

Investigación e Innovación en el grupo G-eLios de la UNED

Manuel Castro¹, Sergio Martín¹, Félix García-Loro¹, Rosario Gil¹, Clara Pérez¹, Elio San Cristóbal¹, Gabriel Díaz¹, África López-Rey¹, María José Albert², María García², Llanos Tobarra³, Antonio Robles³, Rafael Pastor³ y Roberto Hernández³

¹ Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemáticas y Química Aplicada a la Ingeniería

² Departamento Teoría de la educación y Pedagogía Social

³ Departamento de Sistemas de Comunicación y Control

Universidad Nacional de Educación a Distancia

C/ Juan del Rosal 12, 28040 Madrid

{mcastro, smartin, fgarcialoro, rgil, clarapm, elio, gdiaz, africa}@ieec.uned.es, {mjalbert, mgarcia}@edu.uned.es {llanos, arobles, rpastor, roberto}@scc.uned.es

Resumen: Este artículo desarrolla algunas de las líneas de investigación principales en el grupo de investigación G-eLios de la UNED. Se describirá el trabajo en el ámbito de los laboratorios remotos, focalizando en los nuevos desarrollos a través de la federación de laboratorios, sobre todo basado en el laboratorio de electrónica VISIR. También se presenta la experiencia de implementar cursos de microelectrónica con VISIR en una arquitectura de nube, y se describe el trabajo en varios proyectos europeos destinados a mejorar la competitividad de las empresas europeas a través de tecnologías como el Internet de las Cosas, Internet de la Energía y la Computación en la nube. Además también se introduce otra de las líneas de trabajo más activas, como es la de analítica de aprendizaje y big data.

Palabras clave: Laboratorios remotos, laboratorios virtuales, federación de laboratorios, Microelectrónica, VISIR, Internet de las Cosas, Internet de la Energía.

Abstract: This article develops some of the main lines of research in the research group G-eLios of the UNED. The work in the field of remote laboratories will be described, focusing on the new developments through the federation of laboratories, mainly based on the VISIR electronics laboratory. It also presents the experience of implementing microelectronics courses with VISIR in a cloud architecture, and describes the work in several European projects aimed at improving the competitiveness of European companies through technologies such as the Internet of Things, Internet of the Energy and Cloud Computing. In addition, another of the most active lines of work is also introduced, such as learning analytics and big data.

Key words: Remote laboratories, virtual laboratories, federation of laboratories, Microelectronics, VISIR, Internet of Things, Internet of Energy.

1. Introducción

Los investigadores del Grupo de Investigación de Ingeniería Eléctrica y Tecnologías Avanzadas en Educación, Electrónica, Control, Computadores, Energías Renovables, Sostenibilidad, Movilidad y Comunicaciones (G-eLios) pertenecen principalmente al Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica,

Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED, incluyendo en su composición igualmente personal investigador del Departamento de Ingeniería Energética, de la citada Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED, así como de los Departamentos de Sistemas de Comunicación y Control (DSCC) y de Ingeniería de

Manuel Castro, Sergio Martín, Félix García-Loro, Rosario Gil, Clara Pérez, Elio San Cristóbal, Gabriel Díaz, África López-Rey, María José Albert, María García, Llanos Tobarra, Antonio Robles, Rafael Pastor y Roberto Hernández

Software y Sistemas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos de la UNED y del Departamento de Teoría de la Educación y Pedagogía Social de la Facultad de Educación.

Las líneas de investigación principales incluyen:

- Ingeniería eléctrica
- Tecnologías avanzadas en educación
- Tecnologías avanzadas en electrónica
- Tecnologías avanzadas en control
- Desarrollo de Productos de Optimización para Procesos Industriales basados en la Aplicación de Estrategias de Control Adaptativo Predictivo Experto
- Tecnologías Avanzadas en Computadores
- Tecnologías Avanzadas en Energías Renovables y Desarrollo Sostenible
- Tecnologías Avanzadas en Comunicaciones y Seguridad
- Tecnologías Avanzadas en Movilidad e Inteligencia Ambiental
- Tecnologías Avanzadas en Gestión del Conocimiento
- Tecnologías Avanzadas en Bioingeniería
- Tecnologías Avanzadas en Ingeniería Química
- Nuevas Tecnologías de las Comunicaciones, las Ciencias y el Derecho

siendo las principales líneas de trabajo:

- Ingeniería Eléctrica,
- Tecnologías Avanzadas en Educación aplicada en la Ingeniería,
- Estandarización,
- Electrónica,
- Control,
- Computadores,
- Energías Renovables,
- Sostenibilidad, Movilidad,
- Telemática y Ciberseguridad,
- Bioingeniería,
- Inteligencia de datos,
- Control Optimizado Adaptativo,
- Química Aplicada a la Ingeniería.

Dentro del Grupo de Investigación se abarcan áreas diversas que se coordinan en la investigación para la formación y aprendizaje basados en la tecnología con las siguientes líneas fundamentales:

- Plataformas educativas, integración y Blended Learning
- Laboratorios remotos y virtuales
- Reutilización, almacenamiento, búsqueda y recuperación de recursos educativos
- Arquitectura de entornos virtuales de aprendizaje e integración de herramientas

El grupo tiene amplia experiencia en Technology Enhanced Learning (Martín, 2012) desarrollando sistemas y entornos virtuales de soporte al aprendizaje, e integración de herramientas remotas como laboratorios reales/virtuales y sistemas de control. Los miembros del grupo participan en proyectos de investigación nacionales y europeos, con experiencia demostrable, (entre otras), en el desarrollo de Cursos On-line Masivos y Abiertos (COMA o MOOC) y en aplicaciones móviles y realidad aumentada.

El Grupo incluye 35 investigadores, de ellos 5 de fuera del entorno de Personal Docente e Investigador de la Universidad, con un balance adecuado entre personal investigador funcionario y contratado (4 Catedráticos de Universidad. 1 Profesor Emérito, 12 Profesores Titulares de Universidad y 4 Profesores Contratados Doctores, con 30 sexenios de investigación, y con 1 profesor acreditado a Catedrático de Universidad), y personal investigador en formación en las figuras de Profesor Ayudante Doctor y Profesor Asociado (con 1 acreditado a Profesor Titular de Universidad).

Las siguientes secciones describen dos de las áreas de investigación más activas en los últimos meses dentro del grupo: laboratorios remotos y analíticas de aprendizaje.

2. Investigación en Laboratorios Remotos

2.1. Laboratorio remoto VISIR

El laboratorio remoto VISIR se trata de un laboratorio dedicado a la experimentación de teoría de circuitos básica y a la electrónica analógica (Zackrisson,

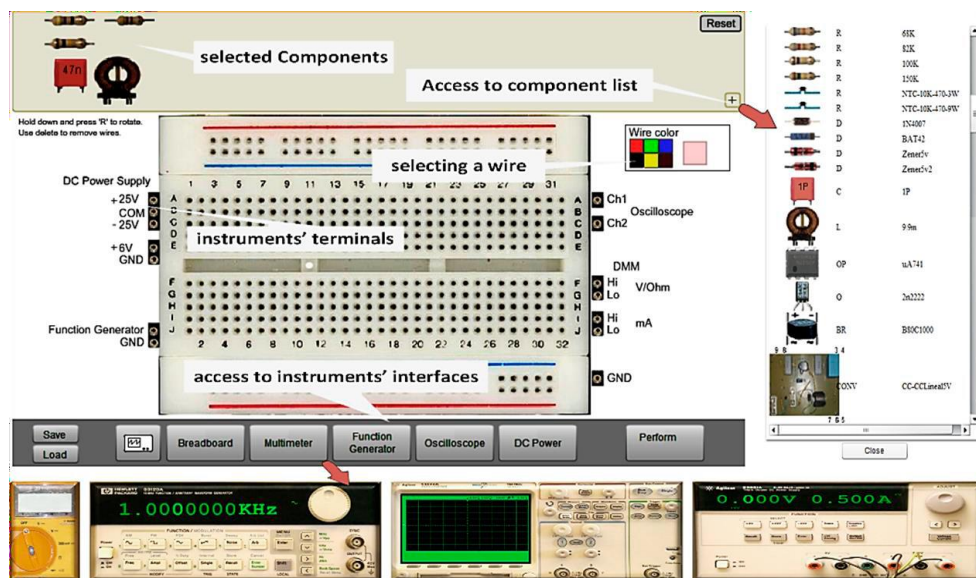


Figura 2. Equipos, instrumentos y componentes en el banco de trabajo en VISIR. Interfaz de usuario.

Gustavsson, & Håkansson, 2007). El diseño del laboratorio traslada la interacción tradicional en el laboratorio presencial mediante el interfaz de banco de trabajo simulado (Figura 1). Una de las grandes ventajas que presenta VISIR es el acceso concurrente de usuarios. Asimismo, proporciona una elevada flexibilidad en el diseño de circuitos mediante una matriz de conmutación basada en relés a la que se conectan componentes, equipos e instrumentos (Tawfik et al., 2015). En la Figura 1 se observa los distintos elementos del laboratorio:

- Chasis NI-PXI 1031 de National Instruments (NI) donde se conectan las tarjetas de equipos e instrumentos PXI de NI
 - Polímetro NI-PXI 4072 (Fluke 23 en el interfaz, Figura 2).
 - Generador de funciones NI-PXI 5412 (HP 33120A en el interfaz, Figura 2).
 - Osciloscopio NI-PXI 5114 (Agilent 54622A en el interfaz, Figura 2).
 - Fuente de alimentación NI-PXI 4110 (E3631A en el interfaz, Figura 2).
- Matriz de conmutación.
- Un pc, que en la figura se encuentra integrado

dentro del chasis como una tarjeta más pero que puede ser completamente externo.



Figura 1. Hardware en un sistema VISIR.

VISIR fue el resultado del proyecto Virtual Instrument System in Reality (VISIR) iniciado en 2006 en Blekinge Tekniska Högskola (BTH), Suecia, con la colaboración de empresas como National Instruments, USA, y Axiom EduTech AB, Suecia, y con el soporte financiero de la agencia gubernamental sueca de innovación VINNOVA (Gustavsson et al 2007). En la

actualidad hay 20 sistemas VISIR en 17 instituciones educativas, repartidas por 12 países: Alemania, Argentina, Austria, Brasil, Costa Rica, España, Estados Unidos, Georgia, India, Marruecos, Portugal y Suecia.

La dimensión de VISIR se ve reflejada en los proyectos europeos de investigación, financiados por la comisión europea bajo el programa Erasmus+, en los que el laboratorio remoto VISIR ha participado como núcleo principal del proyecto, como son el proyecto VISIR+ <<VISIR+ - Educational Modules for Electric and Electronic Circuits Theory and Practice following an Enquiry-based Teaching and Learning Methodology supported by VISIR; Project number: 561735-EPP-1-2015-1-PT-EPPKA2-CBHE-J>> (<http://www2.isep.ipp.pt/visir/>) o el proyecto PILAR <<Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visiR - Erasmus+ Strategic Partnership nº 2016-1-ES01-KA203-025327>> (<https://pilar.ieec.uned.es/>) en el que la UNED, a través del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería (DIEECTQAI), ha liderado una federación de 4 sistemas VISIR europeos (García Loro et al., 2019).

Otros proyectos en los que el laboratorio VISIR se ha integrado como recurso educativo son, por ejemplo, el proyecto GoLab <<GoLab - Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School Programa FP7: Acción de investigación - FP7-ICT-2011-8 - Project number 317601>> (<http://www.go-lab-project.eu/>); o el proyecto MECA <<MECA - MicroElectronics Cloud Alliance - Erasmus+ Knowledge Alliances 2015 nº 562206-EPP-1-2015-1-BG-EPPKA2-KA>> (<http://meca-project.eu/>), en el que VISIR forma parte del proyecto.

Dentro del DIEECTQAI, al margen de los proyectos anteriormente citados, la actividad llevada a cabo alrededor del laboratorio remoto VISIR se ha fundamentado en su integración en los recorridos curriculares en las materias afines. Asimismo, se convirtió en el primer laboratorio remoto integrado en un MOOC (García-Loro, San Cristóbal, Díaz, Meier y Castro, 2016). En la actualidad están proyectados distintos cursos MOOC con el respaldo del laboratorio remoto VISIR dentro de la plataforma de MOOCs UNED IEDRA (<https://iedra.uned.es/>) proporcionada

a través de UNED-abierta. Como líneas de investigación destacan:

- VISIR es el escenario seleccionado para la integración de herramientas de evaluación formativa en los entornos de experimentación remota debido a la elevada flexibilidad de experimentación que posee, convirtiéndolo en un entorno extremadamente exigente. Mediante una realimentación general del sistema, encargada del uso y configuración de los equipos, y una realimentación particular del docente, en pro de una autorregulación del aprendizaje (García Loro, 2018). Este análisis se ha llevado a cabo analizando la interacción estudiante-laboratorio y permite extender el análisis a todos los ámbitos relacionados con la experimentación.
- La integración del laboratorio remoto VISIR con estudiantes del Instituto de Educación Secundaria Ramiro de Maeztu, edades comprendidas entre 11 y 14 años, ha proporcionado resultados satisfactorios en cuanto a su acogida por parte de los estudiantes además de proporcionar indicadores acerca de cómo el género influye en los enfoques cognitivos/motores que los estudiantes emplean en la experimentación (Blazquez-Merino et al., 2019).
- Como continuo desarrollo de las capacidades y alcance del laboratorio, otra línea de investigación se centra en la extensión del laboratorio remoto VISIR para respaldar las tecnologías de IoT (Baizán et al., 2019). El resultado es la posibilidad de interactuar con sensores y actuadores conservando todas las características de VISIR. Por lo tanto, el usuario puede cablear sus circuitos, incluidos sensores y actuadores, e interactuar con la instrumentación.

2.2. Federación de laboratorios remotos VISIR

Actualmente un gran número de universidades están utilizando laboratorios virtuales y remotos para complementar sus escenarios de aprendizaje. Principalmente en metodologías de blended learning y educación a distancia.

Nuestra investigación se centra en los retos que actualmente han surgido del uso y diseño de estos laboratorios como son:

- Federación de laboratorios. Hasta hace unos años

los laboratorios eran diseñados por cada una de las universidades para sus necesidades. Esto daba lugar a un gran número de laboratorios similares pero que eran diseñados exclusivamente para el uso de dicha universidad. Nuestra investigación ha ido orientada a “cambiar este pensamiento” y facilitar la reutilización de laboratorios remotos.

- Hasta hace relativamente poco los laboratorios remotos eran diseñados como un todo. Es decir un equipo con sus actuadores y sensores que eran programados como un todo y normalmente utilizando lenguajes de programación cerrados como Labview. Nuestra investigación va orientada a la creación de laboratorios utilizando dispositivos de IoT. Tratando de dar una nueva visión, no excluyente, de los laboratorios remotos actuales. También explorar la vía de *pockets labs*.
- Otro aspecto fundamental es el uso de estos laboratorios dentro de un entorno de aprendizaje. La idea de utilizar estos laboratorios no solo en sistemas de gestión de aprendizaje sino en otros tipos de entornos virtuales de aprendizaje.

Las dificultades que conllevan estas actividades son varias. Encontrar laboratorios candidatos a su reutilización y donde se pueda crear una federación; con todo lo que ello implica como: Creación de software, creación de políticas de uso, etc. Cambio en el concepto de diseño de laboratorios, con la aparición de dispositivos IoT que permiten el manejo de sensores y actuadores se abren unas posibilidades de crear laboratorios distribuidos y por tanto dificultades técnicas como: comunicaciones, gestión de los dispositivos, etc.

Por último el uso de estos laboratorios dentro de entornos de aprendizaje es una parte muy importante, donde diferentes aproximaciones educativas como el aprendizaje basado en tareas, el proceso experimental o *inquiry-based learning* facilitan y apoyan el uso de laboratorios virtuales y remotos.

2.3. Cursos de Microelectrónica con VISIR

Enmarcado en el proyecto internacional *MicroElectronics Cloud Alliance* (MECA, 2016) se hizo uso de VISIR para desarrollar dos cursos de Microelectrónica y compartirlos en una arquitectura en nube.

El objetivo del proyecto MECA era proporcionar una gama de recursos educativos abiertos (OERs por sus siglas en inglés) y acceso virtual o remoto a instalaciones de aprendizaje o laboratorios. De esta forma, a través de una “nube educativa” se puede compartir tanto la experiencia y conocimiento como los recursos necesarios en el aprendizaje de cualquier disciplina, en este caso la Microelectrónica.

Los distintos participantes desarrollaron hasta 22 cursos diferentes fomentando la movilidad virtual. Cada participante comparte a través de la nube el acceso remoto a sus instalaciones, experimentos de laboratorio o software, lo cual brinda acceso a nuevos recursos.

Este proyecto permitió fortalecer los lazos entre las pequeñas y medianas empresas y la educación superior, debido a los requisitos que exigen hoy en día el mercado laboral y su conexión con la universidad.

Por tanto, dentro del proyecto MECA, la UNED desarrolló dos nuevos cursos, basados en VISIR y en la amplia experiencia de esta universidad en el desarrollo de recursos educativos en abierto. Estos nuevos cursos fueron (Cursos de Microelectrónica, 2018): 1) Introducción a la Microelectrónica y su tecnología (*Microelectronics Literacy and Technologies*, MLT); y 2) Diseño de Circuitos Integrados Avanzados en Microelectrónica (*Integrated Circuits and Design*, ICD).

Las ventajas de una arquitectura en la nube en términos de efectividad educativa son la eficiencia en la organización de un curso; los instructores o profesores se centran en el área de experiencia; las experiencias comunes de los estudiantes de diferentes países, pero basadas en infraestructuras similares; la organización de laboratorios; y la mejora del aprendizaje. Todo esto debido a la optimización de los laboratorios. y cursos.

Dentro del uso de arquitecturas en nube, existen nubes públicas como Amazon Web Services (AWS) y Microsoft Azure. Y respecto a las nubes privadas sabemos que hay nubes privadas dentro de las instituciones y también híbridas. Para este proyecto, nos centramos en una nube privada, CloudStack (2012), debido a la experiencia técnica de uno de los socios involucrado en este proyecto. El modelo de

Manuel Castro, Sergio Martin, Félix García-Loro, Rosario Gil, Clara Pérez, Elio San Cristóbal, Gabriel Díaz, África López-Rey, María José Albert, María García, Llanos Tobarra, Antonio Robles, Rafael Pastor y Roberto Hernández

software es *Software as a Service* (SaaS), donde los proveedores de la nube administraban completamente la aplicación, al igual que sucede en un sitio web como WordPress o en un sitio de aprendizaje electrónico como Moodle. En nuestro caso, Moodle fue la plataforma utilizada para desarrollar los nuevos cursos.

El primer curso (*Microelectronics Literacy and Technologies*, MLT) se centra en la entrega de conocimientos básicos en microelectrónica. Este curso está dividido en dos bloques claramente diferenciados: 1) Fundamentos de Microelectrónica; y 2) Principales procesos tecnológicos en microelectrónica. Por otro lado, el segundo curso (*Integrated Circuits and Design*, ICD) trata sobre conceptos más avanzados en microelectrónica y está diseñado para experimentar con el laboratorio remoto VISIR. Este curso también se divide en dos bloques: 1) Tecnologías de circuitos integrados y 2) Diseño de circuitos digitales integrados.

Ambos cursos se desarrollaron en Moodle y permiten el acceso libre a todos los interesados en microelectrónica. Además de VISIR, cada uno de estos cursos integra varios materiales de aprendizaje, tales como: documentación, videos de demostración, ejercicios de autoevaluación y herramientas virtuales (Figura 3).

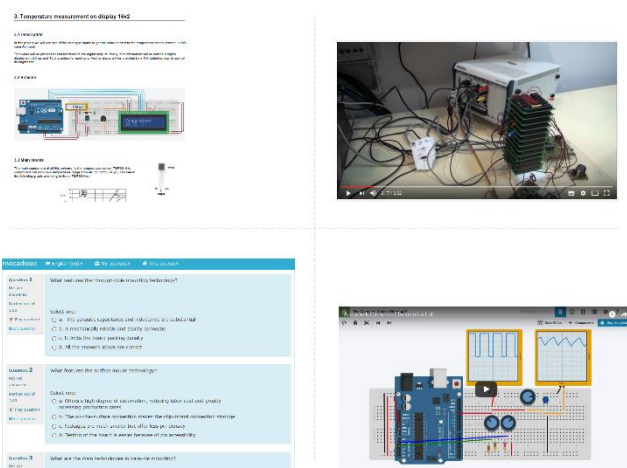


Figura 3. De arriba a la izquierda a abajo a la derecha: documentación; videos de demostración; ejercicios de evaluación; y acceso a herramientas virtuales.

La innovación de estos cursos se basa en la integración del laboratorio remoto VISIR. Además, el uso de VISIR se introduce progresivamente con videos de demostración. Las actividades se estructuran por niveles de dificultad de forma que sea fácil para los estudiantes comprender y utilizar un laboratorio remoto.

Todas las actividades diseñadas para estos cursos tienen su propio video con instrucciones, un documento para guiar a los estudiantes a lo largo de las prácticas y el acceso a VISIR mediante un sistema de reserva.

Una vez que los cursos se implementaron, se llevó a cabo una prueba piloto para obtener una primera experiencia con estudiantes, lo cual nos permitió mejorar el diseño y/o contenido, en los puntos que se estimó necesario.

Los resultados de la prueba piloto mostraron que los contenidos se presentaron de manera ordenada y secuencial de acuerdo con el progreso de los estudiantes en su aprendizaje. La importancia de las herramientas y los contenidos prácticos también se destacó, al igual que el diseño teórico-práctico. Este diseño permitió a los estudiantes combinar los contenidos teóricos aprendidos con las prácticas reales a distancia.

Estos cursos abren nuevas posibilidades de adquirir o complementar el conocimiento, de forma gratuita, y también la posibilidad de mejorar la capacidad de las instituciones educativas para integrar personas mejor preparadas en el mundo laboral. Nuestro desafío será continuar investigando en este campo para integrar cursos más prácticos con laboratorios remotos, así como implementar el modelo MOOC para brindar cursos de alta calidad a todas las personas interesadas en la microelectrónica.

2.4. Estándar sobre laboratorio remoto

En cuanto a la colaboración con el IEEE Standards Association, el consorcio tiene investigadores involucrados en el grupo de estandarización de laboratorios remotos para la educación P1876 (donde el investigador Miguel Rodríguez Artacho ha desempeñado el cargo de vicechair durante 3 años).

Recientemente se ha culminado la redacción de la norma y el desarrollo de prototipos conformes a la misma, en especial en lo que respecta a la analítica en xAPI, en la que hemos contribuido con varias propuestas.

2.5. Mejora de la competitividad de PyMEs europeas a través de nuevas tecnologías

Estudios recientes enfatizan el potencial de las nuevas tecnologías, como la computación en la nube, Internet of Things o Internet of Energy, en términos de impulsar el crecimiento de las pymes y alentar las prácticas empresariales en todos los niveles. Sin embargo, las tendencias del mercado indican que las pymes europeas no están aprovechando suficientemente estas tecnologías.

La necesidad de facilitar la difusión de las tecnologías de computación en la nube, IoT e Internet de energía a nivel europeo y la necesidad de profesionales en los sectores son las razones detrás de los proyectos IN-CLOUD [13], IoT4SME y IoE-EQ.

Estos proyectos tenían como objetivo promover el aprendizaje de estas tecnologías a través de las cualificaciones profesionales de VET (Educación y Formación Profesional) diseñadas de acuerdo con el análisis de mercado.

Los cursos didácticos conducentes a tales calificaciones proporcionados dentro de estos proyectos incluyen una combinación adecuada de materiales originales publicados como Recursos Educativos Abiertos (OERs) en diferentes idiomas. Los principales OERs incluidos en sus cursos didácticos son fundamentalmente videoconferencias, entrevistas, seminarios web y demostradores.

Estos OERs consisten en una colección de entrevistas y presentaciones sobre aplicaciones prácticas de cloud computing, IoT y IoE en diferentes campos de aplicaciones.

Estos materiales didácticos pueden evidenciar concretamente el uso de estas tecnologías y aplicaciones. Expertos, especialistas en TIC, desarrolladores, gerentes de infraestructuras de TIC, investigadores, gerentes de empresas, expertos en innovación tecnológica, creadores de empresas innovadoras son los potenciales entrevistados.

Las entrevistas se producen en diferentes idiomas (inglés, francés, alemán, italiano, español, portugués y lituano al menos), para tener un impacto más amplio.



Figura 4. Ejemplo de entrevista en video.

Por otro lado, los showcases incluidos presentan ejemplos prácticos de la introducción de la tecnología IoT en las empresas, las innovaciones basadas en IoT o las mejores prácticas en la adopción de IoT. Las vitrinas se producirán en inglés en términos de textos, que estarán disponibles en el sitio web del proyecto.

Cada showcase presenta las características del uso de dichas tecnologías en la empresa, las razones por las que decidió adoptar tecnologías de IoT en su infraestructura y un análisis de los beneficios obtenidos.

Por otro lado, estos proyectos también incluyen la impartición de varios seminarios web (o webinars) para promover y proporcionar más información sobre la aplicación práctica de esta tecnología en varios campos (ver figura 5).



Figura 5. Ejemplo de webinar.

El objetivo principal de estos webinars es producir material didáctico que pueda evidenciar concretamente el uso de estas tecnologías y aplicaciones.

El desarrollo de una serie de seminarios web se realizará reuniendo los puntos de vista y la experiencia de diferentes expertos en tecnología, empresas y responsables políticos.

La organización de webinars con antelación con respecto a los cursos de formación, persiguen dos efectos positivos. Primero, comenzar a crear una "comunidad" de personas interesadas en los temas, que al asistir a los diferentes seminarios web se convertirán en "seguidores" del proyecto y sus actividades. Segundo, los seminarios web crean expectativas hacia los próximos cursos de capacitación, asegurando un alto potencial de estudiantes inscritos incluso antes del inicio de la fase de inscripción.

Por otro lado, estos proyectos incluyen una serie de demostradores, que son unos laboratorios virtuales y remotos que facilitan el aprendizaje. Estos recursos consisten en la implementación física de experimentos altamente innovadores de tecnologías IoT donde los estudiantes puedan realizar experiencias prácticas en situaciones controladas, pero utilizando equipos o plataformas reales.

Esta metodología de aprender haciendo es fundamental cuando se trata de un tema como los estudiados en estos proyectos, donde las habilidades prácticas son esenciales.

Como ejemplos de demostradores didácticos propuestos son los siguientes:

- Industria inteligente: IoT es uno de los paradigmas de la Industria 4.0, donde todas las maquinarias y procedimientos interconectados pueden compartir datos para optimizar los procesos. La tecnología puede mejorar la eficiencia del proceso, reducir las ineficiencias y facilitar la gestión del mantenimiento. El demostrador puede reproducir una planta industrial a pequeña escala, sensores, actuadores y controladores basados en el pie (ver figura 6).

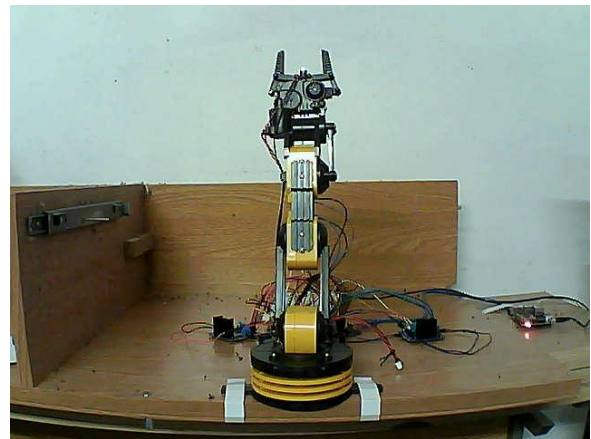


Figura 6. Ejemplo de demostrador: un laboratorio remoto de brazo robótico desarrollado por la UNED.

- Casa inteligente: la integración de IoT en los sistemas domésticos permite la medición inteligente de varios componentes, como tomas de corriente, termostatos, presencia de sensores de CO₂, etc. La tecnología IoT puede permitir la optimización del monitoreo y el control automático. El demostrador implementa un entorno doméstico a pequeña escala equipado con diferentes controladores y sensores IoT.
- Sistemas de telecomunicación inteligentes: las torres de telecomunicación que adoptan IoT para integrar tecnologías, protocolos y sensores pueden interconectarse a grandes distancias. La gestión inteligente y la integración de datos permiten realizar un mantenimiento predictivo, previsión y prevención de fallos. El demostrador puede reproducirse en un sistema a pequeña escala, incluidas las torres interconectadas provistas de sensores y controladores.

- Monitoreo inteligente: los microcontroladores de nueva generación, que son económicos y admiten fácilmente una amplia gama de sensores, son una solución adecuada para la realización de una red de monitoreo inteligente distribuida en el territorio. El demostrador implementa controladores IoT, equipados con diferentes tipos de sensores y actuadores, adoptados para monitorear un área y realizar acciones específicas.

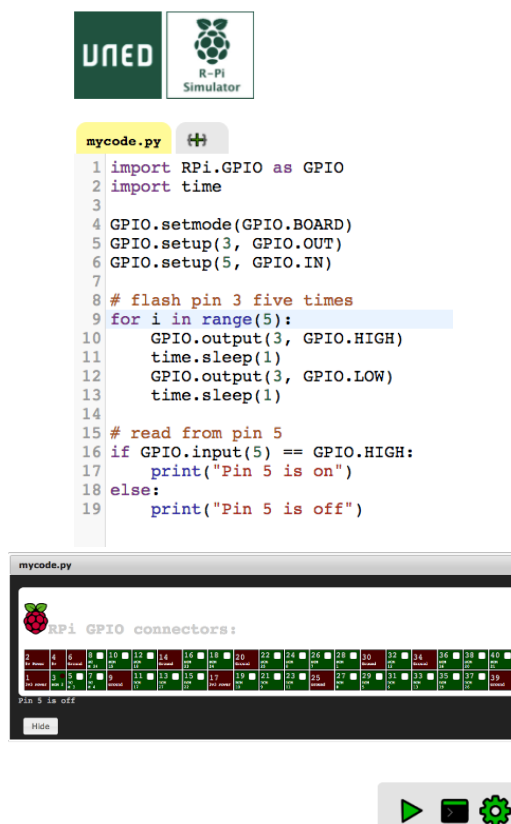


Figura 7. Ejemplo de demostrador: un laboratorio virtual de Raspberry Pi desarrollado por UNED.

- Sistemas de energía inteligente: la integración de los sistemas de energía y IoT, especialmente en el caso de los sistemas de producción distribuidos, puede mejorar la administración de la red, optimizar el flujo de energía, minimizar los consumos y las pérdidas, y llevar a la implementación de los sistemas. llamada "red inteligente". El demostrador reproduce un sistema de energía a pequeña escala.

3. Investigación en Analíticas de Aprendizaje y Big Data

En el grupo G-eLios están integrados investigadores del Departamento de Sistemas de Comunicación y Control (DSCC), además de otros investigadores de la ETS de Ingeniería Informática de la UNED. Una de las principales áreas de investigación de este grupo está dentro del campo de las Tecnologías Educativas Avanzadas para el Análisis de Aprendizaje y Big Data.

Por tanto, los miembros del grupo participan en la red de excelencia e-Madrid. Se han difundido los resultados de las investigaciones a través de charlas, como la que se presentó en el trabajo “Análisis del comportamiento de los estudiantes y sus intereses en comunidades virtuales de aprendizaje” (<https://canal.uned.es/video/5a6f3446b1111f76238b4578>), entre otras, dentro del campo de Big Data para la Educación. Además, este grupo es cofundador de la Spanish Network Of Learning Analytics (SNOLA), red de excelencia cuya creación fue financiada por el proyecto TIN2015-71669-REDT, en la cual participan 9 universidades españolas.

Dentro de esta área de investigación, destacamos las siguientes contribuciones como difusión de los resultados de la investigación obtenidos: (Ros et al, 2013), (Tobarrá et al, 2014), (Ros et al, 2014), (Robles-Gomez et al, 2015), (Caminero et al, 2016) y (Robles-Gomez et al, 2016).

Otra área de investigación relevante, donde los investigadores del grupo están profundamente involucrados es el de los laboratorios remotos y virtuales con fines educativos. Varios miembros de DSCC están liderando varios proyectos de investigación relacionados con esta área de investigación:

- Labs of Things. Laboratorio IoT multidisciplinar para el desarrollo de prácticas en el marco de las titulaciones de la ETS Ingeniería Informática, 2016. Este proyecto ha sido coordinado por el profesor Rafael Pastor de DSCC.
- eNMoLabs (efficient Network Management of Laboratories), 2019-2020. Proyecto de investigación en la gestión eficiente de redes de laboratorios, teniendo en cuenta la tolerancia a fallos (reconfiguración dinámica), reducción de

Manuel Castro, Sergio Martin, Félix García-Loro, Rosario Gil, Clara Pérez, Elio San Cristóbal, Gabriel Díaz, África López-Rey, María José Albert, María García, Llanos Tobarra, Antonio Robles, Rafael Pastor y Roberto Hernández

latencias y alta disponibilidad del servicio ofrecido a los usuarios. Este proyecto está coordinado por el profesor Antonio Robles-Gómez de DSCC.

La financiación de ambos proyectos ha sido proporcionada por la UNED. Varios de los miembros de DSCC, y en coordinación con el resto de los miembros del grupo de investigación g-ELIOS, tuvieron un papel activo en dos proyectos europeos: MUREE y Go-Labs. Destacando el rol de transferencia de conocimiento dentro del proyecto MUREE con varias instituciones jordanas.

Bajo este proyecto, se construyeron dos laboratorios remotos con el paradigma de Labs of Things, y se integraron completamente en un sistema de gestión de aprendizaje (LMS), como es Moodle (<https://canal.uned.es/video/5a6f1a04b111fbb028b4570>). Esta experiencia ha inspirado trabajos posteriores de los socios jordanos, que han seguido trabajando en esta dirección. Nos gustaría mencionar las siguientes publicaciones como resultado de la investigación en esta área: (Tobarra et al 2017), (Caminero et al, 2014), (Pastor-Vargas et al, 2014) y (Tobarra et al, 2015).

4. Ciberseguridad

Otra área de investigación de interés es la ciberseguridad y su proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por un lado, se están llevando a cabo investigaciones en este ámbito sobre distintos elementos del Internet de las Cosas, como dos de los dispositivos más populares hoy en día de este sector, como son Arduino y Raspberry Pi. Así mismo, se está trabajando en el análisis de un subconjunto del Internet de las Cosas, como es el Internet de la Energía.

Por otro lado, gracias a este marco de trabajo en 2018, se fundó un grupo de innovación educativa, CiberGID, y está coordinado por el profesor Roberto Hernández de DSCC. Está compuesto por miembros de g-ELIOS de las Escuelas de Ingeniería Informática e Industriales de la UNED. Este grupo de innovación ha centrado sus esfuerzos en la creación de recursos educativos para el aprendizaje de la ciberseguridad a nivel universitario. Un resumen de sus actividades se puede encontrar en el siguiente enlace: <https://cibergid.github.io>.

Desde la perspectiva de la investigación, dentro de esta área, una tesis doctoral ha sido presentada con éxito y que fue dirigida por el profesor Roberto Hernández. El objetivo principal de esta tesis doctoral es la seguridad relacionada con el gobierno electrónico y las iniciativas populares. Finalmente, nos gustaría destacar las siguientes publicaciones relacionadas: (Cano et al, 2013), (Cano et al, 2014a) y (Cano et al, 2014b).

El Departamento DSCC también tiene docencia asignada en la Escuela de Industriales, tanto en titulaciones de Grado como de Máster, teniendo también una relación docente e innovadora en este sentido. En concreto, la docencia asignada a DSCC pertenece, por un lado, al Máster Universitario en Investigación en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control Industrial; al Máster Universitario e Internacional en Sistemas Electrónicos de Información y Comunicación (en inglés, Information and Communication Electronic Systems); y al Máster Universitario en Comunicación Audiovisual de Servicio Público.

Por otro lado, DSCC también dispone de docencia en los Grados de la ETSI Industriales; Ingeniería en Tecnologías Industriales, Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, e Ingeniería Eléctrica. Y más recientemente, el Máster Oficial en Ciberseguridad de reciente creación por parte de DSCC; y donde varios miembros de la Escuela de Industriales también participan, además de otros Departamentos de la Escuela de Informática y la Facultad de Derecho.

A lo largo de los últimos años ha existido y existe entre los miembros del grupo una gran relación innovadora, además de docente, que se ha reflejado en un conjunto de publicaciones, ponencias y proyectos de innovación educativa.

5. Investigación en tendencias en tecnologías educativas

La tecnología está afectando profundamente la manera en que vemos la educación a distintos niveles. Durante los últimos 10 años, con la llegada del e-learning, la enseñanza se ha visto afectada, tanto desde el punto de vista de centros presenciales, como a distancia. De hecho, lo que inicialmente eran herramientas únicamente destinadas para la enseñanza on-line no

presencial se han convertido en algo habitual en muchos centros presenciales de enseñanza superior, llegando incluso a impartir éstos docencia también on-line.

La investigación en este área se centra en el análisis de una serie de informes que ofrecen previsiones sobre las tecnologías que tendrán, previsiblemente, mayor impacto en la educación durante los próximos años. Estos informes son conocidos como los Horizon Reports (HR) (Johnson, 2013), un trabajo de “The New Media Consortium” y la “EDUCAUSE Learning Initiative”, que desde 2004 han publicado sus previsiones sobre las tecnologías de mayor calado en la educación. Dichas previsiones son ofrecidas utilizando tres horizontes temporales: corto (un año o menos), medio (2-3 años) y largo plazo (4-5 años).

El análisis realizado sobre estos informes consistió en la representación visual de la información proveniente de los siete informes HR existentes, para la posterior detección de los principales familias de tecnologías, agrupando así las predicciones y facilitando su estudio (Martin, 2011) (Martin, 2018).

Además del análisis de tendencias basado en los informes Horizon, también se ha llevado a cabo desde 2011 una encuesta a expertos en educación de ingeniería para determinar las diferencias existentes entre la educación, vista de manera global, y la educación de ingeniería, donde aparecen algunas tecnologías particulares, tales como los laboratorios virtuales y remotos (EER, 2019) (EERT, 2019).

Esta investigación puede ser de interés para todos aquellos investigadores que trabajen en el área de tecnologías educativas, ya que ofrece una visión general de las posibles tecnologías a vigilar durante los próximos años.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por el Gobierno regional de Madrid, a través del proyecto e-Madrid-CM (P2018 / TCS-4307). El proyecto e-Madrid-CM también está cofinanciado por los Fondos Estructurales (FSE y FEDER).

Y a la financiación parcial de los proyectos “Knowledge Alliance 562206-EPP-1-2015-1-BG-

EPPKA2-KA MicroElectronics Cloud Alliance (MECA)”. IoE-EQ. Internet of Energy - Education and Qualification. Erasmus+ - Cooperation for Innovation and the Exchange of Good Practices nº 2017-1-IT01-KA202-006251; PILAR. Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visiR - Erasmus+ Strategic Partnership nº 2016-1-ES01-KA203-025327 and e-LIVES. e-Learning InnoVative Engineering Solutions- Erasmus+ Capacity Building in Higher Education 2017 - 585938-EPP-12017-1-FR-EPPKA2-CBHE-J. Y a los proyectos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED 2019/IEQ-15, 2019/IEQ-14 y 2019-IEQ13.

Referencias

Martín, S., San Cristóbal, E., Gil, R., Tawfik, M., Pesquera, A., Losada, P., Latorre, M., Díaz, G., Castro, M. y Peire, J.

DIEEC (Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control), UNED.

IE Comunicaciones – Revista Iberoamericana de Informática Educativa. Núm. 15, Enero/Junio de 2012, págs. 27-36 (10).

Revista Oficial de la Asociación para el Desarrollo de la Informática Educativa (ADIE), ISSN: 1699-4574, Madrid (España).

Baizan, P., Macho, A., Blazquez, M., Garcia-Loro, F., Perez, C., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R. y Castro, M. IoT Remote Laboratory based on ARM Device - Extension of VISIR Remote Laboratories to Include Internet of Thing Support, *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2019*, Bangalore (India), Febrero 2019.

Blazquez-Merino, M., Garcia-Loro, F., Plaza-Merino, P., López-Rey, A., San Cristobal-Ruiz, E., Castro-Gil, M., & Albert, M. J. (2019). Gender comparative research on learning strategies applying the cognitive-motor model methodology and VISIR remote lab. *Computer Applications in Engineering Education*, 0(0) doi:10.1002/cae.22121

García Loro, F. (2018). *Evaluación y aprendizaje en laboratorios remotos: Propuesta de un sistema automático de evaluación formativa aplicado al laboratorio remoto VISIR. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED. 2018.*

García-Loro, F., Cristobal, E. S., Diaz, G., MacHo, A., Baizan, P., Blazquez, M., & Auer, M. (2019). PILAR: A federation of VISIR remote laboratory systems for educational open activities. *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2018, Wollongong, December 2018*, 134-141.

García-Loro, F., Sancristobal, E., Diaz, G., Meier, R., & Castro, M. (2016). Practical competences in a MOOC through remote laboratories. electronics remote lab integration into a MOOC. *Learning with MOOCs III: Being and Learning in a Digital Age, LWMOOCs III 2016 October 2016 (Anual). University of Pennsylvania*, 6-7.

Gustavsson, I., Zackrisson, J., Håkansson, L., Claesson, I., & Lagö, T. L. (2007). The visir project— an open source software initiative for distributed online laboratories. *Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2007*.

Tawfik, M., Monteso, S., Garcia-Loro, F., Sancristobal, E., Ruiz, E., Díaz, G., & Castro, M. (2015). Novel design and development of advanced remote electronics experiments. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(3), 327-336. doi:10.1002/cae.21602

Zackrisson, J., Gustavsson, I., & Håkansson, L. (2007). An overview of the VISIR open source software distribution. *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2007*.

MECA. (2016). *MicroElectronics Cloud Alliance*. Fecha última consulta: 12 Julio 2019. On-line. URL: <http://meca-project.eu/>.

OpenStack (2012). *OpenStack*. Fecha última consulta: 12 Julio 2019. On-line. URL: <https://www.openstack.org/>.

Cursos de Microelectrónica, UNED. (2018). *Lista de cursos desarrollados en el proyecto MECA*. Fecha última consulta: 12 Julio 2019. On-line. URL: <http://www.ett.bme.hu/meca/EP/index.html>.

Ros, S, Hernández, R., Robles-Gómez, A. et al. Open Service-Oriented Platforms for Personal Learning Environments. *IEEE Internet Computing* 2013; 17:26-31.

Tobarra, Ll., Robles-Gómez, A., Ros, S. et al. Analyzing the students' behavior and relevant topics in virtual learning communities. *Computers in Human Behavior* 2014; 31:659-669.

Ros, S., Hernández, R., Caminero, A. C. et al. On the use of extended TAM to assess students acceptance and intent to use Third Generation Learning Management Systems. *British Journal of Educational Technology* 2014; 46:1250-1271.

Robles-Gómez, S. Ros, R. Hernández, et al. User acceptance of a proposed self-evaluation and continuous assessment system. *Journal of Education Technology and Society* 2015; 18:97 109.

Caminero, C. Ros, S. Hernández, R. et al. VirTUAL remoTe labORatories management System (TUTORES): Using cloud computing to acquire university practical skills. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 2016; 9:133-145.

Robles-Gómez, A., Ros, S., Martínez-Gámez, A., Hernández, R., Tobarra, Ll., Pastor, R., Caminero, A.C., Cano, J. (2017), Using Kibana and ElasticSearch for the Recommendation of Job Offers to Students, Learning Analytics Summer Institute Spain (LASI Spain 2017). Madrid, Spain.

Tobarra, Ll., Ros, S., Hernández, R., Robles-Gómez, A., Pastor, R., Caminero, A.C., Cano, J., Claramonte, J. (2017), Studying Students' Behavior in UNED-COMA MOOCs, Learning Analytics Summer Institute Spain (LASI Spain 2017). Madrid, Spain.

Caminero, A., Robles-Gomez, A., Ros, S., Tobarra, M., Hernandez, R., Pastor, R. y Castro, M. On the Creation of Customizable Laboratory Experiments: Deconstruction of Remote Laboratories to Create Laboratories as a Service (LaaS). *iJOE – International Journal of OnLine Engineering*. Vol. 10, núm. 6, 2014, 35-42 (8). International Association of Online Engineering, ISSN: 1861-2121, Kassel (Germany).

Pastor-Vargas, R., Tobarra, M., Ros, S., Hernandez, R., Robles, A., y Castro, M. Automatic Management Services for Remote/Virtual Laboratories. *iJOE – International Journal of OnLine Engineering*. Vol. 10, 6, 2014, 43-49 (7). International Association of Online Engineering, ISSN: 1861-2121, Kassel (Germany).

Tobarra, L., Ros, S., Hernandez, R., Pastor, R., Robles-Gómez, A., Caminero, A.C. y Castro, M. Low-Cost Remote Laboratories for Renewable Energy in Distance Education. *REV 2014 – 11th International Conference on Remote Engineering & Virtual Instrumentation*, 106-111. International Association of Online Engineering (IAOE) e ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto), ISBN: 978-1-4799-2025-9, 2014, Porto (Portugal).

Tobarra, L., Ros, S., Hernández, R., Barreiro, M., Robles-Gómez, A., Caminero, A. C., Pastor-Vargas, R., Castro, M., Creation of Customized Remote Laboratories Using Deconstruction. *IEEE-RITA* 10(2): 69-76 (2015).

Cano, J., Hernández, R., Ros, S., Bringing an engineering lab into social sciences: didactic approach and an experiential evaluation. *IEEE Communications Magazine* 52(12): 101-107 (2014).

Cano, J., Hernández, R., Ros, S. Distributed Framework for Electronic Democracy in Smart Cities. *IEEE Computer* 47(10): 65-71 (2014).

Cano, J., Hernández, R., SCEPYLT: An Information System for Fighting Terrorism. *IEEE Software* 30(3): 73-79 (2013).

Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., and Martín, S (2013). *Technology Outlook for STEM+ Education 2013-2018: An NMC Horizon Project Sector Analysis*. Austin, Texas: The New Media Consortium.

Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2011). New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), 1893-1906. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.003>

EER - Engineering Education Report. Fecha última consulta: 12 Julio 2019. On-line. URL: <http://ohm.ieec.uned.es/eer/>

EERT - Engineering Education Technologies Report. Fecha última consulta: 12 Julio 2019. On-line. URL: <http://ohm.ieec.uned.es/EERT/>