



Los Laboratorios Virtuales¹ y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería

M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina², M.I. Guillermo Hermida Saba³,
M.S.I. José Hernández Silva⁴ y M.C. Enrique Ladrón de Guevara Durán⁵

Resumen— En los Programas Educativos (PE) del Área Técnica (AT) como las ingenierías dentro del Modelo Educativo Integral Flexible (MEIF) de la Universidad Veracruzana, la realización de prácticas con equipo de laboratorio y prototipos didácticos es fundamental si se quiere consolidar los conceptos adquiridos en el aula y el autoaprendizaje. Sin embargo, debido a diferentes razones entre las que se encuentra la falta de presupuesto principalmente, los laboratorios físicos no siempre están disponibles, lo cual impone fuertes restricciones en el proceso de enseñanza aprendizaje. Afortunadamente, las nuevas tecnologías basadas en Internet, la virtualización y la mejora tecnológica en servidores, pueden ser utilizadas para suplir la carencia de laboratorios y además enriquecer el desarrollo de prácticas en espacios y entornos virtuales con características innovadoras. En este artículo presentamos un análisis de las aportaciones didácticas que un área de laboratorios virtuales y remotos pueden ofrecer dentro del ámbito de la enseñanza de la ingeniería.

Palabras claves—Aplicaciones Web, Laboratorios Virtuales, Laboratorios Remotos, Laboratorios Convencionales, Enseñanza de la Ingeniería.

Introducción

La estructuración de información mediante hipertexto, multimedia e Internet, es una herramienta valiosa y muy utilizada (tutoriales, e-cursos, etc.) en la creación de sistemas de apoyo al aprendizaje y de experiencias educativas (EE) que no incluyen una componente práctica importante. De igual forma, los sistemas de enseñanza basada en Internet o *e-learning*, trasladan el entorno de enseñanza a espacios virtuales donde se puede enriquecer el proceso de autoaprendizaje. Pero para los casos en donde son necesarias la realización de actividades prácticas en laboratorios convencionales (LC), las universidades se enfrentan a dificultades que incluyen la carencia de recursos en personas y espacios y problemas presupuestarios para la adquisición de equipo de).

Una solución a estos problemas se puede encontrar en la aplicación de los avances tecnológicos a la docencia e investigación, mediante la creación de laboratorios virtuales (LV). Un LV puede facilitar la realización de prácticas o

¹ Parte del Proyecto “Desarrollo de software y prototipos para el modelado, simulación y control de sistemas dinámicos aplicados a la educación”, del Cuerpo Académico Dinámica De Sistemas UV-CA-281, y la línea de investigación “Desarrollo de sistemas para la educación y la ingeniería” LII006, de la U.V.

² El Maestro Alberto Pedro Lorandi Medina es Investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México. alorandi@uv.mx (autor corresponsal)

³ El Maestro Guillermo Hermida Saba es Investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México ghermida@uv.mx

⁴ El Maestro José Hernández Silva es Investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México jhernandez01@uv.mx

⁵ El Maestro Enrique Ladrón de Guevara Durán es Investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México eladron@uv.mx

experiencias a un mayor número de estudiantes, aunque alumnos y laboratorios no coincidan en un espacio físico. Permite además simular muchos fenómenos físicos y modelar sistemas, conceptos abstractos, situaciones hipotéticas, controlando la escala de tiempo, la frecuencia, etc., ocultando si así se requiere el modelo matemático y mostrando solo el fenómeno simulado, e inclusive de forma interactiva, llevando el laboratorio al hogar de nuestros estudiantes.

A medida que el costo de los *LC* aumenta tanto por la actualización y la complejidad de sus actividades, las tecnologías de información y comunicación (*TICs*) y la computación han hecho que los *LV* evolucionen, transformándose en laboratorios remotos (*LR*) en los que con el software y el hardware adecuados el estudiante puede usar y controlar los recursos físicos de un *LC* a través de una Intranet o inclusive a través del Internet, permitiendo una aportación didáctica a la docencia nunca antes vista.

Laboratorios Convencionales (*LC*)

Los laboratorios convencionales (*LC*), han sido tradicionalmente el único sitio para desarrollar prácticas y hacer experimentación. Sin embargo, a medida que los modelos educativos (*ME*) se han transformado hacia modelos flexibles y enfocados a competencias, la inclusión de las *TICs*, han cambiado radicalmente el concepto de espacio físico. Esto ha hecho patente una serie de limitaciones en el *LC* que, a pesar de la enorme importancia que éste tiene para el aprendizaje, no puede ofrecer la versatilidad idónea. También es un hecho que el *LC* tiene tiempos de respuesta lentos. No obstante, facilita mucho el planteamiento de problemas que permiten a nuestros estudiantes aplicar sus conocimientos acerca del mundo que los rodea, entrenándose en la aplicación del método científico en el mundo real.

Posiblemente una de las principales ventajas que ofrece un *LC* es su interactividad, al permitir que el estudiante tenga contacto con una planta real. Al poder observar lo que sucede en sus experimentos, el alumno desarrolla habilidades cognitivas. Sin embargo, a pesar de ser el *LC* un lugar idóneo para la experimentación, presenta inconvenientes entre los que podemos destacar el costo inicial⁶, el mantenimiento, el consumo de energía, y las restricciones en espacio debido al incremento en la matrícula propia de la explosión demográfica.

Por otro lado, las prácticas necesitan de una supervisión y puesta a punto por parte de los profesores o los encargados de los *LC*, por lo que se limita de manera natural el número de estudiantes que pueden ser atendidos, llegando muchas veces a ser subutilizados, además de que obliga a la presencia física del alumno.

Laboratorios Virtuales (*LV*)

Los *LV* por otro lado, al ser desarrollados como un sistema computacional accesible vía Internet, mediante un simple navegador, se puede simular un *LC* en donde los experimentos se llevan a cabo siguiendo un procedimiento similar al que se sigue en un *LC*, pudiendo inclusive ofrecer la visualización de instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos, programados mediante applets de Java, Flash, cgis, javascripts, PHP, etc., incluyendo imágenes y animaciones.

Mediante el uso de aplicaciones privativas⁷ o libres⁸ ejecutadas vía Internet, se pueden obtener resultados numéricos y gráficos. Inclusive, mediante el uso de un *CAE*⁹, se pueden tratar problemas de manera matemática, para obtener las competencias necesarias perseguidas en el diseño instruccional (*DI*) de las experiencias educativas.

Comparado contra un *LC*, un laboratorio virtual presenta por ejemplo las siguientes ventajas:

- Permite a un número mayor de estudiantes experimentar con un laboratorio de manera asíncrona sin importar que no coincidan en espacio
- Acerca al estudiante a los laboratorios mediante el uso de un simple navegador, pudiendo experimentar sin riesgos, y, además, permitiendo un horario completamente flexible para hacer sus prácticas, evitando el problema de solapamiento con los horarios de otras experiencias educativas.

⁶ Que pudiera ser solucionado construyendo equipo de laboratorio didáctico de bajo costo. Ésta ha sido una línea de trabajo del grupo de control del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana en la Región Veracruz.

⁷ Software que por su esquema de licenciamiento impide su modificación o libre copia

⁸ Software con un esquema de licenciamiento que permite su modificación, copia y distribución.

⁹ Ingeniería asistida por computadora (*CAE*, del inglés *Computer Aided Engineering*)

- Reduce drásticamente el costo de instalación y mantenimiento de un laboratorio, siendo una alternativa eficiente y económica de tomar en cuenta frente a cualquier *LC*.
- Brinda un ambiente propicio para el autoaprendizaje, donde el estudiante tiene plena libertad de modificar las variables de entrada y configuración del sistema bajo análisis, además de aprender el uso y manejo de instrumentos, ofreciendo casi una completa personalización del experimento.
- Mediante simulación, un *LV* puede permitir una visión mucho más intuitiva de aquellos fenómenos que en su contraparte convencional, no pueden ser observados con la suficiente claridad gráfica.
- El uso de un *LV* puede dar lugar a grandes cambios e innovaciones en el proceso de enseñanza, permitiendo obtener las competencias necesarias en un menor tiempo.
- Puede enriquecer el proceso tradicional de modelar matemáticamente un sistema bajo estudio, para posteriormente desarrollar una práctica de laboratorio, en un *LV*, estos dos procesos pueden ser complementados por una serie de elementos multimedia que guíen al estudiante en su autoaprendizaje.
- A diferencia de lo que puede aportar a un *LC* un Centro de Cómputo, en donde se tengan instaladas aplicaciones de simulación, un laboratorio virtual puede incrementar la diversidad didáctica, complementando con multimedia las metodologías convencionales.
- Un estudiante puede experimentar libremente las veces que quiera sin el miedo a sufrir o provocar un accidente, sin tener que avergonzarse de realizar cuantas veces sea necesaria la misma práctica hasta obtener la competencia necesaria.
- El estudiante puede asistir al laboratorio en cualquier momento, haciendo o usando las áreas que sea más significativas para él y recibir además la asesoría de sus profesores en los aspectos que su autoaprendizaje requiera.
- Puede complementarse con aplicaciones y actividades diseñadas para facilitar la construcción de su propio conocimiento.

Un laboratorio virtual también presenta algunas desventajas, por mencionar solo algunas podemos decir que:

- No puede sustituir del todo la experiencia práctica altamente enriquecedora del *LC*. Hay situaciones y prácticas que solo pueden realizarse en un equipo físico de laboratorio o prototipo educativo. No obstante, un *LV* puede ser una herramienta complementaria valiosa en experiencias educativas como por ejemplo: teoría de circuitos, sistemas de control, dinámica de fluidos, etc.
- En los *LV*, como en cualquier sistema de enseñanza a distancia, se corre el riesgo de que el estudiante se comporte como un simple espectador, por lo que el diseño instruccional de las experiencias educativas, debe contemplar que las actividades en el *LV* vengán acompañadas de un guión, guía o manual de prácticas y proceso de evaluación que ayude a que los objetivos se cumplan.
- Las actividades a realizar en un *LV*, deben ser perfectamente planeadas con actividades ordenadas y progresivas, conducentes a que el estudiante alcance las competencias que la *EE* requiere.
- Un *LV*, por ser una virtualización de la realidad, puede provocar en el estudiante una pérdida parcial de la visión de la realidad que se estudia. Además, no siempre se pueden simular todos los procesos reales, lo que implica una cuidadosa revisión del diseño educativo por parte de los profesores.
- Por ofrecer Internet muchos distractores, para que el proceso de enseñanza mediante *LV* sea útil, se deben seleccionar los contenidos relevantes y tratar de que estos resulten lo suficientemente atractivos para mantener la atención del estudiante
- Por el reto que representan las *TICs* en un sector de la docencia, existe una resistencia entendible al uso de *LV*, en las instituciones educativas donde el uso de recursos tradicionales, tanto en el modelo educativo como en el uso de *LC*, la transición debe llevar de la mano a una cuidadosa selección de actividades de aprendizaje y campos de aplicación.
- No todas las instituciones educativas cuentan con un área de desarrollo de software de apoyo académico¹⁰, que den soporte al diseño e instalación de *LV*.

Laboratorios Remotos (*LR*)

Los *LR* se pueden considerar como una evolución de los *LV*. En este caso al sistema computacional se le agregan instrumentación, control y acceso a equipos de laboratorio reales. Ya no hablamos de llevar a cabo prácticas en un

¹⁰ La Universidad Veracruzana cuenta con una Dirección de Desarrollo Informático de Apoyo Académico que depende de la Dirección general de Tecnología de Información, que da soporte a desarrollos académicos.

simulador, sino que se trata de realizar actividades prácticas de forma local o remota a través de una Intranet o Internet, permitiendo la transferencia de información entre un proceso real y los estudiantes de manera unidireccional o bidireccional. Bajo este esquema el estudiante utiliza y controla los recursos disponibles en un laboratorio, mediante el uso de tarjetas de adquisición de datos, sensores e instrumentos de medida con interfaces de red y software como LabView¹¹, por ejemplo.

La diferencia contra un *LV* estriba en las interfaces de hardware instaladas en el equipo real. Los *LR* presentan mayores ventajas que los *LV*, debido a que los primeros proporcionan una interactividad con equipamiento real, en lugar de usar programas que simulan los procesos. Los *LR* son una innovación en el campo de la educación y debe prestarse atención tanto a su diseño, al estudio de las ventajas e inconvenientes, y sobre todo, a sus aportaciones didácticas. Las ventajas que pueden ofrecer son por ejemplo:

- Pueden aprovechar los *LC* existentes, al integrar sistema computacional con equipo e instrumentos, aunque el ahorro no es el objetivo principal, ya que se requiere adquirir software que generalmente es costoso.
- A diferencia de los *LV*, el estudiante no pierde la perspectiva real, ya que, por un lado, los instrumentos virtuales diseñados son idénticos a los reales y, por otro, la respuesta de los sistemas es la de un sistema real y solo se usa simulación para comparar resultados.
- Se explotan las ventajas de una Intranet o de Internet, ya que se puede tener acceso al laboratorio a través de una red, permitiendo inclusive experimentación asíncrona y solo limitando el uso, un esquema de programación de tiempos de uso, ampliando la oferta de horarios para el estudiante en formación.
- Pueden convertirse en un recurso extremadamente enriquecedor en la formación y adquisición de competencias, ofreciendo los resultados de la experimentación casi en tiempo real, solo estando limitados por la latencia propia de la red.
- Es posible llevar a cabo experimentos de forma estructurada o incluso de manera libre, en la que el estudiante puede desarrollar habilidades para la solución de problemas, observación, interpretación y análisis de resultados, de forma similar a la que lo hacen sus profesores o los investigadores de su universidad.
- El acceso, al igual que en un *LV*, solo se limita a tener una computadora con un navegador de Internet.
- Los *LR* ofrecen a nuestros estudiantes, la posibilidad de controlar de forma remota las aplicaciones basadas en instrumentos virtuales, enfrentando los mismos ambientes que existen en las empresas que han tomado el camino de la automatización y la reingeniería de sus procesos.
- Los *LR* pueden aprovechar los últimos adelantos tecnológicos del Internet. Citamos, por ejemplo, a la comunidad de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (*CUDI*), denominada “Laboratorios Compartidos¹²”, donde se aprovecha el ancho de banda del Internet 2 para compartir laboratorios remotos de universidades mexicanas.

Al igual que los *LV*, los *LR* también presentan algunos inconvenientes o desventajas, entre las que se pueden mencionar:

- La experimentación en tiempo real exige períodos de muestreo relativamente pequeños, requiriendo recursos y hardware que por lo general, resultan costosos, además de que la necesidad impone el uso de sistemas operativos en tiempo real o la adquisición de hardware especializado como el que ofrece la compañía National Instruments por ejemplo.
- Al conectar sistemas reales al Internet para su manipulación por los estudiantes, es necesario implementar los protocolos de comunicaciones correspondientes y esquemas de seguridad que siempre son sujetos a vulnerabilidades, lo que encarece el esquema y deja puertas abiertas a la inseguridad de las redes institucionales ocasionado que generalmente, este tipo de laboratorios queden protegidos por un firewall, lo que impide compartirlos libremente.
- Por sus propios requerimientos, para poder manipular los sistemas e interactuar con el hardware existente, es necesario utilizar entradas y salidas digitales o analógicas, para las que el hardware de buena calidad resulta ser de un costo considerable, además de que debe ser lo suficientemente robusto para no presentar fallas en ningún momento, mientras los estudiantes se encuentran realizando alguna actividad.

¹¹ Software privativo de National Instruments que permite el diseño de instrumentación virtual con interfaces al mundo real mediante el uso de tarjetas y hardware de adquisición de datos.

¹² I2 <http://www.fisica.unam.mx/psantiago>, <http://www.cudi.mx/laboratorios/index.php>

- Por tratar con equipo real sujeto a mal uso, los *LR* deben considerar esquemas de seguridad que impidan el daño permanente a equipo de *LC* que puede ser muy costoso.
- Mientras que las aplicaciones multimedia o los laboratorios de experimentación virtuales ya están bastante extendidos en Internet, los *LR* existen en una cantidad menor. Son muy pocas las universidades que han logrado poner en operación *LR* funcionales.
- En las instituciones de educación, aún no se ha hecho uso de este tipo esquemas y experiencias, debido posiblemente a sus elevados costos, a la escasa formación del profesorado en aspectos de instrumentación virtual especializada, a la falta de recursos informáticos y por la carencia de un área de desarrollo de software de apoyo académico institucional que supone desarrollar estos sistemas.

Algunos Ejemplos

Si bien ya se encuentra un número considerable de laboratorios virtuales y algunos laboratorios remotos en operación, en México todavía hay poca difusión y es necesario vincular estos laboratorios con las experiencias educativas relacionadas con el área técnica para lograr lo que se denomina un andamiaje adecuado que permita al estudiante transitar libremente hacia la construcción de su propio conocimiento, casos interesantes existen, pero el concepto de un portal único para conjuntar todos los esfuerzos y ofrecer una puerta de entrada equivalente a la que encontramos en los *LC*, no existe, o no se logró encontrar.

Entre los ejemplos de laboratorios virtuales podemos citar:

- PID Controller Laboratory, <http://www.pidlab.com> con Applets de *LV*, para el diseño, sintonía y análisis de sistemas con controladores Proporcional-Integral-Derivativo (*PID*)
- Web-Based Control System Design and Analysis <http://www.softintegration.com/webservices/control/> que permite en análisis y diseño de sistemas de control, de forma interactiva y en el dominio del tiempo o de la frecuencia
- Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid http://www.isa.cie.uva.es/~jesusm/investiga/labo_virtuales.html, con una serie de aplicaciones en línea de *LV*
- Control Web, Universidad de la Laguna, España, http://controlweb.isaatc.ull.es/web_eng/eng_index.htm, enfocado al análisis y diseño de sistemas de control que incluye tanto controladores convencionales como control *PID*.
- El sitio de Easy Java <http://www.um.es/fem/EjsWiki/?userlang=es>, que ofrece un *LV* que es un sistema de autoría escrito en Java para desarrollar simulación vía WEB.
- CHERIC Process Control Aplet Series <http://www.cheric.org/education/control>, con experimentos con applets sobre aspectos básicos de control de procesos (introducción, bucle cerrado, polos y ceros, *PID*, etc.)

Instancias notables de laboratorios remotos

- Automatic Control Telelab <http://act.dii.unisi.it/home.php>, con experimentos remotos sobre diferentes plantas (motor, levitador magnético, helicóptero, robot LEGO, tanques), y que permite introducir código de control desarrollado por el usuario e incluso, contempla el desarrollo de prácticas de identificación de sistemas.
- Laboratorio Remoto de Automática industrial <http://ira.unileon.es/es>. Es un laboratorio remoto con acceso a equipos industriales, como una planta piloto para la realización de experiencias de control de operación y supervisión remota, maquetas de procesos de control sobre variables de nivel, caudal, temperatura y otros equipos de automatización.
- Mechatronics Remote-Access Laboratory <http://mechanical.poly.edu/research/control/RemoteLab.htm>. Tiene diseño de controladores *PID* para un sistema de tercer orden construido con circuitos RC. Permite introducir el código de control diseñado por el usuario, basado en LabView.
- Web shaker <http://webshaker.ucsd.edu>. Es un experimento sobre una mesa agitadora que simula terremotos, que puede ser controlado a través de Internet con el objetivo de diseñar el movimiento y evaluar sus efectos.
- Instituto Tecnológico de Monterrey. Laboratorios Remotos de Ingeniería para trabajar a distancia <http://www.itesm.edu/wps/wcm/connect/snc/portal+informativo/por+campus/laguna/academia/noticia+laboratorios+remotos+ing+lag>

Otros sitios de interés

- AutomatL@bs <http://lab.dia.uned.es/automatlab>, una red de laboratorios virtuales/remotos para la enseñanza de la automática que se constituye mediante la integración de los recursos que aportan los grupos que participan en el proyecto.
- Linear Cascade Remote Lab http://www.energy.kth.se/proj/projects/Remote_labs/LinearCascade_Lab.asp, simulador de una turbina para el estudio de conceptos de aerodinámica del flujo de un fluido. Se puede solicitar el acceso remoto al equipo real.

Laboratorio Virtual de Simulación (LVS)

Un tipo de laboratorio que debe ser mencionado es un Laboratorio de Simulación Virtual (LSV), donde desde una Intranet o Internet, se tiene acceso a software de simulación gráfica como Simulink o Scicos/Xcos. Comprende un entorno de programación de más alto nivel de abstracción que el lenguaje interpretado en el que se ejecutan Matlab o Scilab, que complementen las actividades de simulación. Estos laboratorios deben poder permitir la construcción de modelos matemáticos de forma gráfica, es decir sin usar una interface de comandos como lo hacía por ejemplo un Matlab Web Server que ya ha sido discontinuado en sus nuevas versiones, y permitir una enriquecedora experiencia que complemente el autoaprendizaje de nuestros estudiantes.

Laboratorios de Matemáticas (LVM)

Finalmente, un laboratorio virtual que puede complementar a los LV, LR y LVS, es el laboratorio virtual de matemáticas, que básicamente es un sistema computacional con acceso vía Internet, que permite (1) usar, por ejemplo, un CAE, para la solución de todo tipo de ecuaciones matemáticas algebraicas, matriciales, diferenciales, en derivadas parciales, etc., (2) graficar funciones en 2 y 3 dimensiones, (3) y desarrollar estadística y otros modelos matemáticos propios de las ingenierías.

Este tipo de laboratorios no solo puede resultar de utilidad para el área técnica, de hecho puede ser considerado un laboratorio básico para casi todos los programas educativos, con la ventaja importante de que permite a los estudiantes repetir las veces que sea necesario un ejercicio, experimentando a su propio ritmo y sin el temor de preguntar tantas veces como sea necesario, esto combinado con sesiones remotas con sus profesores, puede mejorar mucho el proceso de aprendizaje.

Un esquema de este tipo de sistemas computacionales es SAGE, un sistema algebraico computacional (en inglés CAS), desarrollado en Python, que reúne y unifica bajo un solo entorno, lenguaje y jerarquía de objetos, toda una colección de software matemático, tratando de llenar los huecos de funcionalidad dejados por otras aplicaciones similares. El sitio de SAGE <http://www.sagemath.org/> es un servidor con herramientas matemáticas al que se tiene acceso vía Internet y que ofrece lo que llaman un “notebook”, que es una hoja semejante a la de un procesador de palabras matemático, donde se escriben y solucionan ecuaciones matemáticas.

Qué Hacer

En la Universidad Veracruzana, la implantación de un modelo educativo integral flexible y el cambio de paradigmas en el diseño instruccional enfocado hacia competencias, hace casi necesario el desarrollo de LV, un LVS, un LVM, e inclusive LR, que enriquezcan el proceso de construcción de su propio conocimiento entre nuestros estudiantes. Es necesaria la puesta en operación al menos de un área de LV que pueda ser usada por nuestros estudiantes del área técnica, que además pueda ser usada no solo en nuestra Intranet, sino desde Internet para llevar el laboratorio a casa del estudiante, dándole la libertad de experimentar a su propio ritmo y de manera asíncrona.

El Cuerpo Académico Dinámica de Sistemas UV-CA-281, del Instituto de Ingeniería de la U.V. en un proyecto de investigación denominado “*Desarrollo de software y prototipos para el modelado, simulación y control de sistemas dinámicos aplicados a la educación*”, pretende desarrollar un portal de laboratorios virtuales que permita a nuestros programas académicos del área técnica, integrar en sus experiencias educativas el uso de estos esquemas de laboratorios que complementen y llenen los vacíos existentes en nuestros laboratorios convencionales, desarrollando un andamiaje que permita el logro de las competencias que requiere un ingeniero egresado de la U.V.

Referencias

Amaya, G., “Laboratorios reales versus laboratorios virtuales, en la enseñanza de la física: El hombre y la máquina, “ Vol. XXI, Núm. 33, julio-diciembre, 2009

Andújar, J., Mateo, T. "Diseño de Laboratorios Virtuales y/o Remotos. Un Caso Práctico," Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Vol. 7, No. 1, Enero de 2010.

Calvo, I., Zulueta, E., Gangoi, U., López, J. "Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas," Ikastorratza, revista electrónica de Didáctica. Tercer número. http://ehu.es/ikastorratza/castellano/index_cast

Calvo, I., López, F., Zulueta, E., Pascual, J. "Laboratorio de control remoto de un sistema de Ball & Hoop", XXIX Jornadas de Automática, JAT08, Tarragona, Septiembre, 2008, ISBN: 978-84-691-6883.-7 <http://jata08-events.urv.cat/files/298.pdf>

Jugo, J., Sagastebeitia, I., Etxebarria, V. "Laboratorio de control en tiempo real via Internet usando herramientas open source", V Jornadas de Enseñanza via Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática, EIWISA'07, Zaragoza, España, 2007

Monge, J., Méndez, V., "Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: La opinión del estudiantado en un proyecto de 6 años de duración," Educación, Año 31, Vol. 001, Costa Rica, 2007

Sánchez, J. Dormido, S. y Morilla, F. "Laboratorios virtuales y remotos para la práctica a distancia de la Automática," XXI Jornadas de Automática, Conferencia plenaria, Sevilla, 2000. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:783&dsID=n2000_LVR_JA00.pdf

Shuang, H., "Internet-based Control Systems," Advances in Industrial Control, Springer-Verlag, London, 2011

El **M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina** estudió la licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Universidad Veracruzana, donde posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería. Actualmente es profesor de tiempo completo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

El **M.I. Guillermo Hermida Saba** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Veracruz. Posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería en la Universidad Veracruzana. Actualmente es profesor de tiempo completo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, donde

El **M.S.I. José Hernández Silva** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, Maestría en Sistemas de Información por la Universidad Mexicana y estudios de posgrado en Arquitectura y Tecnología de los Sistemas por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Actualmente es profesor de medio tiempo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

El **M.C. Enrique Ladrón de Guevara Durán** estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en eléctrica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, Maestría en Ingeniería eléctrica en sistemas de potencia en el Instituto Tecnológico de la Laguna. Actualmente labora como profesor de tiempo completo en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.