

REMOTE AND VIRTUAL LABORATORY: A TOOL FOR DEVELOPMENT IN ENGINEERING PRACTICE

Article Information:

Received: October 10, 2013

Accepted: December 13, 2013

Keywords: Laboratory Remote, Virtual laboratory, Traditional laboratory, Remote access, Teleoperation

Abstract: Higher Education on-campus class currently is comprised of two types of work: the work of direct support by the teacher in the classroom and the student's independent work, engineering are not unaware to this teaching methodology so that the student has to perform independent practical work in laboratories of each institution. Currently the universities are providing a solution to this problem by implementing a new concept in remote practices directly with electronic devices in laboratories, but accessible at any time through the web.

This article aims to make an investigative analysis using remote and virtual laboratories in other national or international higher education institutions, having as factor monitoring technological and academic resources necessary to implement these types of laboratories.

LABORATORIOS REMOTOS Y VIRTUALES: UNA HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS EN INGENIERÍA

Wilmar Yovany Rojas¹, M.Sc., Andrea Liliana Fagua², M.Sc. (c)

Grupo de Investigación GEATIC, Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja, Colombia

¹wrojas@jdc.edu.co, ²afagua@jdc.edu.co

Información del artículo:

Recibido: 10 de octubre de 2013

Aceptado: 13 de diciembre de 2013

Palabras Claves: Laboratorio remoto, Laboratorio virtual, Laboratorio tradicional, Acceso remoto, Teleoperación.

Resumen: La Educación Superior en modalidad presencial actualmente integra dos tipos de trabajo, el trabajo de acompañamiento directo por parte del docente en el aula y el trabajo independiente del estudiante. Las ingenierías no son ajenas a esta metodología de enseñanza, por lo cual el estudiante tiene que realizar trabajo independiente de carácter práctico en los laboratorios de cada institución. Actualmente, las instituciones universitarias están dando solución a esta problemática con la implementación de un nuevo concepto en prácticas de forma remota, directamente con dispositivos electrónicos existentes en los laboratorios, pero accesibles en cualquier momento a través de la web.

Con este artículo se busca realizar un análisis investigativo del uso de laboratorios remotos y virtuales en otras instituciones de educación superior a nivel nacional e internacional, teniendo como factor de seguimiento los recursos tecnológicos y académicos necesarios para la implementación de este tipo de laboratorios.

1. INTRODUCCIÓN

En la última década, las telecomunicaciones han cambiado los procesos industriales, administrativos y gubernamentales; se tiene control en la producción, el manejo financiero y la administración de recursos físicos y humanos. De la misma forma, las telecomunicaciones han transformado el diario vivir de las personas con el uso de dispositivos móviles, computadores, tabletas electrónicas, entre otros; compartiendo un gran flujo de información al tener seguimiento sobre muchas actividades a la vez, sin importar las distancias y el tiempo.

La educación universitaria no es indiferente al avance tecnológico. En el mundo la enseñanza está en constante cambio y la presencialidad en el aula ya no es el único método de aprendizaje; actualmente, a nivel mundial, también se habla de educación a distancia utilizando los diferentes medios tecnológicos, teniendo como gran componente de la formación educativa la virtualidad, es así que programas de especialización, maestría y doctorado se valen de los diferentes recursos tecnológicos en telecomunicaciones para impartir sus conocimientos y ofrecer sus programas teniendo estudiantes de diferentes regiones del país e incluso internacionales [1] [2].

Los programas académicos universitarios han modificado sus currículos tradicionales, adaptándolos a las necesidades actuales a través de la virtualidad de la educación, siendo esta parte de la enseñanza en modalidad presencial. Por tanto, se hace necesario incluir la *virtualización* dentro de la presencialidad en los métodos de aprendizaje, lo que permite al estudiante interactuar con los diferentes dispositivos de telecomunicaciones a través de plataformas informáticas denominadas comúnmente como aula virtual, introduciendo el concepto de flexibilidad curricular y trabajo independiente como parte de la formación integral del futuro profesional [3].

La academia se ha inclinado más en adaptar los currículos de los programas de formación analítica y teórica (administración, gestión empresarial, licenciaturas, entre otros), ya que no requieren de laboratorios especializados ni tecnología avanzada para desarrollar sus actividades académicas e incluso en el modelo de educación a distancia tradicional, utilizan textos especializados convencionales y módulos educativos para el trabajo independiente del estudiantes cuando no se puede acceder a medios tecnológicos para los procesos de enseñanza; sin embargo, a diferencia de este tipo de programas académicos, en las ingenierías se requiere que el estudiante realice prácticas en laboratorios especializados con guías de trabajo de forma presencial para tener un buen nivel de conocimiento, lo cual ha despertado el interés por parte de las instituciones universitarias de incluir como solución a esta problemática el uso de laboratorios remotos y virtuales.

2. METODOLOGÍA

Para la investigación se tendrá en cuenta los avances tecnológicos adelantados por otras instituciones educativas frente a este tema, dados a conocer por medio de artículos científicos, trabajos de grado a nivel doctorado, maestría y desarrollos propios de empresas.

Los laboratorios remotos y virtuales en la educación tiene gran impacto en la actualidad, especialmente en la educación superior como herramienta de apoyo para el trabajo independiente del estudiante. En la última década las instituciones universitarias se han interesado por la implementación de laboratorios de este tipo de tal forma que en esta investigación se recopilará información necesaria para poder implementar un laboratorio de esta clase de acuerdo con los desarrollos adelantados por otras instituciones.

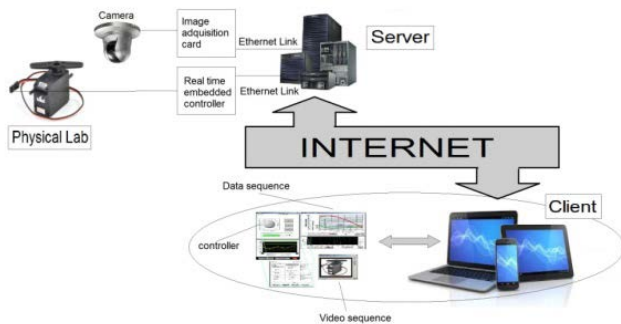
Las experiencias en implementación de laboratorios remotos y virtuales [4], por parte de otras instituciones, son de interés para esta investigación ya que se hace necesario saber las experiencias

que han tenido otras instituciones posteriores a la implementación de estos laboratorios.

3. LABORATORIOS REMOTOS Y VIRTUALES

Un laboratorio remoto se puede definir como un sistema de experimentación basado en una infraestructura de comunicación, como la proporcionada por Internet, donde el usuario y los dispositivos a controlar (reales o simulados) están geográficamente separados, y donde las tecnologías de la información y las comunicaciones se usan para permitir a los usuarios acceder a dichos equipos, tal y como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Diagrama de un laboratorio remoto



Fuente: <http://www.ieeetclt.org/issues/january2002/index.html>.

Por tanto, los laboratorios remotos son espacios físicos reales donde se encuentran equipos a los cuales se puede acceder remotamente a través de la red y manipularlos por medio de navegadores o software de descarga, que permite realizar prácticas en tiempo real con visualización por medio de cámaras de dichos equipos [5] [6] [7].

Así mismo, los laboratorios virtuales son espacios recreados por sistemas computacionales, servidores que permiten por medio de una red interactuar en actividades de simulación de equipos y actividades prácticas [8] [9].

3.1 Historia y actualidad de los laboratorios remotos

Los laboratorios remotos y virtuales no son una tecnología reciente, estudios demuestran que este tipo de laboratorios se vienen trabajando desde hace más de 20 años, inicialmente en el campo espacial con proyectos de teleoperación [10] de dispositivos electrónicos como naves y telescopios espaciales; en el año 1998, se introdujo el concepto de laboratorios remotos y virtuales en la educación con los primeros laboratorios en robótica y con el incremento del ancho de banda se ha aumentado el uso de este tipo de laboratorios en diferentes universidades, por ejemplo, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Valladolid (España), se implementó un laboratorio remoto en Física que consiste en el estudio de un Péndulo Físico, mediante la realización de una experiencia real que emplea un péndulo que se puede controlar y visualizar a través de la red con una cámara web [11]. Ejemplos de laboratorios remotos y virtuales, ya estructurados, tenemos el Web Lab-Deusto [12] de la Universidad de Deusto en Madrid, (España), que cuentan con laboratorios totalmente equipados que permiten a los estudiantes experimentar de forma remota, otros laboratorios que se encuentran en España como el de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) que permite realizar prácticas en automatización y control, actualmente existen redes de laboratorios remotos que trabajan continuamente en mejorar las aplicaciones de éstos, orientados a la formación de profesionales entre las que se destacan la Red temática de docencia en automática – AutomatL@bs [13] que a sí misma se define como “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 [14].” De tal forma que los adelantos tecnológicos que se tienen a nivel mundial son muy importantes en el desarrollo de este tipo de laboratorios y ya se aplican como solución a la enseñanza para el fortalecimiento del trabajo independiente de los estudiantes. Actualmente, en Colombia, se adelantan investigaciones que llevan a la construcción

de los mismos, Zamora R. realizó una investigación del manejo de estos laboratorios, teniendo en cuenta los protocolos necesarios para su funcionamiento [15].

El gobierno de Colombia, por medio de la oficina de innovación educativa con el uso de nuevas tecnologías y el plan vive digital, apoya este tipo de proyectos. Los laboratorios remotos y virtuales hacen parte de los desarrollos investigativos de las instituciones de educación superior, universidades como la Universidad del Valle, Universidad del Quindío y Unicomfacauca adelantan un proyecto en común denominado laboratorio remoto para robótica móvil y robótica de manipuladores en apoyo con la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada RENATA [16], que ofrece una plataforma informática de alta que le permite a las universidades hacer adelantos sobre este tipo de laboratorios.

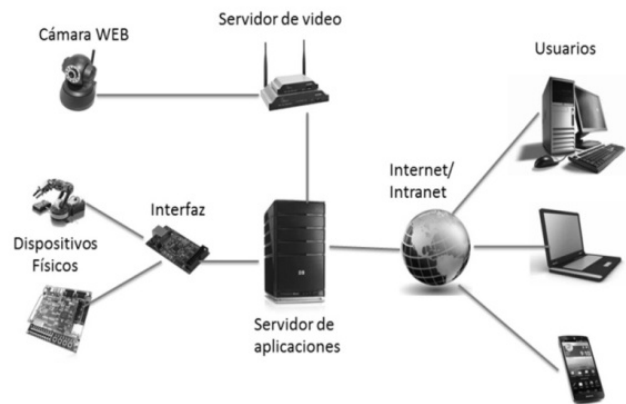
El 23 de enero de 2013, se realizó el Día Virtual de Acceso Libre a Laboratorios Complejos, Virtuales y Teleoperados, en el cual se hizo la presentación y lanzamiento de e-lab Colombia y se contó con la participación de expertos de Chile, México y España, donde se dio a conocer “la iniciativa de una nueva comunidad en RedCLARA que busca ofrecer laboratorios virtuales y tele-operados de acceso libre que hagan uso de las redes académicas avanzadas nacionales, motivar su utilización y promover la generación de nuevos laboratorios en diversas áreas del conocimiento para su uso compartido entre los miembros de la comunidad” [17]. A partir de este año, se estableció el convenio entre la Universidad del Magdalena y la Universidad Autónoma del Caribe para la creación de laboratorios de robótica para construir una red que promueva la creación y uso de laboratorios virtuales y teleoperados que utilicen RENATA e Internet para el servicio de la educación [18].

3.2 Arquitectura de los laboratorios remotos

Los laboratorios remotos y virtuales están conformados por tecnologías estándar dadas desde

la misma arquitectura web cliente – servidor que permite acceder a un entorno web remoto a través de un computador como cliente. Una de las arquitecturas que más se adecúa a los laboratorios remotos y virtuales es el uso de tecnologías estándar (html, Java, entre otras), como medio de interacción entre el cliente y el servidor [19], con aplicaciones instaladas para permitir interactuar con dispositivos de carácter físico y/o virtuales. La arquitectura estándar cliente – servidor como base para la construcción de laboratorios remotos y virtuales, tal como se observa en la figura 2, está conformada por un servidor que administra y controla los dispositivos físicos existentes en el laboratorio, intranet/internet como medio de comunicación y el cliente como medio de acceso para la realización de prácticas [20] [21] [22].

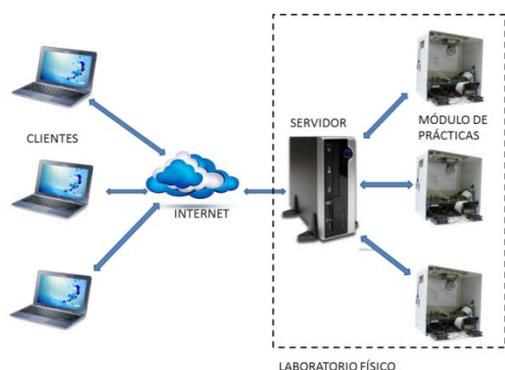
Figura 2. Arquitectura de un laboratorio remoto y virtual



Fuente: los autores, 2013

Un ejemplo de esta arquitectura cliente – servidor es el aplicado en los laboratorios de LABNET [23] [24], como se explica en la figura 3, que visualiza un entorno de trabajo donde se tiene como acceso a los clientes, un medio de comunicación que es Internet y un servidor conectado a diferentes dispositivos electrónicos a través de una interfaz de control denominadas módulo de práctica que permiten interactuar a través de una cámara con los dispositivos del laboratorio [25] [26].

Figura 3. Arquitectura del sistema LABNET



Fuente: los autores, 2013

3.3 Clasificación de los laboratorios remotos

Los laboratorios remotos y virtuales se pueden clasificar según sus características de accesibilidad y uso, de acuerdo con el entorno de trabajo y de sus aplicaciones, teniendo en cuenta el tipo de clasificación se dividen en dos grupos, uno por la forma de acceder a los recursos sobre los que se experimenta y el otro en la naturaleza del sistema sobre el que se opera. Adicional a esto, se pueden diferenciar entre el acceso remoto a través de una red y el acceso local con conexión guiada o no guiada y haciendo referencia al lugar de trabajo que es de carácter físico o virtual, de acuerdo con estos criterios se puede establecer cuatro clases de laboratorio [27] [28] [29] [30], como lo describe la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los Entornos Experimentales

		Naturaleza del recurso	
		Real	Simulado
Acceso al Recurso	Local	Laboratorio tradicional	Laboratorio virtual monousuario
	Remoto	Telelaboratorio o laboratorio remoto	Laboratorio virtual multiusuario

a. Laboratorio tradicional. Es el espacio físico donde el estudiante puede experimentar directamente con los dispositivos a través de prácticas orientadas por un instructor [31][32].

b. Tele-laboratorio o laboratorio remoto. Al igual que un laboratorio tradicional, es un recurso real

situado en algún espacio pero que permite al estudiante realizar prácticas desde fuera de este entorno por medio de las telecomunicaciones sin tener que acceder físicamente al laboratorio, permitiendo la manipulación de instrumental de forma remota[33][34].

c. Laboratorio virtual *monousuario*. El entorno de trabajo no es real, se trabaja sobre un programa informático que permite realizar las prácticas en modo de simulación, este software brinda entornos ajustados a la realidad que ofrecen condiciones similares a las de un laboratorio real, pero se limita al trabajo de solo un usuario, ya que es un programa instalado en un computador que no permite la interacción con otros usuarios [35].

d. Laboratorio virtual multiusuario. El entorno de trabajo es similar al laboratorio virtual *monousuario* en cuanto al acceso, pero el entorno de trabajo es sobre una plataforma, por lo que el estudiante trabaja con su interfaz de experimentación sobre un sistema virtual accesible a través de Internet. Presenta como diferencia que pueden trabajar múltiples usuarios simultáneamente sobre el mismo sistema virtual [36].

3.4 Jerarquía de los laboratorios remotos

Los laboratorios deben presentar como mínimo tres niveles para su correcta construcción y utilización [37], teniendo en cuenta un estándar general de los niveles que debe presentar todo laboratorio para tener una correcta administración de los recursos tanto físicos como informáticos.

a. Nivel de Usuario. Es uno de los niveles más importante en los entornos de aprendizaje a través de las plataformas informáticas, debe ser amigable con el usuario, tener un manejo claro y fácil en sus menús [38]. Este nivel permite al usuario solicitar accesibilidad y tiempo de trabajo a través de un horario, manejar niveles de seguridad en el acceso a usuarios y su clasificación, mostrar en forma visual los diferentes entornos de trabajo, administrar las prácticas, guardar la información

medida para mostrar resultados y tener guías y tutorías de las actividades a desarrollar.

b. Gestión de prácticas. En este nivel el sistema se encarga de hacer las solicitudes al servidor requeridas por el usuario, es una interfaz entre el nivel de usuario y el nivel de procesamiento de prácticas, no es visible al usuario sino que trabaja internamente direccionando y consultando al servidor la disponibilidad de prácticas y gestionando los resultados [39].

c. Procesamiento de prácticas. Este nivel se encarga de ejecutar las prácticas seleccionadas por el usuario, cuyos datos y parámetros fueron establecidos en la interfaz del usuario [40].

3.5 Software utilizado en los laboratorios remotos

LabVIEW y MATLAB [41] son las herramientas de software más utilizadas en la conformación de laboratorios remotos y virtuales [42] [43], sus características hacen que tengan función de administración de recursos y adquisición de datos, permitiendo tener fácil control sobre los mismos, pero a nivel de usuario es necesario interactuar con otras aplicaciones como: Java applets, HTML, AJAX, PHP y ASP/ASP.NET [44] [45] [46]. En implementaciones actuales se utiliza Moodle, que trabaja como plataforma LMS permitiendo tener accesibilidad a los laboratorios.

3.6 Administración de los laboratorios remotos

Los laboratorios remotos y virtuales requieren herramientas que permitan administrar y gestionar las tareas asignadas a los diferentes usuarios a través de privilegios e ingresos especiales, ya que por ser creados para fines educativos tiene que ser administrables y restringidos a usuarios específicos dentro de las diferentes asignaturas, relacionando las prácticas, estudiantes y docentes [47].

En otros casos se permite el ingreso de los usuarios por medio de un registro previo a un calendario de horas de trabajo por parte del administrador,

es decir, solo ingresan usuarios asignados para estas prácticas, es muy utilizado en los entornos educativos y aulas virtuales dentro de las instituciones universitarias. Actualmente, la tendencia es incluir a los laboratorios remotos y virtuales dentro de plataformas LMS [49] que permitan la administración de los cursos como Moodle [50], WebCT [51] entre otras, teniendo un control sobre el manejo de cursos, estudiantes y docentes con niveles de accesibilidad y complementos de entornos de aprendizaje virtual como foros, chat, autoevaluación y trabajo en grupo.

4. CONCLUSIONES

Los adelantos tecnológicos como plataformas informáticas e Internet facilitan el uso de laboratorios remotos y virtuales para fortalecer el componente práctico del trabajo independiente de los estudiantes, siendo posible pensar en la implementación de estos laboratorios en la Fundación Universitaria Juan de Castellanos de acuerdo con las investigaciones realizadas en las diferentes instituciones a nivel mundial, Latinoamérica y Colombia, permitiendo así dar inicio a investigaciones y desarrollos referentes a este tipo de proyectos como resultado de los grupos de investigación para estar a la vanguardia del uso de nuevas tecnologías en la formación académica de los estudiantes.

De acuerdo con las investigaciones dadas se hace necesario el cambio de pensamiento en las metodologías de enseñanza por parte del docente, ya que el trabajo de clase debe salir del aula y ser soportado por prácticas autónomas de los estudiantes como principal insumo al trabajo independiente, componente esencial en la filosofía de créditos académicos, por lo cual no es erróneo pensar en ampliar la capacidad de los laboratorios, pero bajo un concepto de disponibilidad de trabajo para el estudiante y no de infraestructura limitada a unos pocos.

REFERENCIAS

- [1] J. Sánchez, Un Nuevo enfoque metodológico para la enseñanza a distancia de asignaturas experimentales: análisis, diseño y desarrollo de un laboratorio virtual y remoto para el estudio de la automática a través de Internet, Tesis Doctoral, UNED, 2001.
- [2] S. Dormido, Control learning: present and future, *Annual Reviews in Control*, Vol. 28(1), 2004, pp. 115-136.
- [3] S. Dormido, F. Torres, Aplicación de las TICs a la educación en automática. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*. Vol. 2 (2), 2005, pp. 3-7.
- [4] R. Robson, M. Shor, A student-centered feedback control model of the educational process, *Frontiers in Educational Conference*. Vol. 2, 2000, pp. 14-19.
- [5] D. Barnaby, Techniques for Web Telerobotics, Department of Mechanical and Materials Engineering University of Western Australia, Australia, 2001.
- [6] R. A. Khamis, Interacción Remota con Robots Móviles Basada en Internet, Tesis Doctoral Universidad Carlos III de Madrid, 2003.
- [7] T. TakSum Ho, System Architecture for Internet-based Teleoperation System. Tesis-Maestría, University of Alberta, Edmonton Alberta, 1999.
- [8] O. Fernández, P. Borges, M. Pérez-Lisboa, et al., (2002), Laboratório virtual aplicado à educação a distancia, *Instrumentation Newsletter*, [On line]. Disponible en (<http://sim.lme.usp.br/~nathalia/publication/sbie00.pdf>)
- [9] F. A. Candelas, J. S. Moreno, Recursos didácticos basados en Internet para el apoyo a la enseñanza de materias del área de Ingeniería de Sistemas y Automática, *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*. Vol. 2, 2005, p. 93.
- [10] R. Aracil, Teleoperación. En: *Actas de las III Jornadas de Trabajo en la Enseñanza vía Internet*, Alicante, 2002.
- [11] Agencia Iberoamericana para la difusión de la Ciencia y la Tecnología, Estudiantes de Ingeniería Industrial de Valladolid utilizan ‘Laboratorios Remotos’ para sus prácticas académicas, 2009. [On line]. Disponible en <http://www.dicyt.com/noticias/estudiantes-de-ingenieria-industrial-de-valladolid-utilizan-laboratorios-remotos-para-sus-practicas-academicas>.
- [12] J. García Zubía, D. López de Ipiña, U. Hernández, P. Orduña, I. Trueba, Evolución del WebLab de la universidad de Deusto, Dpto. Arquitectura de Computadores, Automática y Electrónica Industrial, Universidad de Deusto, Bilbao, 2008.
- [13] AutomatL@bs, (2008). Red de laboratorios de Automática, [On line]. Disponible en <http://lab.dia.uned.es/automatlab>
- [14] F. Carusi, M. Casini, D. Prattichizzo, A. Vicino, Remote control of a Lego mobile robot through the web. *Workshop of Internet Based Control Education*, Grenoble, Francia, 2004.
- [15] R. Zamora, Laboratorios Remotos: Análisis, características y su desarrollo como alternativa a la práctica en la Facultad de Ingeniería. *Revista Inge-CUC*. Vol. 6(6), 2010, pp. 281-289.
- [16] O. Patricia, Á. Piñeiro, H. Cadavid, Transformación de prácticas pedagógicas usando TIC y RENATA: contexto y casos de estudio en biomedicina y economía. *World Engineering Education Forum*, Cartagena, 2013.
- [17] Colombia Digital, Abierto el registro para el lanzamiento de e-Lab Colombia, 2012. [On line]. Disponible en <http://www.colombiadigital.net/entorno-tic/noticias/tic-en-colombia/item/4217-abierto-el-registro-para-el-lanzamiento-del-e-lab-colombia.html>

- [18] Centro Virtual de Noticias de la Educación, Universidad de Magdalena y la Universidad Autónoma del Caribe unidas en laboratorios de robótica, 2013. [On line]. Disponible en <http://www.min.educacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-320091.html>
- [19] I. Calvo, M. Marcos, D. Orive, y I. Sarchaga, Building complex remote learning laboratories, *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 18, 2010, pp. 53-66.
- [20] I. Calvo, M. Marcos, D. Orive, and I. Sarchaga, A methodology based on distributed object-oriented technologies for providing remote access to industrial plants, *Control EngPract.* Vol. 14, 2006, pp. 975-990.
- [21] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, and J. Vlissides, *Design patterns elements of reusable object-orientated software*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1995.
- [22] T. Reenskaug, *The Model-View-Controller (MVC), Its Past and Present*, JAOO Conference, Aarhus, Denmark, 2003.
- [23] P. Cuesta Morales, *Desarrollo de Aplicaciones Distribuidas basadas en Tecnologías Web*. Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos, 1999.
- [24] L. Paya, J. M. Azorin, N. M. García, J. M. Sabater, C. Pérez, R. P. Neco, *Process control and supervision through internet*, Proceedings of the International Conference on Engineering Education, Valencia, Spain, 2003.
- [25] M. Straatsma, D. Cox, C. Ctistis, y R. Bartz, *Development and Enhancement of RLab - A Remote Laboratory System*, en *Systems and Networks Communications, 2009.*, Fourth International Conference on ICSNC '09, 2009, pp. 159-164.
- [26] H. Patel, M. Pettitt, J. Wilson, *Factors of collaborative working: A framework for a collaboration model*, *Applied Ergonomics – Elsevier*. Vol. 43(1), 2012, p.p. 1-26
- [27] S. Dormido, *Control Learning: Present and Future*, *Annual Reviews in Control*. Vol. 28, 2004, pp. 115-136.
- [28] L. Gomes, S. Bogosyan, *Current Trends in Remote Laboratories*, *Industrial Electronics, IEEE Transactions*. Vol.56 (12), 2009, pp. 4744 - 4756.
- [29] S. Dormido *Control Learning: Present and Future*, *Annual Reviews in Control*. Vol. 28 (1), 2004, pp. 115-136.
- [30] G. Farías, F. Esquembre, S. Dormido, *Laboratorio virtual de reconocimiento de patrones usando EJS y Matlab*, UNED - Dpto. de Informática y Automática, 2005.
- [31] R. Zamora, *Laboratorios Remotos: Análisis, Características y Desarrollo*. Educosta, 2010.
- [32] J. Monge, V. Méndez, *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, Costa Rica. Vol. 001, 2007.
- [33] K. Kapp, T. O’Driscoll, *Learning in 3D: Adding a New Dimension to Enterprise Learning and Collaboration*. Pfeiffer. San Francisco, CA, 2010.
- [34] J. Ma, J. Nickerson, *Hands-on, simulated and remote laboratories: A comparative literature review*, *Journal ACM Computing Surveys (CSUR)*. Vol. 38(3), 2006, pp. 1-24.
- [35] C. Gravier, J. Fayolle, B. Bayard, M. Ates, J. Lardon, *State of the art about remote laboratories paradigms—Foundations of ongoing mutations. (iJOE)*, Vol. 4(1), 2008, pp. 19–25.
- [36] J. Sánchez, S. Dormido, F. Morilla, *Laboratorios virtuales y remotos para la práctica a distancia de la Automática*, XXI Jornadas

- de Automática, Conferencia plenaria, Sevilla, 2000.
- [37] I. Santana, Administración de sistemas de laboratorios a distancia, M.Sc., Departamento de Automática y Sistema Central de Las Villas, Computacionales, Universidad Santa Clara, 2004.
- [38] C. Bonivento, L. Gentili, L. Rappini, A Web Based Laboratory for Control Engineering Education. In: Second International Workshop on Teleeducation in Engineering Using Virtual Laboratories, 2002.
- [39] C. Gravier, J. Fayolle, B. Bayard, M. Ates, State of the Art About Remote Laboratories Paradigms - Foundations of Ongoing Mutations, International Journal of Online Engineering (iJOE). Vol. 4(1), 2008, pp. 19-25.
- [40] J. Trevelyan, Towards Cost Effective On-Line Laboratories, presentado en la World Congress Networked Learning in a Global Environment, Berlin, 2002.
- [41] R. Costa-Castelló, M. Vallés, L. M. Jiménez, L. Díaz-Guerra, A. Valera, R. Puerto, Integración de Dispositivos Físicos en un Laboratorio Remoto de Control Mediante Diferentes Plataformas: Labview, Matlab y C/C++. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Vol. 7(1), 2010, pp. 22-34
- [42] R. Puerto, O. Reinoso, R. Ñeco, N. García, y L. M. Jiménez, RECOLAB: Laboratorio remoto de control utilizando Matlab y Simulink,” Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. Vol. 2, 2005, pp. 64-72
- [43] Jiménez, L.M., R. Puerto, O. Reinoso, C. Fernandez and R. Neco, Recolab: Laboratorio remoto de control utilizando matlab y simulink. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. Vol. 2(2), 2005, pp. 64–72.
- [44] A. Balestrino, A. Caiti, E. Crisostomi, From Remote Experiments to Web-Based Learning Objects: An Advanced Telelaboratory for Robotics and Control Systems, Industrial Electronics, IEEE Transactions on. Vol. 56, 2009, pp. 4817-4825.
- [45] P. Bisták, Matlab and Java Based Virtual and Remote Laboratories for Control Engineering, en 17th Mediterranean Conference on Control & Automation, Makedonia Palace, Thessaloniki, Greece, 2009, pp. 1439-1444.
- [46] F. M. Schaf y C. E. Pereira, Integrating Mixed-Reality Remote Experiments into Virtual Learning Environments Using Interchangeable Components, Industrial Electronics, IEEE Transactions on, Vol. 56, 2009, pp. 4776-4783.
- [47] C. Bonivento, L. Gentili, L. Rappini, A Web Based Laboratory for Control Engineering Education. In: Second International Workshop on Teleeducation in Engineering Using Virtual Laboratories, 2002.
- [48] M. Domínguez, P. Reguera, y J. Fuentes, Laboratorio Remoto para la enseñanza de la Automática en la Universidad de León, Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. Vol. 2(2), 2005, pp. 36-45.
- [49] J. Sánchez, Plataformas de enseñanza virtual para entornos educativos, Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 34, 2009, pp. 217 - 233
- [50] I. Ros, Moodle, la plataforma para la enseñanza y organización escolar. Ikastorratza, e- Revista de Didáctica 2, 2008.
- [51] E. Rubio Royo, (1999), Aplicaciones Integradas para desarrollar cursos en línea: WebCT. Revista Electrónica Interuniversitaria de formación del profesorado. Vol. 2(1), [On line]. Disponible en <http://www.uva.es/aufop/publica/revelfop/99-v2n1.htm>