

# **XIII CONFERENCIA INTERAMERICANA DE EDUCACIÓN EN FÍSICA “DR. ALBERTO MAIZTEGUI”**

## **Eje temático: Aportes de la Tecnología a la Enseñanza y Aprendizaje de la Física**

### **Cooperación internacional para el desarrollo y uso de laboratorios remotos para la enseñanza de la física**

Sonia Beatriz Concari<sup>1</sup>, Carlos Arguedas-Matarrita<sup>2</sup>, Susana Teresa Marchisio<sup>1</sup>, Federico Lerro<sup>1</sup>, Miguel Ángel Plano<sup>1</sup>, Javier García Zúbia<sup>3</sup>, Unai Hernández Jayo<sup>3</sup>, Juarez Bento Da Silva<sup>4</sup>, Gustavo R. Alves<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Argentina

<sup>2</sup> Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

<sup>3</sup> Universidad de Deusto, España

<sup>4</sup> Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil

<sup>5</sup> Instituto Politécnico de Porto, Portugal.

#### **Resumen**

Un laboratorio remoto es un recurso tecnológico que integra dos aspectos esenciales de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): la experimentación real realizada a través de Internet, junto a software y hardware para la adquisición de datos y cálculo. Los laboratorios remotos constituyen un recurso didáctico relevante para la enseñanza de las ciencias experimentales, en particular de la Física.

Si bien la existencia de laboratorios remotos ha evidenciado un importante crecimiento en los últimos años, las instituciones educativas que ya cuentan con estos recursos están localizadas principalmente en los países desarrollados de Europa mientras que, en Latinoamérica, solo seis países disponen de estos recursos para la enseñanza, siendo heterogéneo el grado de desarrollo y experiencia de los mismos.

Un paso adicional en el desarrollo de estos recursos para la enseñanza a través de la experimentación es el de compartir los laboratorios remotos ya desarrollados permitiendo a la comunidad educativa de distintas instituciones, el acceso y uso de sus laboratorios remotos, de modo que un estudiante pueda hacer más experimentos y que un experimento pueda ser hecho por más estudiantes.

En este trabajo se informa sobre experiencias en Argentina, Costa Rica y Brasil, devenidas de la cooperación entre instituciones educativas y organizaciones europeas y americanas, sobre desarrollo, acceso y uso compartido de laboratorios remotos para la enseñanza de temas de Física.

Las actividades de cooperación posibilitaron la instalación de nuevos laboratorios y el uso compartido de otros. Como producto de ello, se desarrollaron acciones de capacitación de docentes y uso de los laboratorios remotos para la experimentación en cursos regulares de ciencias, ingeniería y de formación de profesores en los países mencionados.

Palabras clave: Laboratorios remotos; Física; Cooperación; Experimentación; VISIR

#### **INTRODUCCIÓN**

## **La internacionalización de la educación superior**

Como ha sido reconocido en la Conferencia Regional de Educación Superior de América Latina y el Caribe (CRES 2018), la internacionalización constituye una herramienta clave para transformar la educación superior, fortalecer sus comunidades y promover la calidad y pertinencia de la docencia, la investigación y la extensión.

El proceso de internacionalización de la educación superior que integra una dimensión internacional, intercultural o global en el propósito, funciones y producto de la educación superior (Knight, 2005), puede ser abordado con diferentes acciones: la movilidad académica de docentes y estudiantes, la conformación de redes y proyectos de cooperación, la oferta académica de universidades extranjeras en el país, los programas de doble titulación o en cooperación académica, los programas de intercambio de profesores y de estudiantes de grado y de postgrado, entre otros (Theiler, 2005).

Cuando los intereses de dos o más instituciones de distintos países encuentran puntos en común, se da la cooperación internacional entre ellas, que se concreta en proyectos determinados, enmarcados en algunos de los enfoques mencionados.

Botto (2017) concluye que el proceso de reconfiguración de las instituciones de educación superior de Latinoamérica en el marco de las negociaciones nacionales y regionales de los últimos diez años promovió una mayor articulación con la esfera internacional y que las oportunidades de internacionalización abrieron nuevas oportunidades para la cooperación entre los países.

Una de las acciones encaradas en el marco de la internacionalización universitaria ha sido la conformación de redes y proyectos con fines específicos de investigación, desarrollo, innovación y/o capacitación y de carácter estratégico (Mayoral y Álvarez, 2014).

Varios autores de esta ponencia, integrantes de universidades de Iberoamérica, han participado previamente en diversos proyectos de cooperación internacional, en temas de la enseñanza de la física y de la ingeniería.

## **Los laboratorios remotos como recursos para la educación STEM**

La escasez de ingenieros requeridos en ámbitos científicos y técnicos sigue siendo una preocupación a escala mundial. Asociaciones profesionales, organismos nacionales e internacionales, autoridades gubernamentales, la industria y la academia, coinciden en la necesidad de alentar vocaciones en el área, reducir el número de abandonos exhibido en los primeros años de estudios universitarios y diseñar e implementar acciones con objetivos de logro a corto y mediano plazo a los fines de subsanar este problema que afecta directamente al desarrollo sostenible de los pueblos.

En este contexto, las propuestas de solución han pasado por sensibilizar a la sociedad sobre el problema, aumentando el interés por la ciencia y la tecnología entre los jóvenes y por la promoción de nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje, especialmente las centradas en el estudiante y que implican el uso de recursos didácticos basadas en tecnologías informáticas y de comunicación (TIC).

La educación contemporánea en disciplinas con base experimental, como las ciencias naturales y las de la ingeniería, requiere el uso didáctico de tecnologías diversas, que son o formarán parte de los recursos que el futuro egresado empleará como profesional: tecnología móvil, software de diseño y cálculo, simulaciones y/o sistemas multimedia de gestión de aprendizajes basados en INTERNET. Por otra parte, en estas áreas del conocimiento y de la formación profesional no se puede soslayar la importancia de la formación experimental, para la que se requiere del uso intensivo de laboratorios de prácticas y, en muchos casos, de equipamiento escaso y/o costoso.

La experimentación remota es un área de investigación que busca ampliar la capacidad humana utilizando los recursos de INTERNET y de otros medios tecnológicos capaces de proveer acceso remoto, posibilitando de ese modo la experimentación.

Surgidos de la investigación en experimentación remota y buscando sostener estrategias de enseñanza que apuntan a la autogestión en el aprendizaje, al aprender haciendo, y el aprender en cualquier escenario y en todo momento, desde hace más de dos décadas se vienen empleando en diversos países, los llamados “laboratorios remotos”. Un laboratorio remoto (LR) es un recurso tecnológico que integra la experimentación real realizada a través de Internet, junto a software y hardware para la adquisición de datos y cálculo. Los LR requieren de equipos físicos que realizan los ensayos localmente, pero a los que los usuarios acceden y toman el control del experimento en forma remota a través de una interface implementada mediante software, con conexión a INTERNET.

Los LR constituyen un recurso didáctico relevante para la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en inglés), en relación con la enseñanza experimental, la modelización y el diseño. Uno de los objetivos del empleo de LR es atender la necesidad de apropiación social de la ciencia y la tecnología, popularizando conocimientos científicos y tecnológicos, estimulando a los jóvenes a insertarse en las carreras científico-tecnológicas, y buscar iniciativas que integren la educación científica al proceso educativo promoviendo la mejora y actualización de la enseñanza en todos sus niveles.

En los últimos años el empleo de LR ha tenido un gran crecimiento. En Latinoamérica, Argentina, Brasil, México, Costa Rica, Colombia y Ecuador disponen de estos recursos para la enseñanza, siendo heterogéneo su grado de desarrollo.

El interés de esta ponencia se centra en las acciones de cooperación internacional que los docentes/investigadores de las universidades participantes han compartido para el desarrollo y uso de laboratorios remotos para la enseñanza de la física, en el marco de experiencias de cooperación internacional enmarcada en una red inter-universitaria conformada para el logro de objetivos específicos vinculados a la investigación, el desarrollo, la capacitación docente y la innovación educativa con laboratorios remotos.

## **COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA APOYAR LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA CON LABORATORIOS REMOTOS**

Con la participación de la Universidad Nacional de Rosario, Concari y Marchisio (2018) han descrito dos redes de cooperación internacional para apoyar la enseñanza con laboratorios remotos: una red Europea-Latinoamericana para apoyar la enseñanza de los circuitos eléctricos y electrónicos con el laboratorio remoto VISIR, establecida en el marco de un proyecto ERASMUS, y una red Latinoamericana de asistencia para el desarrollo de un laboratorio remoto en Costa Rica. En esta presentación ampliaremos los antecedentes, los alcances y logros de éstas así como de otras acciones de cooperación internacional desde las experiencias de instituciones universitarias de Latinoamérica. Concretamente, la Universidad Estatal a Distancia (Costa Rica), la Universidad Federal de Santa Catarina (Brasil) y la Universidad Nacional de Rosario (Argentina), llevadas a cabo en cooperación con la Universidad de Deusto (España) y el Instituto Politécnico de Porto (Portugal).

### **Los contextos institucionales**

Dentro de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), de Argentina, el área de Laboratorios Remotos se localiza en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA), en la que se ofrecen seis carreras de Ingeniería -entre las que se

encuentran las Ingenierías Eléctrica y Electrónica-, tres Licenciaturas en el área de Ciencias Básicas (Física, Matemática y Ciencias de la Computación) y dos profesados universitarios, en Matemática y Física, además de numerosas carreras de Postgrado, dos de ellas dictadas en la modalidad a distancia. El LabRem-FCEIA (<https://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/>) es la plataforma de gestión los tres laboratorios remotos con que cuenta la institución.

En la Universidad Estatal a Distancia (UNED), de Costa Rica, el Laboratorio de Experimentación Remota (<https://labremoto.uned.ac.cr/>) se encuentra ubicado en el Edificio de Investigación, Innovación y Desarrollo de la Vicerrectoría de Investigación. Las tres prácticas remotas que posee la UNED se utilizan en los cursos de física de la universidad en las carreras de Enseñanza de las Ciencias Naturales, Ingeniería Industrial e Ingeniería Agronómica. Al tratarse de una institución de Educación a Distancia, el LR permite la experimentación en esta modalidad a estudiantes que se encuentran distribuidos en todo el territorio nacional, muchos de ellos, alejados de los centros que cuentan con laboratorios de experimentación.

En la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), de Brasil, surge hace más de dos décadas, el RExLab que cuenta actualmente con una red de doce Universidades (RexNet) en cinco países. RExLab ofrece catorce experimentos propios a través de la plataforma RELLE (Remote Labs Learning Environment-<http://relle.ufsc.br/>), y gestiona nueve experiencias de otras universidades. La plataforma está abierta a los usuarios que deseen acceder los LR que son utilizados tanto por estudiantes de la propia universidad como de escuelas medias.

La Universidad de Deusto (UD), de España, desde su grupo de investigación WebLab-Deusto (<https://weblab.deusto.es>) lleva desarrollando LR desde el año 2000, con el objetivo de diseñar e implementar herramientas educativas fácilmente usables por profesores de ingeniería o de cualquier otro nivel de enseñanza STEM. Fruto de esta experiencia y con la misión de ofrecer un servicio profesional en el diseño, desarrollo y aplicación de laboratorios remotos en el ámbito de la educación, en el año 2015 se lanzó la *spin-off* LabsLand (<https://labsland.com>). A través del entorno creado por LabsLand y empleando el Remote Lab Management System (RLMS) desarrollado por WebLab-Deusto, los usuarios pueden acceder de una manera muy sencilla a diferentes LR: plano inclinado, movimiento pendular, principio de Arquímedes, laboratorios de electrónica como VISIR, Arduino, FPGAs, Algebra de Boole y laboratorio de robótica.

El Instituto Politécnico de Porto (IPP), de Portugal, empezó su trabajo internacional con LR en el marco del programa América Latina Formación Académica (ALFA), que financió el proyecto Remote Experimentation Network–Yelding an Inter-university Peer-to-Peer E-service (REXNET-YIPPEE). Desde entonces ha desarrollado un intenso trabajo de evaluación del impacto educativo de este tipo de recurso para la enseñanza experimental (Alves et al, 2005; Viegas et al., 2018).

Los equipos docentes de ambas instituciones europeas contaban con antecedentes de colaboración mutua en el área de los LR destinados a la enseñanza (García-Zubía et al, 2009; García-Zubía y Alves, 2011), también los equipos de UNR y UD entre sí (Lerro et al., 2014), y los de la UFSC con los del IPP (Alves et al., 2007; Rochadel et al, 2012).

### **Cooperación para el desarrollo y uso de laboratorios remotos para la enseñanza de la física**

La red “Asistencia para el desarrollo de un laboratorio remoto de física y uso compartido de entornos experimentales en ciencias e ingeniería” fue aprobada en la 13ª Convocatoria Fortalecimiento de Redes Interuniversitarias VII de la Secretaría de Políticas

Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación. Las actividades de la red se desarrollaron durante un dieciocho meses, en el periodo 2014-2015. La red fue integrada por dos universidades públicas de Argentina: UNR y Universidad Nacional del Litoral, y una de Costa Rica: UNED, y tuvo como objetivo, asistir a la UNED para desarrollar, con fines académicos, un entorno on line para el uso compartido de laboratorios remotos de experimentación real para el aprendizaje en ciencias e ingeniería.

Tanto los equipos de la FCEIA de la UNR como de la Facultad de Ingeniería Química de la UNL, habían desarrollado sendos LR, los únicos en Argentina hasta ese momento. Adicionalmente, contaban con vasta experiencia en actividades de capacitación y formación continua de docentes en uso de tecnologías para la enseñanza, tales como simulaciones computacionales y experimentación remota, habían integrado proyectos de investigación de ejecución conjunta vinculados a la temática del proyecto, acreditaban numerosas publicaciones en coautoría y habían participado en redes internacionales. Por su parte, la red se constituyó en la primera experiencia internacional para la UNED.

La interacción surge a partir de la realización del taller de capacitación “Applets y laboratorios remotos para el estudio de electromagnetismo y óptica”, desarrollado por un docente de la FCEIA junto a uno de otra universidad argentina, en el marco de la XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física (CIAEF), llevada a cabo en Guayaquil (Ecuador) en 2013. En ese taller participaron como alumnos dos docentes de la UNED. A partir de esa actividad, se establecieron los primeros contactos que conducirían a la constitución de la red.

Los objetivos específicos fueron: diseñar y desarrollar en forma colaborativa un LR en la UNED; diseñar y desarrollar en nuevos experimentos remotos y agregar valor desde lo educativo y desde lo tecnológico a los experimentos remotos desarrollados; poner los experimentos remotos desarrollados al servicio de los estudiantes, los profesores y las instituciones, evaluarlos y difundirlos, y consolidar la colaboración interuniversitaria internacional a través de la firma de convenios. Más detalles de la ejecución de la red han sido comunicados por Arguedas Matarrita et al. (2016a).

Las acciones de cooperación contemplaron tanto el uso de herramientas tecnológicas (videoconferencia, chat, mail) como las visitas recíprocas de expertos de las universidades participantes. También incluyeron encuentros de los investigadores involucrados y realización de cursos de capacitación de los investigadores expertos de UNR y UNL destinados a los docentes de UNED.

Como resultado de la red se logró: la participación como alumno de un docente de la UNED en un curso sobre el uso educativo de los laboratorios remotos en la FCEIA-UNR; dictado por un docente de la UNL, la realización de una pasantía de investigación de un miembro de la UNED para trabajar en los LR de las universidades argentinas; la visita de expertos argentinos a la UNED; la gestión y firma de dos convenios marco UNR-UNED y UNL-UNED; el uso del LR del movimiento de un sólido sobre un plano inclinado, ubicado en el LR de la UNL, por parte de estudiantes de Enseñanza de las Ciencias Naturales e Ingeniería Industrial de la UNED (Arguedas Matarrita et al., 2016b); el análisis y selección del protocolo de comunicación y software a utilizar; la adecuación edilicia para el espacio que ocupa actualmente el LR en la UNED, y la adquisición de equipamiento específico para el montaje de un LR de mecánica en la UNED.

Como consecuencia de la ejecución del proyecto, un docente de la UNED integrante la red realizó su Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales en la UNL, con la tesis: “Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica” (Arguedas Matarrita, 2017).

El LR de la UNED ya ha sido desarrollado (Ramírez Chinchilla, 2018), resultado que no hubiese sido posible alcanzar sin el apoyo y asistencia de investigadores y docentes formados y con la experticia sobre el tema.

## **Cooperación para la enseñanza de circuitos eléctricos y electrónicos con laboratorios remotos**

La convocatoria Erasmus+ 2015 de la Comisión Europea permitió concretar la cooperación de un grupo de instituciones de la Unión Europea y de América Latina para la mejora de la formación experimental en ingeniería en países latinoamericanos. Integraron el consorcio: el Instituto Politécnico de Porto (IPP), de Portugal, la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y la Universidad de Deusto (UD), de España, el Instituto de Tecnología de Blekinge (BTH), de Suecia, la Universidad de Ciencias Aplicadas El Carintia (CUAS), de Austria, la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), el Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) y la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (PUC), de Brasil, la Universidad Nacional de Rosario (UNR) y Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), de Argentina, junto al Instituto Rosario de Investigaciones en Ciencias de la Educación (IRICE) de Argentina y la Asociación Brasileira de Educación en Ingeniería (ABENGE) de Brasil.

Estas instituciones, coordinadas desde el IPP, han sido responsables de llevar adelante, entre 2016 y 2018, el Proyecto: “Módulos Educativos para Circuitos Eléctricos y Electrónicos. Teoría y práctica siguiendo una metodología de enseñanza-aprendizaje basada en la investigación y apoyada por VISIR (VISIR+)”.

El proyecto estuvo dirigido al aprendizaje de circuitos eléctricos y electrónicos apoyado con el empleo del laboratorio remoto VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality), desarrollado en el BTH y considerado el de mayor difusión a nivel mundial. Básicamente consiste en una mesa de trabajo remota, equipada con instrumentos reales, para operar experimentalmente a distancia con circuitos eléctricos y electrónicos.

Se buscó que el LR VISIR se integrara curricularmente en las llamadas carreras STEM, en el marco de estrategias de enseñanza diseñadas en coherencia con el enfoque de aprendizaje por indagación. Para ello se concretó una nutrida agenda de actividades, incluyendo: la instalación y el asesoramiento técnico mediante talleres concernientes al equipamiento en las universidades de Brasil y Argentina; la realización de reuniones y encuentros de trabajo presenciales en diferentes sedes, y a distancia, mediante videoconferencias; la realización de capacitaciones a docentes de las instituciones integrantes del consorcio y de otras asociadas a ellas; el diseño y planificación de cursos en distintas carreras técnicas de nivel universitario y medio; la elaboración y evaluación de materiales didácticos.

En la FCEIA-UNR el LR VISIR ha sido utilizado en tres asignaturas de la carrera Ingeniería Electrónica: Teoría de Circuitos, Física de los Dispositivos Electrónicos, y Dispositivos y Circuitos Electrónicos I. Se trata de asignaturas formativas de competencias para el análisis de señales, dispositivos electrónicos y circuitos lineales y no lineales. También fue utilizado en la asignatura Física IV, que cursan estudiantes de todas las carreras de ingeniería y de Profesorado de Física, y por la asignatura Física II de las carreras de ingeniería de la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional.

Por su parte, en la UFSC, la plataforma VISIR fue instalada en diciembre de 2016 y hasta abril de 2019, se contabilizaron más de cinco mil accesos. Además del acceso abierto a todos los interesados de los diversos niveles educativos, la plataforma VISIR ha sido utilizada regularmente en la UFSC en cursos de Ingeniería en Computación e Ingeniería en Energía, en la Facultad SATC en Ingeniería Mecatrónica, en el Instituto Federal Catarinense, en el curso Técnico en Informática y Tecnología en Redes de Computadoras y en dos escuelas de Educación Básica en talleres de introducción a la electrónica. Con el fin de asegurar la sostenibilidad de la utilización del VISIR, se desarrolló un repositorio, es

decir, una base de datos para almacenar ejemplos prácticos de circuitos eléctricos y electrónicos previamente implementados en el VISIR. La creación de esta plataforma, basada en la utilización del DokuWiki (software wiki open source), buscó una alternativa para posibilitar la accesibilidad del contenido a docentes, a fin de que éstos pudieran disponer y diseminar ejemplos didácticos de circuitos eléctricos y electrónicos.

El proyecto VISIR+ culminó en marzo de 2018. Sus principales logros fueron: la instalación y puesta en funcionamiento, en las universidades latinoamericanas participantes, de un LR VISIR, junto a recursos tecnológicos costosos en términos económicos, pero fundamentalmente valiosos y versátiles, en tanto amplían las posibilidades de formación experimental en carreras científico tecnológicas, más allá de la distancia; la capacitación de 274 profesores y aproximadamente 1600 estudiantes de las instituciones de América Latina que se han beneficiado de la metodología de enseñanza y aprendizaje basada en la investigación, con el uso combinado de cálculo, simulaciones, LR y actividades prácticas; la difusión del proyecto y de sus resultados, tanto en Brasil como en Argentina, conformando una comunidad de usuarios VISIR a partir de la transferencia a otras instituciones educativas de nivel medio (Evangelista et al., 2017) y universitarias (Marchisio et al., 2017a y 2017b), promoviéndose tanto su uso compartido como investigaciones conjuntas.

Como una extensión de este esquema amplio de cooperación y capacitación, la red permitió vincular instituciones que mantenían lazos de cooperación con otras de la misma red. A modo de ejemplo, destaca la firma de protocolos de cooperación firmados por la UNED de Costa Rica con la UD y con el grupo RExLab de la UFSC, vinculados a través de trabajos conjuntos con los participantes del proyecto VISIR+ de la UNR, que habían constituido años antes, la red descrita antes. Como resultado de estas colaboraciones, la UNED de Costa Rica adquirió su propio LR VISIR, ampliando el acceso a otras instituciones del país y al Instituto Tecnológico de Monterrey de México, e instaló otros dos experimentos de LR desarrollados en la UFSC, a través de las acciones de cooperación que se describen en el siguiente apartado.

Como aspecto complementario, pero también importante, de cómo el proyecto ha contribuido a la integración y cooperación entre las diferentes regiones del mundo, se menciona que se llevó a cabo la cooperación entre instituciones con objetivos similares como ABENGE (Brasil) y CONFEDI (Argentina), y académicos, con profesores asociados que trabajan en diferentes instituciones que llevan experiencias de una a otra, favoreciéndose la integración multicultural y la emergencia de nuevos proyectos y redes (Alves et al., 2018).

### **Cooperación para la instalación de dos LR de RExLab en la UNED de Costa Rica**

Como consecuencia de la participación de un docente de la UNED de Costa Rica como tesista de la UNR en el proyecto VISIR+ descrito antes, el mismo realizó una pasantía en el RExLab de la UFSC. En esa oportunidad se iniciaron las gestiones de cooperación para desplegar dos de los LR de este grupo en la UNED de Costa Rica (Ramírez Chinchilla, 2018). Los LR corresponden a dos prácticas destinadas al aprendizaje de circuitos eléctricos y al estudio del movimiento acelerado. En una semana de intenso trabajo se instalaron estas dos prácticas en el Edificio I+D de la UNED y están siendo utilizadas por estudiantes de esta universidad, además de estudiantes de nivel medio

En el marco de esta cooperación, el grupo RExLab fabricó para la UNED el equipamiento necesario para el desarrollo de un panel eléctrico y un plano inclinado, y proveyó el software RELLE desarrollado por este grupo para que la UNED pueda gestionar las prácticas alojadas en Costa Rica. Por su parte, la UNED cubrió los gastos de los materiales y facilitó la visita de un experto de RExLab a Costa Rica.

Las prácticas instaladas son utilizadas tanto por estudiantes y docentes de Costa Rica como de Brasil y permiten ampliar la capacidad de atención de usuarios de forma simultánea.

## **REFLEXIONES FINALES**

Podría decirse que las redes descritas tienen un denominador común: se trata de redes académicas, integradas por investigadores y docentes motivados por la mejora de las enseñanzas STEM en los distintos países.

Si bien dentro de sus objetivos destaca la búsqueda de conocimiento en el área de investigación y desarrollo de los LR educativos, los objetivos buscados no se limitan a ello. Se destaca el interés de la red por trascender y generar nuevos vínculos en el seno de las instituciones integrantes, sumando la participación de estudiantes, docentes y cátedras interesados por conocer la potencialidad de los LR y sus posibilidades de integración curricular.

Al respecto, es claro que como herramientas educativas potenciadas por la tecnología, los LR permiten compartir recursos entre instituciones y llegar a más cantidad de estudiantes, incluso, no universitarios, promoviendo prácticas de enseñanza centradas en el estudiante y aumentando el interés por las carreras relacionadas con las ciencias, la tecnología y la ingeniería. Pero además, si la atención se centra en las enseñanzas, la generación de oportunidades para que organizaciones, profesores y estudiantes innoven resulta clave para el logro de mejores resultados educativos. En este contexto, la capacitación y el uso compartido de buenas prácticas, junto al aprovechamiento y difusión a gran escala de los desarrollos existentes, enriquecidos con nuevos aportes, se constituyen en resultados valiosos, tal vez inesperados, pero trascendentes a la propia red, generando un efecto en cascada derivado directamente de las actividades desarrolladas en las redes. No resulta extraño entonces que las propias redes se fortalezcan y sean germen de nuevas oportunidades para la cooperación interinstitucional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen el apoyo financiero proporcionado por la Comisión Europea a través de la concesión 561735-EPP-1-20151-PT-EPPKA2-CBHE-JP, así como de la Universidad Nacional de Rosario, a través del proyecto PID 1ING505

## **REFERENCIAS**

Alves, G. R; Gericota, M. G; Da Silva, J. B; Alves, J. B. (2007). Large and small scale networks of remote labs: a survey. *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, V 15, Universidad de Deusto Press.

Alves, G. R; Ferreira, J. M; Muller, D; Erbe, H. H; Hine, N; Alves, J. B. M; Sucar, E. (2005, September). Remote experimentation network-yielding an inter-university peer-to-peer e-service. In *Emerging Technologies and Factory Automation, 2005. ETFA 2005. 10th IEEE Conference on* (Vol. 2, pp. 8-pp). IEEE.

Alves, G R; Fidalgo, A V; Marques, M A; Viegas, M C; Felgueiras, M C; Costa, R J; Lima, N; Castro, M; Díaz-Orueta, G; SanCristóbal-Ruiz, E; García-Loro, F; García-Zubía, J; Hernández-Jayo, U; Kulesza, W J; Gustavsson, I; Nilsson, K; Zackrisson, J; Pester, A; Zutin, D G; Schlichting, L C; Ferreira, G; de Bona, D D; Pacheco, F S; da Silva, J B. Alves,



J B; Biléssimo, S; Pavani, A M; Lima, D A; Temporão, G; Marchisio, S; Concari, S B; Lerro, F; Saez de Arregui, G; Merendino, C; Plano, M A; Fernández, R A; Paz, H R; Soria, M F; Gómez, M J; de Almeida, N N; de Oliveira, V F; Pozzo, M I; Dobboletta E; Bertramo, B. (2018). International Cooperation for Remote Laboratory Use. In: Contributions to Higher Engineering Education. Maria M. Nascimento, Gustavo R. Alves y Eva Virgínia Araújo Morais (Editors). Springer, Singapur. 1-31.

Arguedas Matarrita, C. A. (2017). Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica. Tesis de Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales. UNL. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/handle/11185/1018> (consultado 20/04/19)

Arguedas Matarrita, C. A; Concari, S. B., Conejo Villalobos, M; Pérez Sottile, R; Herrero Villareal, D. (2016b). El uso de un Laboratorio Remoto de mecánica en la enseñanza de la física en dos modalidades de educación superior. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 28, No. Extra, Nov. 2016, 305-312

Arguedas Matarrita, C., Concari, S., Ureña Elizondo, F. (2016a) Cooperación latinoamericana para el desarrollo de laboratorios remotos para la enseñanza de la física en ciencias e ingeniería. Congreso Argentino de Ingeniería (CADI). Resistencia, setiembre 2016. Libro de Actas CADI-CAEDI 2016, 1278-1287.

Botto, M. (2017). La internacionalización de la educación superior en la Argentina (1995-2015): ¿Convergencia global o peculiaridades nacionales? Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación" V 17 Nro. 3, 1-23

Concari, S.; Marchisio, S. (2018). Redes de cooperación internacional en comunidades virtuales para la investigación, el desarrollo y la capacitación. En: Copertari, S. y Sgreccia, N. (Eds.), Políticas universitarias, comunidades virtuales y experiencias innovadoras en educación. Rosario, Laborde Editorial, 121-158. Disponible en: <https://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/14120> (consultado 23/03/19)

CRES (2018). III Conferencia Regional de Educación Superior para América Latina y el Caribe. Declaración. Córdoba, Argentina, 14 de junio de 2018. Disponible en: [http://www.cres2018.org/uploads/declaracion\\_cres2018.pdf](http://www.cres2018.org/uploads/declaracion_cres2018.pdf) (consultado 23/03/19)

García-Zubía, J; Alves, G. R. (Eds.) (2011). Using Remote Labs in Education. Two Little Ducks in Remote Experimentation. University of Deusto, Bilbao.

García-Zubía, J; Orduña, P; López-de-Ipiña, D; Alves, G. R. (2009). Addressing software impact in the design of remote laboratories. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 56 (12), 4757-4767

Knight, J. (2005). An Internationalization Model: Responding to New Realities and Challenges. En: De Wit, H., Jaramillo, I., Gacel-Ávila, J. y Knight, J. (Eds.), Higher Education in Latin America. The International Dimension (pp. 1-38). The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.

Lerro, F; Orduña, P; Marchisio, S; García-Zubía, 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

Mayoral, L; Álvarez, S. (2014). La internacionalización de la educación superior como estrategia emergente en el ámbito universitario argentino. *Técnica Administrativa*. (13), 2.

Ramírez Chinchilla, K. (2018). UNED instala Laboratorio Remoto de Física. Acontecer Digital. 02 de Mayo 2018, 13:47. Disponible en: <https://www.uned.ac.cr/acontecer/a->

[diario/gestion-universitaria/3183-uned-instala-laboratorio-remoto-de-fisica](#) (consultado 23/03/19)

Rochadel, W; Pires da Silva, S; da Silva, J. B; Luz, T. D; Alves, G. R. (2012). Utilization of remote experimentation in mobile devices for education. In: Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 1-6

Theiler, J. (2005). Internationalization of Higher Education in Argentina. En: De Wit, H., Jaramillo, I., Gacel-Ávila, J. y Knight, J. (Eds.), Higher Education in Latin America. The International Dimension (pp. 71-110). The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.

Viegas, C; Pavani, A; Lima, N; Marques, A; Pozzo, I; Dobboletta, E; Atencia, V; Barreto, D; Calliari, F; Fidalgo, A; Lima, D; Temporão G; Alves, G. (2018). Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. Computers & Education, V 126, 201-216. doi: [10.1016/j.compedu.2018.07.012](#)