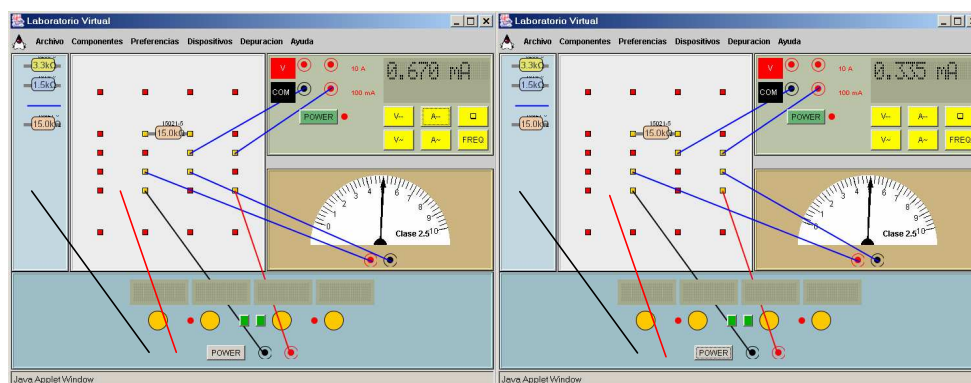


Figura 1. Aspecto actual de la aplicación *laboratorio virtual*: montaje largo y montaje corto para la medida de resistencias.

4.2. Representación interna

Un circuito real viene representado dentro de la aplicación como un vector de conexiones, donde cada conexión nos indica para cada objeto (resistencias, cables,...), a qué 2 clavijas de la tableta de conexiones está conectado (ver figura 2).

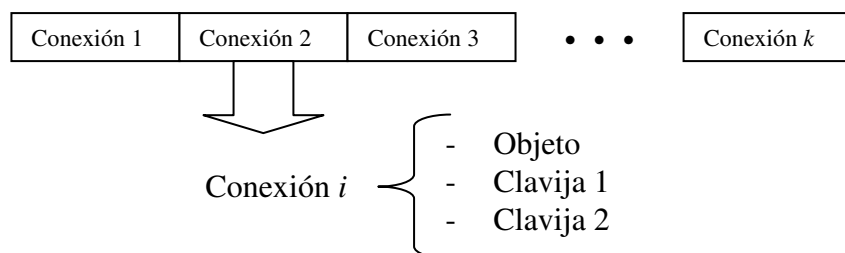


Figura 2. Esquema representativo del vector de conexiones.

Donde los “Objetos” son en nuestro caso las resistencias, los cables, los multímetros y la fuente de alimentación.

Únicamente con la información del vector de conexiones, la aplicación es capaz de resolver el circuito empleando el método matricial de las tensiones de nudo. Mediante un proceso de análisis del vector de conexiones la aplicación obtiene tanto la matriz de admitancias como el vector columna de intensidades. De esta manera es capaz de obtener las tensiones que se tienen en cada uno de los nudos de la tableta de conexiones, y a partir de dichas tensiones, las intensidades en cada rama del circuito diseñado por el alumno.

4.2. Integración con la web

El programa desarrollado, al haber sido realizado mediante el lenguaje de programación Java, se ha adaptado de manera sencilla a un entorno web. Mediante el empleo de las etiquetas *applet* que ofrece el lenguaje *html*, resulta posible invocar la ejecución del programa desde un navegador de Internet.

Hay que destacar que el programa ha sido diseñado de manera que permita modificar su comportamiento básico por parte de usuarios no expertos, es decir, sin necesidad de modificar el código fuente del programa. Esto permite que cualquier persona, pueda crear una página Web en la que se llame al programa, pero modificando los argumentos que recibe el mismo. Este comportamiento es de extrema utilidad y directamente aplicable al caso de las prácticas con alumnos, donde para cada práctica nos puede interesar emplear unos instrumentos electrónicos u otros, utilizar determinadas resistencias, o cualquier otra configuración que se nos ocurra.

Concretamente, el programa permite la modificación de los siguientes parámetros.

- Resistencias: Se puede especificar una lista de resistencias, indicando su valor nominal, acompañadas de su tolerancia. Si no se especifica la tolerancia, se asume que es un 5%.
- Direcciones de documentación: Permite especificar tantas direcciones web como prácticas a realizar, de manera que posteriormente, desde el programa, al solicitar la ayuda de una práctica concreta, se abrirá un navegador que acudirá a la dirección especificada.
- Escala máxima del voltímetro: Especifica el valor máximo que puede alcanzar la escala del voltímetro analógico.
- Clase del voltímetro: Especifica el error de clase del voltímetro, por defecto se asume que es 2,5. Este parámetro es visible al alumno para que pueda realizar el cálculo de errores en la medida de la tensión en el voltímetro, pero no afecta en los cálculos
- Resolución del voltímetro: Establece la resolución con la que se va a poder leer un dato del voltímetro analógico. Por defecto, se asume un valor de 0.5 V/división.
- Resistencia interna del voltímetro: Permite especificar el valor de la resistencia interna del voltímetro analógico. Por defecto se asume un valor de 15000Ω .
- Dispositivos: Permite especificar la configuración de dispositivos que queremos que se muestre al comienzo de la aplicación. Se puede elegir entre emplear los dos multímetros digitales, o un multímetro digital junto con el voltímetro analógico.

- Intensidad de la fuente: Establece el valor de resistencia interna de la fuente de alimentación de 5 V.
- Resistencias multímetro: Permite establecer el valor de la resistencia del multímetro digital cuando funciona en modo voltímetro, y cuando funciona en modo amperímetro.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Como trabajos a medio plazo, se pretende dotar de mayor funcionalidad al simulador incorporando nuevos componentes para la realización de circuitos, como por ejemplo diodos y transistores.

Para la realización de circuitos en corriente alterna en estado estacionario, uno de los principales objetivos consisten en simular el generador de funciones, condensadores y autoinducciones. Además, se deberá ampliar el núcleo de cálculo del programa para incluir la resolución de circuitos de corriente alterna en estado estacionario. En este sentido, se habilitarán las funciones de medida de tensiones, intensidades y frecuencias en corriente alterna del multímetro digital Fluke. Continuando con los circuitos en corriente alterna en estado estacionario, se simularía un osciloscopio, con todas sus funciones. Se simularían procesos transitorios, para poder trabajar la carga y descarga del condensador, así como el circuito *RL*.

Además, en paralelo con las tareas anteriores, se probará el programa con un grupo numeroso de alumnos, mejorándolo y ampliándolo a partir de los comentarios de los alumnos. Se realizará la parte relativa al control de las tareas realizadas por los alumnos por parte del profesor: esto supone habilitar funciones en el programa para que vaya guardando información sobre las tareas realizadas por los alumnos, y que el profesor disponga de dicha información, pudiendo ver las prácticas que ha realizado, los resultados que ha obtenido, los problemas que ha tenido, etc. Se elaboraría la documentación pertinente para las nuevas opciones del programa, así como relativa a las prácticas que se realizarían con estas nuevas funciones.

Es todavía mucho el camino que queda por recorrer, pero indudablemente los resultados obtenidos hasta ahora, y las grandes posibilidades que ofrece un proyecto como este, invitan a continuar el camino hasta el final.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Carbonell y otros: *Una experiencia sobre enseñanza distancia de asignaturas básicas de primer curso*. Póster presentado en las *I jornadas de innovación educativa en la Universidad Politécnica de Valencia*.
- [2] Java Plugin. <http://java.sun.com/products/plugin/>.
- [3] J.A. Gómez Tejedor y otros, *prácticas de fundamentos físicos de la informática: Facultad de Informática*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2003. ISBN 8497053109.