

LA REALIDAD DE LA EXPERIMENTACIÓN FÍSICA EN LABORATORIOS REMOTOS

Mariela Mattaloni, Hugo Kofman, Pablo Lucero
Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral
*Santiago del estero 2829 – 3000- Santa Fe. E-mail: marie.mattaloni@gmail.com,
hkofman@figus.unl.edu.ar, plucero@figus.unl.edu.ar*

Resumen:

La utilización de las NTIC's suscita nuevas líneas de trabajo e investigación, abriendo la posibilidad al desarrollo de nuevas estrategias docentes en el dictado de asignaturas de carácter científico.

En la actualidad Internet juega uno de los principales papeles en la formación de los individuos, ofreciendo infinidad de herramientas y eliminando todo tipo de fronteras. Dentro de las herramientas antes mencionadas que ofrece Internet, para el caso de la enseñanza de las ciencias naturales, se encuentran los llamados laboratorios virtuales y laboratorios remotos. En los primeros, los estudiantes pueden ejecutar simulaciones remotas junto con posibles animaciones. En los segundos, los estudiantes hacen uso remoto de los equipos reales disponibles en los laboratorios

Desde la perspectiva educativa parece más adecuada la realización de prácticas reales remotas. La experimentación interactiva con dispositivos del mundo real mejora la motivación de los estudiantes y desarrolla aptitudes para resolver problemas reales. Así, el trabajo con sistemas reales resulta más enriquecedor que el que se realiza sólo con modelos matemáticos.

En relación al tema, nuestro grupo está desarrollando un sistema de experimentación remota con circuitos RC, RL y RLC que permite realizar trabajos prácticos con sistemas físicos reales a través de Internet. Esto implica la existencia de un servidor al que está conectado el sistema físico que intercambia datos con la computadora. La conexión entre el sistema físico real y el servidor se realiza con una placa de adquisición de datos íntegramente desarrollada por el grupo de investigación. En cuanto al software empleado, se combina la utilización de Visual Basic.Net (para la interfaz del usuario) y Delphi (para el manejo del sistema de adquisición de datos). Esta propuesta permite fusionar el trabajo de laboratorio con las simulaciones y adquirir una visión mucho más completa sobre los fenómenos físicos y los distintos modelos que los describen.

Palabras claves: *laboratorio remoto, circuitos RC, circuitos RL, circuitos RLC*

Introducción:

Las nuevas tecnologías pueden facilitarnos la puesta en práctica de los conceptos más avanzados de la pedagogía, superando el concepto que con las mismas se enseña lo mismo que antes, pero de una manera más eficiente (*Kofman, 2004*). Su utilización suscita nuevas líneas de trabajo e investigación, abriendo la posibilidad al desarrollo de nuevas estrategias docentes en el dictado de asignaturas de carácter científico.

En la aplicación de las NTICS es importante tener presente el concepto de herramientas cognitivas. Éstas son símbolos y artefactos que juegan el rol de soporte o vehículo del pensamiento. De esta manera se produce una suerte de asociación entre la mente y esos elementos, potenciándose la capacidad del individuo para abordar tareas complejas. Hay que tener en cuenta que esto influye en la

propia forma con que se piensa, de modo que herramientas cognitivas distintas condicionan estilos y niveles de pensamiento diferentes. La computadora y la web son herramientas cognitivas muy potentes, que utilizadas con buenos criterios pedagógicos pueden producir profundos cambios en las formas de pensamiento y favorecer un avance extraordinario en la educación (Kofman, 2004).

En este sentido, el uso de las capacidades que proporciona Internet ha permitido expandir la oferta de educación a una mayor población así como también ha posibilitado el desarrollo de diversas herramientas que pueden ayudar a mejorar significativamente la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje (Jiménez *et al*, 2005). Debido a la posibilidad de intercambiar información a tiempo real entre puntos muy distantes a precio cada vez más bajo, se ha implantado como una solución de presente y futuro.

Internet está cambiando las estructuras de funcionamiento y los hábitos de la sociedad en forma inmediata y trascendental. De todas las posibilidades de Internet como contribuidora de esos cambios, cabe destacar, por su relación con la docencia, la cualidad de que los procesos de aprendizaje y formación a través de la Web se pueden realizar de una forma flexible, y dinámica, independientemente del día, lugar y hora y en tiempo real, lo que ayuda a las personas a ser capaces de evolucionar ante los cambios tecnológicos que se están produciendo (Domínguez *et al*, 2005).

Dentro de las herramientas antes mencionadas que ofrece Internet, para el caso de la enseñanza de las ciencias naturales, se encuentran los llamados laboratorios basados en las Web. Éstos pueden dividirse en dos clases: laboratorios virtuales y laboratorios remotos. En los primeros, los estudiantes pueden ejecutar simulaciones remotas junto con posibles animaciones. En los segundos, los estudiantes hacen uso remoto de los equipos reales disponibles en los laboratorios (Candelas Herías, 2003).

En la enseñanza de contenidos técnicos, además de los conceptos teóricos es fundamental la realización de trabajos prácticos con equipos reales de forma que el alumno asimile de forma adecuada los diversos contenidos. Por este motivo, resulta importante la implementación y el uso de laboratorios remotos para afianzar los contenidos teóricos desarrollados, especialmente en el caso de estudiantes de ingeniería. A través de estos laboratorios, los usuarios pueden realizar y planificar experimentos, analizar los datos obtenidos como si estuvieran físicamente presentes en el laboratorio en cualquier momento del día (Giraldo Arboleda *et al*, 2002).

Son cada vez más las disciplinas en las que se propone la utilización de este tipo de laboratorios, entre las que se destaca el área del Control Automático. Información particular puede encontrarse en artículos publicados y en algunas páginas web, que contienen ciertos conceptos generales sobre la temática y los correspondientes links para el acceso a los experimentos, a los cuales se puede acceder ya sea en forma directa, o previa inscripción y otorgamiento de turno vía correo electrónico (<http://143.54.77.151/blackbody/site/index.html>).

En la Universidad Nacional de Colombia se vienen desarrollando este tipo de sistemas desde hace cierto tiempo. Al respecto, participantes en un proyecto de avanzada, destacan que “El alcance e impacto de este proyecto no sólo es regional y nacional sino mundial. Teniendo en cuenta las ventajas de este tipo de sistemas, se ha empezado a involucrar más al cuerpo estudiantil en el uso de este tipo de entornos, es por eso que ya se tienen una serie de Prácticas Remotas de Física Básica que funcionan sobre este mismo esquema y que permiten la realización de los laboratorios por parte de los estudiantes de las diferentes carreras, en cuyo currículo se involucran materias de Física Básica, desde su casa sin la necesidad de desplazarse hasta el laboratorio. Las ventajas de esta nueva etapa en el aprendizaje son entre muchas otras el ahorro de tiempo y el volumen de estudiantes que se puede manejar, además de permitir acuerdos interinstitucionales ya que el sistema no solo es útil para las Universidades sino que se aplica también para estudiantes de educación secundaria que cursan los grados superiores. Es de tener en cuenta que todos los datos suministrados por el sistema son datos reales, sujetos a las causas de

error, los mismos que se tendrían en una práctica presencial en el Laboratorio, en ningún momento se obtienen datos simulados” (Ríos *et al.*, 2003)

En tal sentido, hay un consenso generalizado en los especialistas en la enseñanza de la Física, en jerarquizar el experimento real, complementándolo en todo caso con la simulación, dado que permite ampliar el ámbito de la experimentación, además de facilitar la visualización de ciertas magnitudes y brindar un entorno flexible para el aprendizaje. A pesar de todas estas ventajas, dado que la Física es una ciencia experimental, la realización de experiencias reales resulta imprescindible.

Otras las ventajas que ofrecen los laboratorios remotos son:

- posibilidad de reutilización recursos físicas que, por su complejidad y disponibilidad temporal, no hayan podido utilizarse en la enseñanza normal y supongan un complemento muy interesante en la docencia;
- capacidad de convertirse en una herramienta de alto valor añadido para el docente en sus clases teóricas al permitirse ilustrar, con realidades, conceptos de la asignatura y definir claramente los enlaces entre los contenidos teóricos y su implementación tecnológica, estudiándolos mediante el acceso a través del laboratorio remoto a sistemas reales;
- posibilidad de mejorar el aprendizaje de los estudiantes de una forma activa. La experimentación interactiva con dispositivos del mundo real mejora la motivación de los estudiantes y desarrolla aptitudes para resolver problemas reales. El porcentaje de la interacción con el sistema experimental es la medida de lo que gana el estudiante en el experimento. Si el alumno es un observador pasivo o una parte semiactiva del experimento, no entenderá ni la correspondencia ni la diferencia entre la teoría y la práctica.

El planteo del desarrollo de laboratorios remotos es “no romper con la labor docente desarrollada con anterioridad y sí buscar la integración y continuidad de las diferentes experiencias desarrolladas en las que se acumula tanto el conocimiento del profesor como el conocimiento del proceso de aprendizaje de los alumnos” (Domínguez *et al.*, 2005).

A través del siguiente trabajo, se demuestra que es posible el desarrollo de laboratorios remotos en el ámbito institucional, empleando los recursos disponibles y de una forma relativamente sencilla. En particular, se plantea un sistema constituido por software y hardware que permite llevar a cabo experimentos remotos con circuitos RC, RL y RLC a través de una página Web. Esto implica la existencia de un servidor al que está conectado el sistema físico que intercambia datos con la computadora. La conexión entre el sistema físico real y el servidor se realiza con una placa de adquisición de datos íntegramente desarrollada por el grupo de investigación.

Objetivo:

Desarrollar un sistema de experimentación remota con circuitos RC, RL y RLC que permita trabajar con sistemas físicos reales a través de Internet. Este desarrollo admitirá el acceso de estudiantes de diversos establecimientos institucionales, quienes podrán combinar las prácticas de laboratorio con las simulaciones y adquirir una visión mucho más completa sobre los fenómenos físicos y los distintos modelos que los describen.

Materiales y métodos:

Para comenzar a describir cómo se construyó el laboratorio remoto, resulta necesario en primer lugar describir cómo se estructuran este tipo de laboratorio. En este sentido, se puede adquirir una noción del tema a través de la siguiente figura:

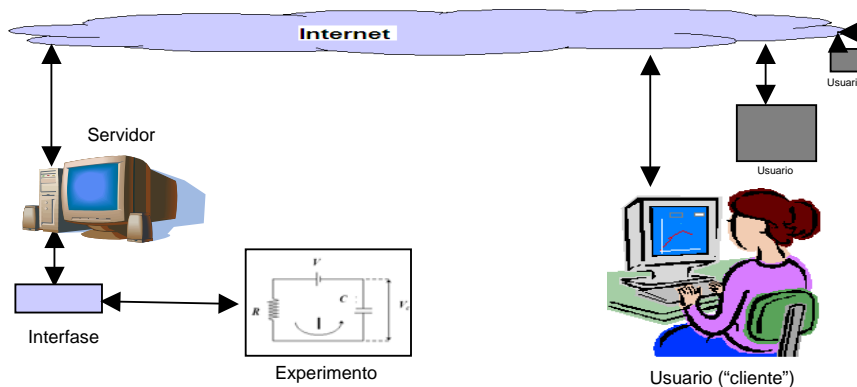


Figura 1. Estructura de un laboratorio remoto

Así, los elementos que lo componen son:

- un sistema físico real (laboratorio) conectado a una interfase A/D;
- una PC que funciona como servidor;
- usuarios que acceden al laboratorio a través de una conexión a Internet;

A continuación se detallará cómo se conformó cada uno de estos elementos:

Sistema físico real:

Actualmente consiste en un tablero conformado por diversos componentes (R, C, L), que permite armar distintos circuitos con resistencias, condensadores e inductores, alimentados por pilas. Un par de conductores, conectados en paralelo a un condensador que se está cargando, provee una señal analógica que para introducirla en la computadora se digitaliza con una placa A/D de un canal y 16 bits, con una frecuencia de muestreo de 2 KHz, y que está conectada al puerto paralelo de la PC. Además, dicha placa cuenta con salidas y entradas digitales (Si – No) que permiten conmutar interruptores externos, o recibir órdenes de éstos. Posee también un relé de salida, que permite conectar y desconectar distintos dispositivos en forma directa (Kofman *et al*, 2005). (Figura 2)

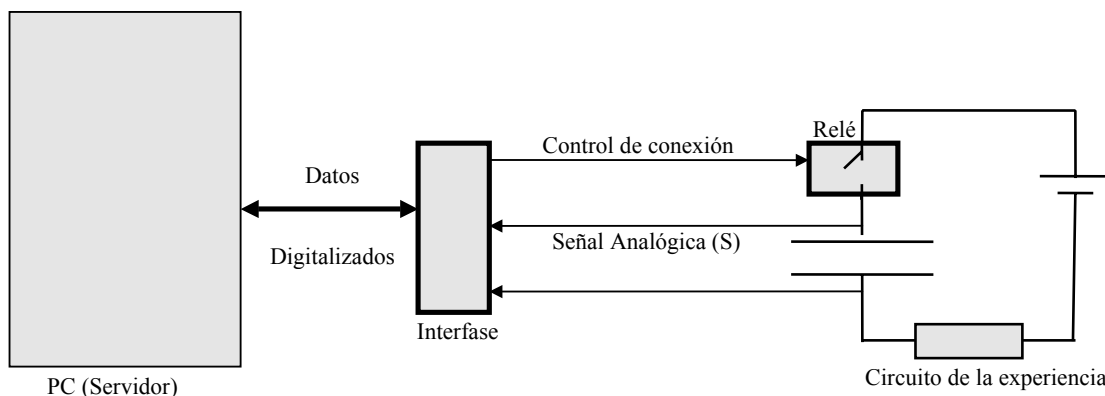


Figura 2. Esquema de conexión del sistema físico al servidor

Se utiliza un relé inversor (del tipo electromagnético), en el cual un contacto (punto medio) puede ser conectado a dos puntos. En la Figura 3 se muestra que la posición (1) del relé corresponde al estado normal (sin activar). Cuando se realiza la experiencia, la llave pasa a la posición (2) (tiempo 0) y permanece en la misma un tiempo t_1 , al cabo del cual vuelve a la posición inicial.

La interfase posee software propio, que consiste básicamente en un módulo DLL programado en lenguaje Delphi 6. Por su parte, una aplicación local (también desarrollada en lenguaje Delphi) es la que manipula directamente el dispositivo realizando las funciones de conversión y de comunicación de la interfase con la PC y se encarga también de interpretar e intercambiar datos con los clientes remotos. Así, una vez que los usuarios han fijado el tiempo total para adquirir datos del régimen transitorio, se miden en forma directa valores de tensión en función del tiempo, generándose los resultados de la experiencia que serán recibidos por los usuarios.

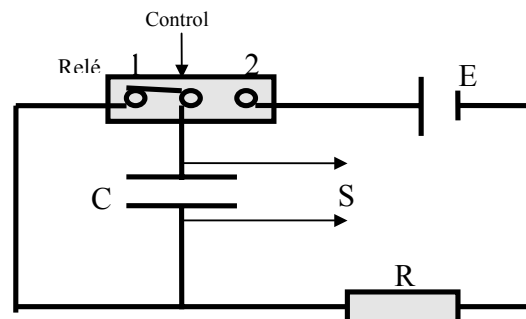


Figura 3. Circuito RC – E. Posiciones del Relé

Servidor Web:

Está configurado con los servicios de *Internet Information Server* (IIS) que ofrecen un completo conjunto de herramientas para la administración de servidores Web y de sus componentes

Interfase del usuario:

Está desarrollada a partir del lenguaje Visual Basic.NET, que permite la creación de aplicaciones Web basadas en la arquitectura cliente – servidor.

.NET es un entorno de desarrollo multilingaje diseñado por Microsoft®. Tiene fundamentalmente tres componentes: una máquina virtual (CLR: *Common Language Runtime*) que procesa código escrito en un lenguaje intermedio (MSIL), una biblioteca de clases (biblioteca .NET) y ASP.NET que proporciona los servicios necesarios para crear aplicaciones Web.

Una de las ventajas de este lenguaje es que es independiente de la plataforma. Esto quiere decir que el código producido por el compilador Visual Basic.NET puede transportarse a cualquier plataforma (Intel, Sparc, Motorola, etc.) que tenga instalada una máquina virtual de .NET y ejecutarse. Pensando en Internet, esta característica es crucial ya que esta red conecta a ordenadores muy distintos.

La tecnología ASP.NET es una plataforma de programación Web unificada que proporciona todo lo necesario para crear aplicaciones Web. Una aplicación ASP.NET se define como todos los archivos, páginas, controladores, módulos y código ejecutable a los que se puede llamar desde un directorio virtual y sus subdirectorios en un único servidor de aplicaciones Web. En este sentido, al crear una aplicación Web, podemos elegir entre formularios Web y servicios Web XML, o bien combinarlos.

Los formularios Web permiten crear páginas Web basadas en formularios. Este tipo de aplicaciones son una alternativa para crear páginas Web dinámicas (que son aquellas que actualizan su contenido mientras se visualizan), y constituyen la parte de la tecnología ASP.NET que permiten crear interfaces de usuario para las aplicaciones Web. Un formulario Web se ejecuta en el servidor donde reside, tras la petición de un cliente tal como un explorador Web tradicional, sobre el cual mostrará dicha interfaz. El hecho de que su proceso ocurra en el servidor, libera de la necesidad de crear versiones específicas de la interfaz de usuario para cada explorador.

Los servicios Web XML proporcionan acceso al servidor de manera remota, permitiendo el intercambio de datos en escenarios cliente – servidor utilizando estándares como HTTP y XML (*Extensible Markup Language*). La idea de los servicios Web es crear componentes reutilizables, que puedan ser localizados y llamados sobre estándares HTTP para que estén disponibles para cualquier aplicación en cualquier sistema. Los servicios Web XML no están ligados a ninguna tecnología de componentes ni a ninguna convención de llamada a objetos concretas. En consecuencia, pueden tener acceso a los servicios Web XML los programas escritos en cualquier lenguaje, utilizando cualquier modelo de componentes y que se ejecuten en cualquier sistema operativo.

Un cliente y un servicio Web XML se comunican mediante mensajes SOAP (*Simple Object Access Protocol*), que encapsulan los parámetros empleando XML. Para realizar esta labor, Visual Basic.NET crea un proxy, que es una representación local de la clase del servicio Web; su misión es redirigir las llamadas que el cliente haga a sus métodos, lo que se obtiene es la sensación que se está accediendo directamente al servicio Web. Así, la clase proxy controla el trabajo de asignar parámetros a los elementos XML y, después, enviar el mensaje SOAP a través de la red.

A pesar de que las aplicaciones Web se ejecutan en el servidor configurado con IIS, no es necesario trabajar directamente con IIS, sino que se puede hacer a través de Visual Basic.NET.

Resultados y discusión:

Combinando todos los componentes antes mencionados, se logró desarrollar una plataforma de laboratorio remoto que actualmente permite controlar un circuito RC, teniendo como parámetro de elección el tiempo de adquisición de datos. De esta forma, los usuarios que se conectan a él, pueden obtener datos reales del funcionamiento del sistema en régimen transitorio (voltaje vs tiempo) así como también pueden visualizar una gráfica de dicha evolución temporal. Los pares de datos obtenidos en forma remota, pueden ser copiados y exportados a aplicaciones de cálculo (como por ejemplo *Origin*), para realizar un análisis más completo, pudiéndose calcular así, por ejemplo, la constante de tiempo del sistema en estudio y el coeficiente de correlación con el modelo matemático que lo representa. La comparación de los datos experimentales con simulaciones realizadas con los correspondientes modelos matemáticos, permite que los alumnos adquieran una noción clara de la relación entre sistema físico real y modelo matemático (Kofman *et al*, 2001).

En particular, la interfaz del usuario consta de páginas desarrolladas con Visual Basic.NET, vinculadas a través de links. Entre estas paginas, encontramos:

- Página de inicio, que constituye la presentación del Laboratorio Remoto y que contiene los links para las diferentes secciones. (Figura 4)
- Página de acceso al Laboratorio Remoto propiamente dicho.

Con respecto al ingreso al Laboratorio Remoto, hay que diferenciar entre dos tipos de usuarios: los anónimos y los autorizados. Los primeros, son aquellos que pueden acceder a una versión reducida del laboratorio remoto, que consiste sólo en la experiencia RC. Los segundos, son los que podrían realizar experiencias con los circuitos RC, RL y RLC.

- Página para registrarse como usuario autorizado. Para formar parte de esta categoría de usuarios, es necesario previamente rellenar un formulario de inscripción a través del cual se requiere la creación de una cuenta de usuario. Esto permite un acceso restringido que contribuye a la seguridad del sistema.

Además existe un link con la página del Grupo Galileo, grupo de investigación a quien le pertenece este desarrollo. De esta página se pueden bajar programas que permiten simular los sistemas en estudio.

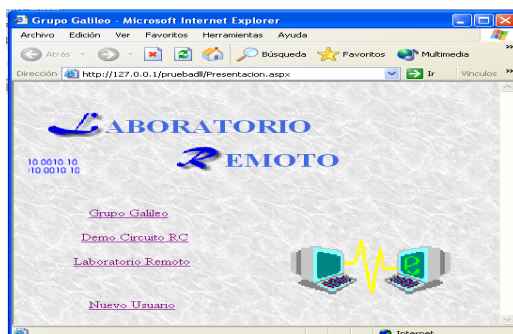


Figura 4. Página de Presentación del Laboratorio Remoto

Como se menciona, hasta el momento a través del laboratorio remoto sólo se puede acceder a la experiencia con el circuito RC. El software implementado para ello, combina programas desarrollados en Delphi 6 y en Visual Basic.NET (constituido tanto por formularios Web como por servicios Web XML). Básicamente, la comunicación entre un usuario y el sistema físico se puede explicar de la siguiente forma: el usuario requiere la realización de una experiencia (determinando el tiempo de adquisición); el servidor, a través de la aplicación desarrollada en Delphi 6 detecta esa petición y emite la orden de conmutar el relé inversor cerrando el circuito durante el tiempo requerido. Así se obtienen datos voltaje vs tiempo que también son graficados. Luego, se envían los resultados al usuario quien los visualiza en la página Web. (Figura 5)

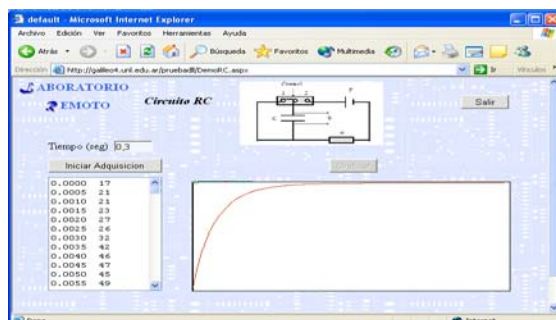


Figura 5. Página del Sistema desarrollado para experiencias con circuito RC

Los resultados obtenidos hasta el momento revelan desde ya que el camino elegido resulta totalmente adecuado al proyecto. Al respecto, se puede mencionar la realización de una experiencia piloto, en la que dos usuarios, uno situado en EEUU y otro en Brasil, lograron acceder al sistema y obtener los datos experimentales sin ningún error.

Además, cabe destacar que el desarrollo es totalmente dinámico, es decir que se está perfeccionando en todo momento. En este sentido, se está trabajando en una nueva placa que integre todas las experiencias (RC, RL y RLC) y que permita al usuario elegir además del tiempo de

adquisición otros parámetros como la resistencia, la capacitancia y la inductancia que desee utilizar en la experiencia, en forma remota y a través de la página Web. También se está avanzando en el tema de gestión y control de las experiencias, con el objetivo de evitar problemas como ser que dos usuarios intenten utilizar el sistema en forma simultánea, lo cual no sería posible ya que se trata de un único circuito conectado al servidor que no permitiría dicha acción. En este sentido, se le van a otorgar “turnos” a los usuarios registrados (autorizados), teniendo éstos prioridad sobre los anónimos que intenten utilizar el laboratorio.

Conclusión:

En este trabajo se planteó el desarrollo de una plataforma para la conexión de un laboratorio básico de circuitos RC a Internet. El sistema desarrollado está constituido por una componente de hardware y otra de software. Ambas fueron implementadas y se logró poner en funcionamiento el laboratorio. Así, se ha logrado desarrollar una plataforma de comunicación y control de un sistema sencillo a través Internet, lo que nos alienta y nos demuestra que vamos por el camino correcto.

Por su parte, pruebas del sistema han demostrado que la tecnología utilizada es adecuada para los objetivos buscados. Por ello, podemos afirmar que es posible la realización de un laboratorio remoto para la realización de experiencias con circuitos RC, RL y RLC de la forma en que lo estamos planteando.

Se tiene como ventaja adicional que, para el desarrollo propuesto, se están empleando recursos de hardware y software completamente realizados por el grupo de investigación en el cual se enmarca el desarrollo, obteniéndose así costos de desarrollo relativamente bajos.

Bibliografía:

- Candelas Herías, F.A.; "Propuesta de Portal de la Red de Laboratorios Virtuales y Remotos de CEA"; Documento de trabajo elaborado para la Red Temática DocenWeb: Red Temática de Docencia en Control mediante Web, extraído del sitio web: <http://disc.ua.es/docenweb> ; fecha de consulta: marzo 2004.
- Ceballos, F.J.; "El lenguaje de programación Visual Basic.Net", Editorial Alfaomega – Ra-Ma, año 2003.
- Charre, F.; "Programación en Delphi 3.0", Editorial Anaya Multimedia, año 1997.
- Domínguez, M.; Reguera, P.; Fuertes, J.J.; "Laboratorio remoto para la enseñanza de la automática en la Universidad de León (España)"; Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial; Vol 2, Núm. 2; Abril 2005.
- Giraldo Arboleda, H.; Álvarez Mesa, M.; Aedo Cobo, J.E.; "Implementación de una tecnología para la construcción de laboratorios remotos para la enseñanza de la Electrónica usando Internet"; extraído del sitio web: <http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt200372919723paper-320.pdf> fecha de consulta: marzo 2004.
- Jiménez, J.M.; Puerto, R.; Reinoso, O.; Fernández, C.; Neco, R.; "RECOLAB: Laboratorio Remoto de Control utilizando Matlab y Simulink"; Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial; Vol 2, Núm. 2; Abril 2005.
- Kofman, H.; Lucero, P.; "Experimentación y simulación con circuitos RC, RL y RLC"; Congreso de Informática del Nuevo Cuyo – 6º Jornadas de Informática Educativa. San Juan, 9 y 10 de noviembre de 2001.

- Kofman, H. ; “Integración de las funciones constructivas y comunicativas de las ntics en la enseñanza de la física universitaria y la capacitación docente”. Revista de Enseñanza de la Física. Año 2004.
- Kofman, H.; Lucero, P.; Serralunga, F.; “Una interfase de 16 bits para usos múltiples. Conceptos y ejemplos de aplicación”; Congreso Latinoamericanos de Ingeniería y Ciencias Aplicadas; Mendoza; marzo 2005.
- Papert, Seymour; Introducción al libro *Logo Philosophy and Implementation*, publicado por Logo Computer Systems Inc. LCSi; 1999.
- Ríos, H.; Torres, G.; Tovar, E.; Bedoya, C.; Olaya, N.; Devia, A.; “Laboratorios remotos: Una realidad para la educación”; Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; extraído del sitio web: www.eadcna.cuao.edu.co ; fecha de consulta: abril 2004.
- "Red docente: Laboratorios Virtuales Remotos para el aprendizaje práctico de asignaturas de Ingeniería II", sitio web: <http://www.disclab.ua.es/aurova/pro.html>
- Links de Laboratorios remotos en funcionamiento:
 - <http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz> (“Alternating current creation”)
 - <http://olbers.kent.edu/alcomed/Remote/> (“Water level height controlled via the Internet”)
 - <http://labvirtual.unalmzl.edu.co> (Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales).