

Laboratorios remotos para la enseñanza de la física: características tecnológicas y pedagógicas

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Remote laboratories for physics education: technological and pedagogical characteristics

Carlos Arguedas Matarrita¹ y Sonia Beatriz Concari^{2,3}

¹Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Cátedra de Física, Universidad Estatal a Distancia (UNED), San Pedro de Montes de Oca, CP 474-2050, San José, Costa Rica.

²Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional, E. Zevallos 1371, CP 2000, Rosario, Argentina.

³Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario, Argentina.

E-mail: carguedas@uned.ac.cr

Resumen

En este trabajo se presentan características de Laboratorios Remotos que se usan en la enseñanza de la física; corresponde a un avance de la tesis denominada "Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica" que se desarrolla en el Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales de la Universidad Nacional del Litoral. En la elaboración de la investigación se realizó un análisis documental focalizado en proyectos que contienen experimentos destinados a la enseñanza de la física, relevando sus características tecnológicas, tales como la arquitectura y el software utilizado, y características pedagógicas expuestas en los apoyos educativos brindados.

Palabras clave: Laboratorio remoto; Enseñanza; Física.

Abstract

In this paper, we present several features of Remote Laboratories used in physics teaching. This is a progress report of the thesis: "Design and development of Remote Laboratory for Physics Teaching at UNED, Costa Rica" conducted within the doctoral degree in education of experimental sciences at Universidad Nacional del Litoral. In the planning of research, a documented analysis focused on projects that include experiments aimed at physics teaching was done. The results show their technological characteristics such as the architecture and the used software and the pedagogical features exposed in the educational support provided.

Keywords: Remote laboratory; Teaching; Physics.

I. INTRODUCCIÓN

La educación está experimentando grandes cambios influenciados por el avance de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), uno de estos avances son los Laboratorios Remotos (LR), que permiten realizar experimentos reales a través de internet, son herramientas que permiten apoyar la enseñanza presencial (Navarro y Tizón, 2016), y son un complemento idóneo para la educación a distancia (García y otros, 2016), debido a que no se requiere el desplazamiento a un espacio físico y se pueden acceder en el momento que el estudiante lo crea oportuno.

En los últimos años, se viene prestando mayor atención a los aspectos didácticos, informando sobre experiencias educativas con empleo de LR en la escuela secundaria (Claesson, 2014, Schauer y otros, 2015) y en la universidad (Marques y otros, 2014; May, Terkowsky, Ortelt y Tekkaya, 2016). Directamente vinculados a la enseñanza de la física en Argentina se destacan los trabajos de los grupos de la Universidad Nacional del Litoral y de la Universidad Nacional de Rosario (Kofman y Concari, 2011; Marchisio y otros, 2014; Lerro y Marchisio, 2016). En esta investigación se han relevado las característi-

cas pedagógicas y tecnológicas de los principales LR destinados a la enseñanza de la Física, en el marco de una tesis doctoral que tiene como objetivo principal desarrollar una propuesta de LR para la enseñanza de la física integrado al modelo pedagógico de la UNED de Costa Rica.

Se ha avanzado en el objetivo específico de realizar un relevamiento de los LR utilizados en la enseñanza de la física universitaria (Arguedas y Concari, 2015 y 2016) y en esta presentación, se presentan resultados referidos al objetivo específico de describir las características tecnológicas y pedagógicas de los LR que se emplean en la enseñanza de la física. Estos resultados son importantes para explorar aspectos que pueden servir de referencia para el diseño del LR y de las prácticas a desarrollar.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una investigación documental centrada en ocho proyectos de LR que contienen prácticas de física identificados en el relevamiento previo ya mencionado. La exploración se realizó en las últimas ediciones de la International Conference on Remote Engineering Virtual Instrumentation (REV) y una búsqueda en Internet y en los sitios web de los LR estudiados. Una vez identificados los artículos que hacían mención a los proyectos, se seleccionaron aquellos que hacían referencia a aspectos técnicos y educativos, constituidos como unidades de análisis. Los artículos relevados se clasificaron según su procedencia (revistas, REV, capítulo de libro o tesis), y según el proyecto objeto de estudio. Las categorías de análisis fueron definidas como: C1. Características pedagógicas, C2. Características tecnológicas y C3. Prácticas ofrecidas. Para cada una de estas categorías, las dimensiones de análisis fueron: D1: Motivación, Descripción del experimento, Guía de actividades; D2: Software empleado, Arquitectura utilizada, Accesibilidad, Registro de la información, Plataforma de gestión; D3. Número y Tipo de experiencias.

III. RESULTADOS

Se describen a continuación, para los LR seleccionados, las características pedagógicas más relevantes, identificadas en los materiales didácticos de apoyo, y luego las características tecnológicas de interés.

A. e-Laboratory Project

Una las características pedagógicas de este proyecto es el portal elaborado; cada experimento remoto está acompañado de una serie de apoyos a saber: motivación, antecedentes físicos, una guía del experimento, descripción de arreglo experimental y el acceso a la experiencia remota. De las 22 experiencias ofrecidas, a 18 de ellas se puede acceder con dispositivos móviles, ya que la aplicación web se realizó en JavaScript; los cuatro restantes estarán listas a finales del año en curso (Lustig, 2016).

El LR está alojado en la *Prague Caroline University* de la república Checa. Respecto a las características tecnológicas, permite fácil acceso y registro y provee video de la experiencia en directo. Este proyecto se encuentra gestionado en REMLABNET III (Figura 1), el cual se diseñó por el vasto uso de los experimentos de este proyecto en Europa (Schauer y otros, 2014 y 2015).

Algunas de las prácticas desarrolladas son: Difracción en microobjetos; Inducción electromagnética; Oscilaciones; Campo magnético en una bobina; Conversión de energía solar; Principio de incertidumbre de Heisenberg; Efecto fotoeléctrico; Polarización de la luz; Radioactividad; Espectros de luz; Experimento de Einstein-Hass; Fenómeno de Faraday; Control del nivel del agua; Rectificador; Experimento de Franck-Hertz; Circuitos RLC en serie; Medición de la constante de Planck.

B. RemLabNet

REMLABNET ha sido diseñado como un *Remote Laboratory Management System* (RLMS), por lo que permite gestionar LR ya existentes en instituciones de Europa; en la versión actual se han incorporado herramientas visuales para indicar el estado del LR: un semáforo indica si el experimento se encuentra disponible, o si está siendo utilizado o fuera de servicio (Schauer y otros, 2016), con el fin de que los usuarios no se desaminen en la espera del turno. Cuenta con apoyos didácticos como: guías de uso, videos sobre cada LR e instrucciones para realizar cada experiencia.

La arquitectura de este proyecto se muestra en la Figura 1. Como se observa, REMLABNET además de almacenar experimentos y gestionarlos, permite la conexión con el Proyecto Go-Lab (De Jong, Sotiriou y Gillet, 2014), lo que posibilita el uso de estos LR en la educación secundaria en Europa. El sistema gestiona los usuarios, administra experimentos y almacena los registros de uso.

Este proyecto gestiona los siguientes LR: Péndulo simple; Caída libre I y II; Principio de Arquímedes; Plano inclinado; Experimento de Joule; Circuitos RLC; Energía en RLC; Circuitos RLC en fase; Emisión de LEDs; Fotovoltaico; Ley de Faraday.

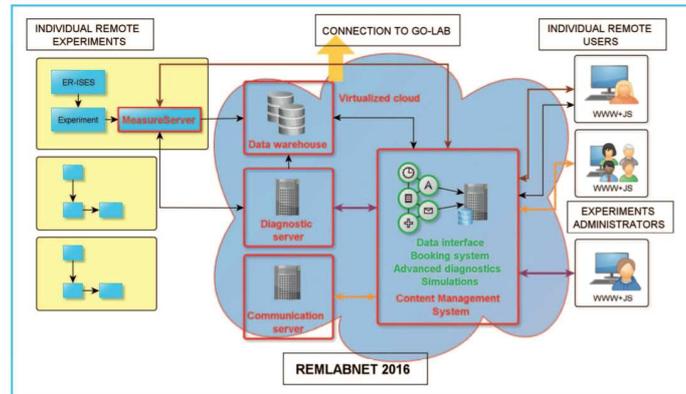


FIGURA 1. Arquitectura REMLABNET (Schauer y otros, 2016).

C. WebLab-Deusto

Entre los apoyos educativos, ofrece guías de usuario, manuales técnicos, descripción de cada experimento, y videos que muestran la ejecución de las experiencias (WebLab-Deusto, 2016), lo que facilita el acceso y uso de cada LR.

El proyecto “ha sido desarrollado y publicado como un software de código abierto, y se encuentra en un proceso de constante desarrollo y mejora” (Rodríguez, 2013, p.53). Un aspecto muy interesante es que proporciona recursos para diseñar nuevos LR, gestionar experimentos ya existentes (WebLab-Deusto, 2016), y además federar los LR de otras instituciones, debido a que está diseñado como un RMLS, que administra la autenticación, reserva y seguimiento de usuarios (Angulo y otros, 2016).

La arquitectura de WebLab-Deusto permite que los usuarios se conecten con el servidor central (Figura 2). Este servidor se comunica con los servidores de cada experimento y genera la comunicación con cada usuario (WebLab-Deusto, 2016). San Cristóbal (2010) señala que “WebLab-Deusto sigue una arquitectura basada en capas que le permite una mayor escalabilidad, seguridad y mantenimiento” (p.118), lo que diferencia a este proyecto de otros LR.

WebLab-Deusto ha desarrollado las siguientes prácticas: Principio de Arquímedes, y cuatro experiencias de circuitos eléctricos con el equipo VISIR (*Virtual Instruments Systems In Reality*).

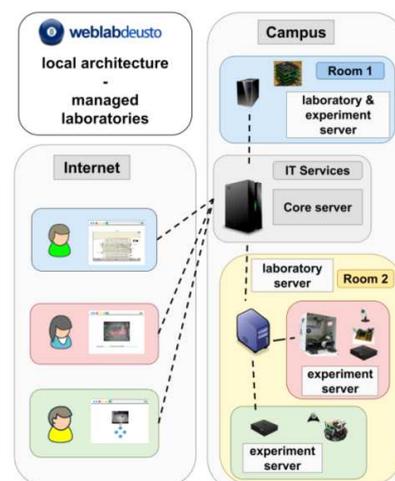


FIGURA 2. Arquitectura WebLab-Deusto (WebLab-Deusto, 2016).

D. Laboratorio Remoto del Grupo Galileo

En el portal del Grupo Galileo (<http://galileo4.unl.edu.ar/>) se ofrecen apoyos didácticos para el uso de las prácticas de acceso remoto, tales como descripción de las experiencias, guías didácticas, un video que explica la finalidad de los LR y los requerimientos de software para realizar los diferentes experimentos.

El acceso a los experimentos remotos se debe gestionar previo a un registro y autorización de los encargados del LR. El software utilizado para realizar las mediciones y control de los experimentos fue desarrollado en Delphi, y la aplicación remota se ejecuta en un Applet de Java (Kofman y Concari, 2011), por lo que es necesario instalar en el computador el *Java Runtime Environment*. Este LR está destinado a la enseñanza de la física en el nivel superior. La arquitectura está basada en un servidor web que conecta a los experimentos que se alojan en computadora y una interfaz de adquisición de datos (Figura 3).

Dos de los experimentos del Grupo Galileo se pueden ver en tiempo real a través de una cámara (Riel inclinado y Campo magnético de un solenoide), mientras que el experimento de circuitos no requiere de una cámara por ser muy sencillo y no tener partes móviles que requieran visualización. El LR se encuentra ubicado en la Facultad de Ingeniería Química de la UNL; una de las limitaciones de este proyecto es que no se puede acceder a las prácticas desde dispositivos móviles y para ingresar, se debe utilizar solo Mozilla o Internet Explorer. El Grupo Galileo cuenta con tres experiencias de acceso remoto: Circuitos RC-RL-RLC; Campo magnético de un solenoide; Volante en riel inclinado.

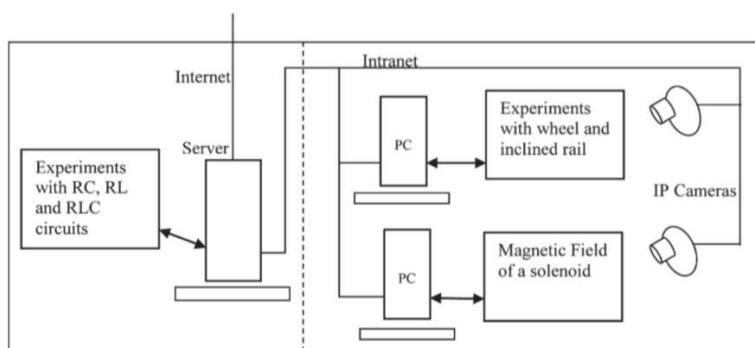


FIGURA 3. Arquitectura LR Grupo Galileo (Kofman y Concari, 2011).

E. Physil@b

Como apoyo pedagógico, en este proyecto se ha elaborado un libro denominado *PHYSILAB Conceptos y ejercicios* en el que se integra el fundamento teórico, prácticas convencionales, laboratorio virtual y prácticas de acceso remoto, lo que resulta un complemento pedagógico muy interesante en la enseñanza de la física. Henao, Barrera y Mulcúe (2013) señalan que “*PHYSILAB* es una propuesta metodológica orientada hacia la enseñanza y comprensión de la FÍSICA” (p.14). Actualmente en el sitio del proyecto hay cinco laboratorios virtuales y cuatro de acceso remoto, dirigidos a la enseñanza universitaria.

Para el uso de los experimentos remotos se debe gestionar la reserva, previo a un registro y autorización. Cuenta con un módulo de ayuda elaborado en *Wordpress* (Mejía, 2012). Las herramientas de software usadas en el control de este sistema son “*Wordpress, php, mysql, HTML, Apache, CSS y Javascript*” (Giraldo y Pamplona, 2014, p.19). El proyecto “se construyó con una arquitectura distribuida donde cada laboratorio siguiendo unos protocolos establecidos y una estructura básica se pueda integrar a todo el sistema” (Mejía, 2012, p.12). En la Figura 4, se muestra la arquitectura de *PHYSILAB*.



FIGURA 4. Arquitectura de *PHYSILAB* (Henao y otros, 2013).

Los experimentos se encuentran ubicados en las Universidades Católica de Pereira y Católica de Manizales, en Colombia, y se puede acceder a ellos desde cualquier computador conectado a la Red RENATA (Red Nacional de Alta Tecnología), hecho proceso de reserva previo (Henao y otros, 2013).

PHYSYLAB ha desarrollado los siguientes LR: Movimiento Rectilíneo Uniforme; Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado; Caída libre y Conservación de la energía (Péndulo de un grado de libertad).

F. Laboratorio Remoto de la UNR

Como apoyo a la enseñanza, el LR de Física Electrónica de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR se ha integrado con la plataforma educativa, con el fin de brindar apoyos mediante foros, chats, mensajes y videoconferencias. Los estudiantes pueden ingresar y autenticarse utilizando Facebook (Lerro y otros, 2014).

El LR fue diseñado utilizando una placa de *National Instrument*, e instalado en un servidor Web que se ejecuta en Microsoft Visual. Las experiencias se ejecutan a través de una aplicación en HTML, por lo que se puede acceder desde cualquier tipo de dispositivo (Lerro y otros, 2011). La arquitectura de este proyecto se muestra en la Figura 5.

En este LR se pueden realizar mediciones de parámetros eléctricos y permite el análisis, mediante curvas, de dispositivos semiconductores reales.

La UNR cuenta además con un LR móvil capaz de monitorear el desempeño de calefones solares en funcionamiento *in situ*.

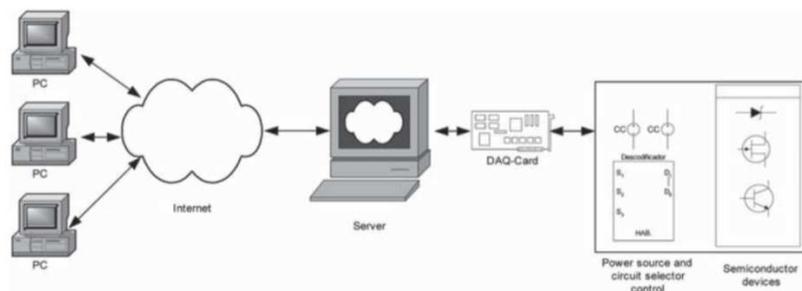


FIGURA 5. Arquitectura LR de Física Electrónica (Lerro y otros, 2011).

G. Remote Experimentation Laboratory (RExLab)

Cada experimento de RexLab está acompañado de un manual tanto técnico como didáctico con el fin de facilitar el desarrollo de cada experiencia (Da Silva y otros, 2013). Los experimentos se han diseñado en software abierto con protocolos conocidos para integrar esta herramienta al entorno de enseñanza universitaria (Da Silva y otros, 2016), pero con especial énfasis en la educación secundaria (Da Silva y otros, 2013). Se puede acceder a los experimentos alojados en la Universidad Federal de Santa Catarina de Brasil, a través de dispositivos móviles (Lima y otros, 2016).

La arquitectura de este proyecto tiene como soporte la plataforma Moodle como servidor Web, la que permite el acceso de los LR desde cualquier dispositivo (Figura 6).

En RexLab han desarrollado los siguientes LR: Plano inclinado I y II; Conducción de calor en barras metálicas; Medios de propagación de calor; Panel eléctrico CC, Panel eléctrico CC-2; Panel eléctrico CA.

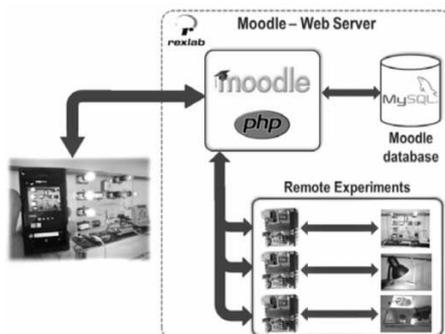


FIGURA 6. Arquitectura RexLab (Da Silva y otros, 2013).

F. UNEDLabs

Como apoyos educativos de este portal de la Universidad de Educación a Distancia de España, se ofrecen la notificación de servicios por correo electrónico, mensajería instantánea, noticias, foros, permitiendo la

interacción y la colaboración entre los estudiantes y profesores. Además en la plataforma Moodle se brindan los manuales y las instrucciones necesarios para la realización de cada experiencia (Dormido y otros, 2012).

En UNEDLabs se utiliza una arquitectura cliente-servidor en la que se emplea un LMS, en este caso Moodle, y un sistema de reservas gestionado también mediante el LMS. Los LR se han elaborado con tres herramientas: una de autoría propia desarrollada en JAVA y además LabWiev y Matlab (Guinaldo, de la Torre, Heradio y Dormido, 2013). La arquitectura de este proyecto se muestra en la Figura 7.

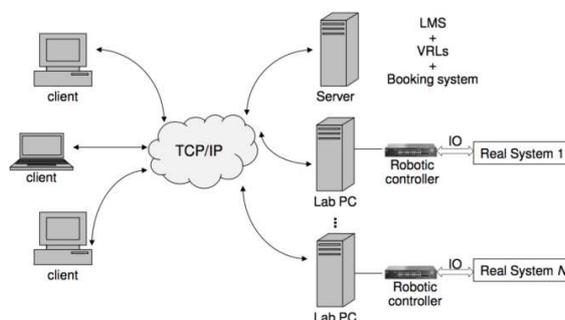


FIGURA 7. Arquitectura UNEDLabs (Guinaldo y otros, 2013).

Entre las experiencias ofrecidas se destacan: La luz en medios isotrópicos; Elasticidad de muelles: Ley de Hooke; Campos y potenciales electrostáticos y Lentes delgadas (De la Torre y otros, 2013).

V. CONCLUSIONES

Se describieron las arquitecturas empleadas en proyectos de LR destinados a la enseñanza de la física, algunas de ellas muy sencillas pero efectivas y otras más complejas, que permiten gestionar una gran cantidad de experiencias localizadas en distintas partes del planeta como la utilizada por WebLab-Deusto y REMLABNET.

Para gestionar los LR, dos de los proyectos han incorporado en su arquitectura la plataforma LMS Moodle. Esto constituye un aspecto interesante, que se debe tomar en cuenta, debido a que en la UNED se utiliza esta plataforma en los distintos cursos que se ofrecen en la modalidad a distancia.

Con respecto a las cuestiones didáctico-pedagógicas, se hace notar que la mayoría de los LR ya ofrecen guías didácticas y material de apoyo diverso para la realización de las experiencias por parte de los estudiantes. Este aspecto es relativamente reciente, y ha habido un avance importante, aunque consideramos aún insuficiente, para que estos recursos sean aprovechados para promover aprendizajes relevantes. En este sentido, se requiere que haya más investigación sobre cómo se aprende con estos recursos, que están ya integrados a la educación superior en ciencias e ingenierías en nuestro país, y en la educación secundaria en el mundo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Estatal a Distancia (UNED) por la beca otorgada a través del Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI) para la realización del Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales en la Universidad Nacional del Litoral, Argentina. Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos: “Resolución de Problemas de Física vinculados a la práctica profesional de la Ingeniería” (UTN-25/M064) y “Procesos educativos mediados por tecnologías en ciencias e ingeniería. Estudio de casos” (UNR-1ING505).

REFERENCIAS

Angulo, I., García-Zubia, J., Rodríguez-Gil, L. y Orduña, P. (2016). A new approach to conduct remote experimentation over embedded technologies. *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 80-86. Madrid, España. IEEE.

Arguedas, C. y Concari, S.B. (2016). Remote laboratories used in physics teaching: a estate of the art. *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 376-381. Madrid, España.

Arguedas, C. y Concari, S.B. (2015). Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(Extra), 133-139. Recuperado de <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12596/12872> (03/05/2016).

Claesson, L. (2014). Remote Electronic and Acoustic Laboratories in Upper Secondary Schools. Licentiate Dissertation in Applied Signal Processing. Blekinge Institute of Technology. Suecia. Recuperado de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:834145/FULLTEXT01.pdf> (03/04/2016).

Da Silva, J.B., Simão, J.P., Cristiano, M.A., Nicolete, P.C., Heck, C. y Coelho, K.S. (2016). A DC Electric Panel Remote Lab. *International Journal of Online Engineering*, 12(4), 30-32. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/5096/3912> (25/05/2016).

Da Silva, J.B., Rochadel, W., Simão, J.P., Marcelino, R. y Gruber, V. (2013). Using Mobile Remote Experimentation to Teach Physics in Public School. En *ICBL2013 – International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning*. Recuperado de http://www.icbl-conference.org/proceedings/2013/papers/Contribution16_a.pdf (05/06/2016).

De Jong, T. Sotiriou, S. y Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(1), 1-16. Recuperado de <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-01205279/document> (07/06/2016).

De la Torre, L., Dormido, S., Heradio, R., Sánchez, J., Sánchez-Fernández, J. P., Carreras, C. y Yuste, M. (2013). Laboratorios remotos de Física. *Revista Española de Física*, 27(1), 1-4.

Dormido, S., Sánchez, J., De la Torre, L., Heradio, R., Carreras, C., Sánchez J.P., y Yuste, M. (2012) Physics Experiments at the UNEDLabs Portal. *International Journal of Online Engineering*, 8(Especial), 26-27. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/1945/2061> (21/05/2016).

García, F., Macho, A., Sancristobal, E., Rodríguez, M., Díaz, G., y Castro, M. (2016). Remote Laboratories for Electronics and New Steps in Learning Process Integration. En *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 106-111. Madrid, España.

Gerza, M. y Schauer, F. (2016). Intelligent Processing of Experimental Data in ISES Remote Laboratory. *International Journal of Online Engineering*, 12(3), 58-63. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/5538/3856> (24/05/2016).

Giraldo, M.L. y Pamplona, L.E. (2014). Desarrollo de un módulo para un laboratorio de física controlado de manera remota. (Trabajo final de grado). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4682/4/531324G516.pdf> (28/05/2016).

Guinaldo, M., De la Torre, L., Heradio, R. y Dormido, S. (2013). A Virtual and Remote Control Laboratory in Moodle: The Ball and Beam System. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015340799> (15/05/2016).

Henao, J.C., Barrera, J.B., y Mulcúe, L.F. (2013). *Physilab: Conceptos y Ejercicios*. Pereira, Colombia: Universidad Católica de Pereira.

Kofman, H. y Concari, S. (2011). Using remote labs for Physics teaching. En: *Using Remote Labs in Education*. J. García Zúbia and G. Alves (Eds.): University of Deusto Publications, 293-308. Recuperado de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf> (02/06/2016).

Lerro, F., Orduña, P., Marchisio, S. y García-Zubia, J. (2014). Development of a Remote Laboratory Management System and Integration with Social Networks. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES)*, 2(3), 33-37. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-jes/article/view/3821/3227> (23/05/2016).

Lerro, F. y Marchisio, S. (2016). Preferences and uses of a remote lab from the students' viewpoint. *International Journal of Online Engineering*, 12(3), 53-57. Recuperado de <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/5468/3855> (23/05/2016).

Lerro, F., Marchisio, S., Perretta, M., Plano, M. y Protano, M. (2011). Using the Remote Lab of Electronics Physics ("Laboratorio Remoto de Física Electrónica") to Support Teaching and Learning Processes in Engineering Courses. En: *Using Remote Labs in Education*. J. GarcíaZúbia and G. Alves (Eds.): University of Deusto Publications, 211-230. Recuperado de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf> (04/06/2016).

Lima, J. P., Simão, J. P., Silva, I. N., Nicolete, P. C., Da Silva, J. B. y Alves, J. B. (2016). An Inclined Plane Remote Lab. *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 1-3. Madrid, España. IEEE.

Lustig, F. (2016). Simple modular system "iSES Remote Lab SDK" for creation of remote experiments accessible from PC, tablets and mobile phones. *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 391-393. Madrid, España. IEEE.

Marchisio, S., Concari, S., Lerro, F. y Kofman, H. (2014). Acerca de logros y dificultades: valorando desarrollos tecnológicos y experiencias educativas con laboratorios remotos en Argentina. En: Ma. C. Domínguez Garrido, Ma. L. Cacheiro González y J. Dulac Ibergallartu (Eds.) *Diálogo entre culturas: Estrategias didácticas y tecnologías educativas. Pizarra digital*. Madrid: UNED.

Marques, M. A., Viegas, M. C., Costa-Lobo, M. C., Fidalgo, A. V., Alves, G. R., Rocha, J. S. y Gustavsson, I. (2014). How Remote Labs Impact on Course Outcomes: Various Practices Using VISIR. *IEEE Transactions on Education*, 57(3), August 2014. Recuperado de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6645452> (23/06/2016).

May, D., Terkowsky, C., Ortelt, T. R. y Tekkaya, A. E. (2016). The Evaluation of Remote Laboratories Development and application of a holistic model for the evaluation of online remote laboratories in manufacturing technology education. *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 127-136. Madrid, España. IEEE.

Mejía, J.C. (2012). Framework para la elaboración de laboratorios de ciencias básicas remotos. Recuperado de <http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/1949/CDMIST72.pdf?sequence=1> (28/05/2016).

Navarro, E. y Tizón, J.M. (2016). Docencia presencial y laboratorio remoto: una unión idónea para las prácticas de motores alternativos. *Modelling in Science Education and Learning*, 9(1), 129-138. Recuperado de <http://polipapers.upv.es/index.php/MSEL/article/view/4584/4727> (07/06/2016).

Rodríguez, L. (2013). Diseño e implementación de la plataforma Boole-WebLab-Deusto para el prototipado rápido de sistemas digitales mediante el uso de laboratorios remotos y realidad aumentada. Recuperado de http://weblab.deusto.es/pub/pfc_luis/pfc_luis.pdf (04/06/2016).

San Cristóbal, E. (2010). Metodología Estructura y Desarrollo de Interfaces Intermedias para la Conexión de Laboratorios Remotos y Virtuales a Plataformas Educativas. (Disertación Doctoral en Sistemas de Información). Universidad Nacional de Educación a Distancia, España. Recuperado de http://meteo.ieec.uned.es/www_Usumeteo7/tesis%20esancristobalruiz.pdf (20/05/2016).

Schauer, F., Krbecek, M., Beno, P., Gerza, M., Palka, L., Spilaková, P. y Tkac, L. (2016). REMLABNET III – federated remote laboratory management system for university and secondary schools. *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 232-235. Madrid.

Schauer, F., Krbecek, M., Beno, P., Gerza, M., Palka, L. y Spilaková, P. (2015). REMLABNET II - open remote laboratory management system for university and secondary schools research based teaching. *En Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2015 12th International Conference on* (109-112). IEEE.

Schauer, F., Krbecek, M., Beno, P., Gerza, M., Palka, L. y Spilakova, P. (2014). REMLABNET-open remote laboratory management system for e-experiments. *En Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2014 11th International Conference on* (268-273). IEEE.

WebLab-Deusto. (2016). *WebLab-Deusto Documentation Release 5.0*. Recuperado de <https://media.readthedocs.org/pdf/weblabdeusto/latest/weblabdeusto.pdf> (06/06/2016).