

# Experiencia didáctica en la escuela secundaria con el laboratorio remoto VISIR

Manuel Blázquez, Alejandro Macho,  
Pablo Baizán, Félix García, Elio San  
Cristobal, Gabriel Diaz, Manuel Castro,  
Pedro Plaza

*Departamento de Ingeniería Eléctrica,  
Electrónica y de Control*  
Universidad Nacional de Educación a  
Distancia - UNED  
Madrid, España

mblazquez@ieec.uned.es,  
amacho@ieec.uned.es,  
pbaizane@ieec.uned.es,  
fgarcialoro@ieec.uned.es, elio@ieec.uned  
.es, gdiaz@ieec.uned.es,  
mcastro@ieec.uned.es,  
pplaza@ieec.uned.es

**Abstract**— El laboratorio VISIR es una herramienta utilizada como laboratorio remoto en el ámbito de la educación superior. En esta comunicación se presentan las características de un curso llevado a cabo en el contexto de la educación secundaria en Tecnología para el aprendizaje de la Electricidad en el que se ha combinado VISIR y una metodología específicamente diseñada para la experiencia y que se basa en la taxonomía de Bloom-Anderson. El empleo de VISIR ha servido para reforzar con la práctica de medidas eléctricas, la adquisición de los conocimientos teóricos sobre los fundamentos de la Electricidad y la metodología para optimizar dicho aprendizaje hacia el desarrollo de destrezas y habilidades cognitivas.

Se presentan igualmente los resultados de aprendizaje de los estudiantes participantes en la experiencia y se comparan estos resultados con la percepción que tienen los propios estudiantes sobre su aprendizaje.

**Keywords**— *Laboratorio remoto, VISIR, Educación secundaria, Bloom-Anderson, medidas eléctricas, electricidad, proceso de enseñanza aprendizaje*

## I. INTRODUCCIÓN

VISIR es un laboratorio remoto enfocado al aprendizaje de la Electricidad y la Electrónica, bien conocido en el ámbito académico y de ingeniería [1, 3]. Su diseño se corresponde con una herramienta de aprendizaje para la práctica en cursos de pregrado y postgrado, pero no se tienen evidencias de que se haya como recurso para enseñar temas relacionados con la tecnología en la escuela secundaria. En este documento, se presenta un trabajo de investigación para mostrar el diseño, desarrollo, implementación y resultados de aprendizaje de una experiencia educativa con estudiantes de secundaria, cuyo propósito es la optimización del aprendizaje de magnitudes eléctricas y circuitos.

En realidad, para impulsar la optimización del aprendizaje de la electricidad en este tipo de estudiantes tan jóvenes, las herramientas tecnológicas no son suficientes. También se ha diseñado una metodología específica para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, la metodología se ha basado en las características de la taxonomía de Bloom-Anderson [2], con el fin de organizar las etapas de aprendizaje mediante la activación de un grupo de habilidades cognitivas de los alumnos de la Enseñanza Secundaria Obligatoria.

Así, el laboratorio remoto VISIR [6] ha sido el recurso utilizado para abordar el núcleo de las actividades, por medio del cual se han realizado medidas de magnitudes eléctricas en diversos componentes y circuitos.

Ambas propuestas han conformado la experiencia didáctica desde dos planos: el metodológico y el contextual. El planteamiento metodológico se ha aplicado a todos los alumnos ya que estamos convencidos de que el aprendizaje ha de estar centrado en el alumno y adaptado a las necesidades de cada uno de ellos. Pero, para medir las diferencias en el planteamiento contextual, es decir, en los recursos que se emplean para fomentar el aprendizaje de los contenidos de electricidad, se han creado dos grupos de trabajo entre los estudiantes participantes. Un primer grupo ha utilizado dispositivos de instrumentación comunes en cualquier laboratorio y se ha conformado como el grupo de referencia, mientras que un segundo grupo de estudiantes ha realizado las mediciones con el laboratorio remoto VISIR, estableciendo así el grupo de control.

La experiencia ha sido guiada por un documento de trabajo en el que se han incluido explicaciones y actividades didácticas, específicamente diseñadas utilizando una aproximación constructivista [11] que pretende destacar el desarrollo de habilidades cognitivas [2].

## II. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

En el mundo de la educación y sobre todo, en la educación en Ingeniería, los profesores estamos acostumbrados a enfocar el aprendizaje hacia la memorización y repetición de los procesos como herramienta didáctica fundamental. Así uno de los pilares del aprendizaje se basa en un planteamiento didáctico centrado en el profesor, el cual transmite sus conocimientos a los estudiantes, los cuales han de ejercitar la memoria y la repetición de ejercicios. La comprensión conceptual, queda por tanto, relegada a un segundo plano y va a depender en gran medida de las habilidades del propio estudiante. Este planteamiento se basa, por tanto, en aplicar una metodología puramente conductista [12], en la que el profesor confía en que el estudiante sepa alcanzar el aprendizaje significativo por sí mismo. La forma de evaluar queda reducida, en la mayor parte de los casos, a la realización de exámenes y test, que miden de forma puntual el grado de adquisición del conocimiento por el estudiante. En cierto modo, se trata de evaluar una situación dinámica mediante una foto

final. La metodología propuesta pretende pues, evaluar el progreso de los estudiantes en cada una de las acciones y actividades que lleve a cabo y precisamente en este aspecto, hemos encontrado el planteamiento propuesto por Bloom-Anderson como el ideal para monitorizar estos progresos.

La anteriormente citada concepción conductista de la enseñanza se justifica a menudo, desde el ámbito docente, con la enorme cantidad de materia que un estudiante de Ingeniería tiene que asimilar y el poco tiempo disponible para conseguir sus objetivos de aprendizaje. Y aquí reside precisamente la razón de ser del trabajo de investigación que en este papel se presenta, bajo la hipótesis de que trabajar en el aprendizaje de los conceptos, magnitudes y procedimientos relacionados con la Electricidad y la Electrónica desde los cursos de educación secundaria, permitirá a los estudiantes asimilar los conocimientos de forma más sólida. A diferencia de los estudiantes universitarios, los alumnos de la etapa de secundaria están más abiertos al aprendizaje procedimental y comprensivo y son más reacios a aspectos como la memorización o el empleo de ecuaciones matemáticas. A la hora de diseñar la experiencia, este aspecto ha sido prioritario y hemos encontrado en la taxonomía de Bloom-Anderson características óptimas para nuestros propósitos.

### 2.1 La taxonomía de Bloom-Anderson

Bloom primeramente en 1948 y Anderson, en una revisión de 2001 [2], desarrollaron una clasificación de destrezas cognitivas, desde las más sencillas hasta las más complejas con el fin de establecer una norma que sirviera de guía en los procesos de evaluación del aprendizaje. Estas destrezas fueron agrupadas en dos niveles en las que se representan las capacidades mentales dirigidas hacia el empleo de la memoria o hacia el desarrollo creativo. Sendos niveles, definidos como habilidades de pensamiento o destrezas cognitivas de orden inferior y superior, se definen como *Low Order Thinking Skills* (LOTS) y *High Order Thinking Skills* (HOTS), respectivamente. Para ser más preciso, y de acuerdo con el esquema de la figura 1, las LOTS corresponden con las destrezas cognitivas relacionadas con la memorización, la comprensión de los elementos teóricos del conocimiento y su aplicación en la resolución de problemas. Por otro lado, las HOTS son aquellas destrezas que dotan al estudiante de capacidad de análisis de un problema, de evaluación de los contextos y de creación de nuevos escenarios.

Por lo tanto, uno de los objetivos del trabajo de investigación que aquí se presenta, tratará de evaluar el grado de consolidación de los LOTS y como consecuencia, su relación con el grado de alcance de los HOTS. Creemos que este planteamiento es correcto desde el punto de vista constructivista y ayudará a los estudiantes de educación secundaria a optimizar el aprendizaje de los fenómenos eléctricos y como consecuencia, mejorar sus destrezas cognitivas a la hora de aplicar una correcta estrategia de cálculo de los circuitos eléctricos.

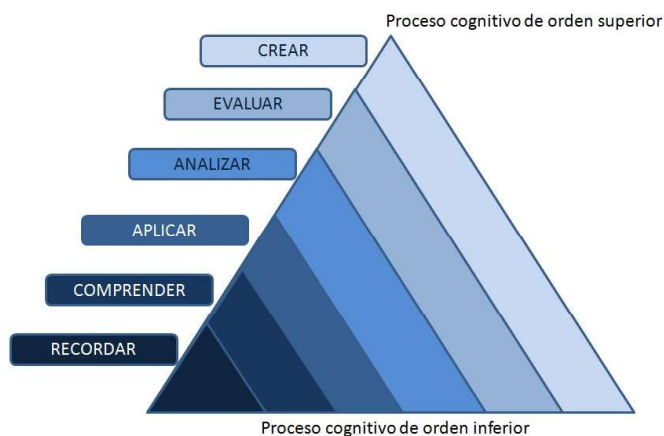


Fig. 1. Esquema de la taxonomía de Bloom-Anderson según los niveles cognitivos

### 2.2 El laboratorio remoto VISIR

Existen multitud de referencias a simuladores de circuitos eléctricos y laboratorios virtuales [10,13], recursos que proliferaron en gran medida en la década de los 1990s. No obstante, con el cambio del milenio, muchos investigadores pensaron en la posibilidad de utilizar laboratorios que pudieran ser manejados de forma remota, empleado la web como medio de acceso. Este es el caso de VISIR (*Virtual Instrument Systems In Reality*), desarrollado en primera instancia por Ingvaar Gustavsson del Blekinge Institute of Technology en 2001 [8].

Aunque VISIR ya ha sido extensamente descrito en otras publicaciones como la llevada a cabo por Tawfik et al. en 2011 [1], se trata de un sistema que ofrece un entorno virtual al usuario a través de acceso web, mediante el cual se puede manipular las conexiones de un sistema de dispositivos eléctricos y electrónicos (plataforma PXI). La constitución de los dispositivos disponibles en el laboratorio para llevar a cabo las medidas se programa mediante la *Component List* (CL) o lista de componentes, que se cargará en el *Equipment Server Software* (ESS) o software de servidor de equipos. Los dispositivos en CL se combinan entonces con el *Measurement Server* o servidor de medidas para realizar las mediciones requeridas por el usuario.

Entre ambos extremos, el *User Interface* (Interfaz de usuario) y el *Server Equipment* (Equipamiento de servidor), se encuentran etapas intermedias que automatizan el acceso del usuario al sistema y la comunicación. Tal y como se observa en la figura 2, el proceso, desde el punto de vista del usuario, es sencillo, ya que se centra en acceder al sistema mediante sus credenciales y operar en el interfaz de usuario. El equipamiento dispone de un servidor Web y un gestor de base de datos que proporcionará la comunicación con el usuario a través del interfaz. Este interfaz tiene una operativa similar a la que se utilizaría en cualquier laboratorio presencial, empleando un breadboard sobre la que alojar los diferentes componentes eléctricos o electrónicos y procediendo a incorporar las diversas conexiones que configuran un circuito dado.

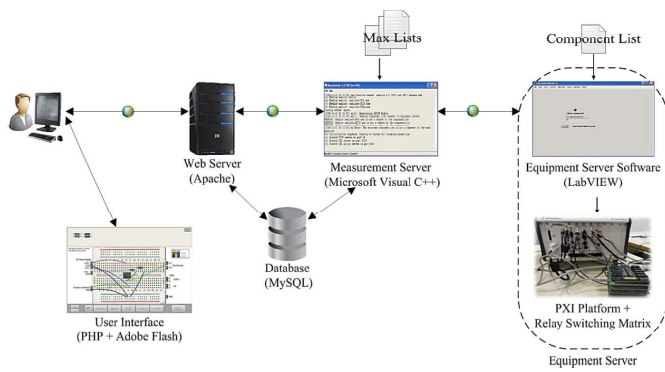


Fig. 2. Representación esquemática de los componentes de VISIR (Fuente: Tawfik et al. 2011)

Por otro lado, una de las utilidades de VISIR es la posibilidad de contar con instrumentos de medida de voltaje, intensidad eléctrica y resistencia eléctrica, con lo que el estudiante podrá realizar de forma autónoma las mediciones requeridas en cualquier protocolo de prácticas.

### 2.3 Diseño de la experiencia de aprendizaje

Para abordar los contenidos curriculares de la materia de Tecnología en la etapa de Educación Secundaria, se han fijado una serie de conceptos en el marco del diseño de la experiencia didáctica propuesta. Estos conceptos tienen carácter progresivo, y se enfocarán hacia el estudio de las magnitudes eléctricas, los resistores y otros componentes de los circuitos eléctricos, las configuraciones serie, paralelo y mixto de circuitos, la asociación de resistencias y el concepto de resistencia equivalente. La parte práctica contendrá los procedimientos de medida, la instrumentación y los dispositivos de medida y el concepto de error en la medida.

A fin de poder comparar, el impacto en el aprendizaje, la asimilación de contenidos y el desarrollo de destrezas relacionadas con la medida de magnitudes eléctricas, se ha dado a la totalidad del alumnado el mismo protocolo de prácticas, que consiste en un documento que contiene tanto explicaciones teóricas como propuestas de trabajo práctico y que ha sido diseñado siguiendo un diseño específico que atiende a las particularidades de la taxonomía de Bloom.

De forma adicional, se ha creado una plataforma educativa desarrollada en Moodle, con formato de MOOC, en la que se ha dispuesto la documentación de prácticas, así como otros materiales didácticos apropiados como videos de apoyo para el empleo del laboratorio remoto y para facilitar la comprensión del documento de prácticas. Los videos que se han incluido son de corta duración (entre 2 minutos y 8 minutos) y su objetivo es servir de guía a los alumnos en la secuenciación de actividades teóricas y prácticas. La plataforma educativa es accesible con cualquier navegador web mediante la URL <http://62.204.201.27/moodle/>.

Los alumnos participantes en este trabajo de investigación provienen de diversos grupos de los dos primeros cursos de Educación Secundaria. En total, han participado 147 estudiantes, 84 chicos y 63 chicas. La experiencia didáctica se ha llevado a cabo a lo largo de 6 sesiones de 55 minutos, distribuyendo las actividades tal y como se indica en la tabla 1.

TABLA I. TEMPORALIZACIÓN DE ACTIVIDADES SESIÓN A SESIÓN.

Actividad
Información general del proyecto Realización del cuestionario inicial
Visualización del video " <i>Que son VISIR y los laboratorios remotos?</i> " (solo para alumnos del laboratorio remoto) Visualización del video " <i>La estructura del curso de medidas eléctricas básicas</i> " mientras los alumnos proceden a la lectura del protocolo de prácticas.
Reconocimiento de la plataforma de medida de VISIR Visualización del video " <i>La metodología aplicada a las prácticas con VISIR</i> " Visualización del video " <i>Medida de resistencia eléctrica (Nivel 1)</i> " Realización de la práctica 1
Realización de la práctica 2 Visualización del video " <i>Medida de resistencias asociadas (Nivel 2)</i> " Realización de la práctica 3 y práctica 4
Revisión y finalización del protocolo de prácticas Entrega del protocolo de prácticas (curso 1º)
Visualización del video " <i>Estrategia útil para el cálculo de magnitudes eléctricas en circuitos mixtos</i> " Visualización del video " <i>Medidas de voltaje y corriente eléctrica con VISIR (Nivel 3)</i> " Realización de la práctica 5 y de la práctica 6 Revisión y finalización del protocolo de prácticas (2º curso) Entrega del protocolo de prácticas (2º curso)
Realización del cuestionario final Visualización del video " <i>Revisión de las prácticas y nuevas perspectivas de aprendizaje con VISIR</i> "

En la tabla anterior se observa que además de las actividades propias de la experiencia se han provisto de dos cuestionarios que los alumnos han tenido que completar al inicio y al final de la experiencia. Ambos cuestionarios contienen preguntas sobre sus conocimientos y expectativas respecto a las medidas eléctricas y al empleo de instrumentación. Los cuestionarios tienen la finalidad de medir la percepción subjetiva de los alumnos ante la experiencia didáctica.

Con el fin de poder contrastar los resultados de aprendizaje, se ha pensado en dividir a los grupos en dos grupos, un primer grupo de referencia y un segundo grupo de control. Ambos grupos han utilizado el mismo tiempo para las actividades y la misma documentación de prácticas. Los estudiantes del grupo de referencia, que se ha denominado Laboratorio presencial, han contado con aparatos de medida y dispositivos eléctricos reales y por tanto, han realizado las prácticas conectando manualmente diversas resistencias eléctricas en una breadboard y han medido con un multímetro. Por otro lado, el grupo de control, que se ha denominado Laboratorio Remoto, han utilizado el laboratorio remoto VISIR para realizar las conexiones en los circuitos y conectar la instrumentación. Así, la distribución de estudiantes según el laboratorio se ha reflejado en la tabla 2.

TABLA II. AGRUPAMIENTO DE LOS PARTICIPANTES DE ACUERDO AL GÉNERO Y AL TIPO DE LABORATORIO

		Laboratorio presencial	Remote Lab	Total
1º curso	Chicos	32	36	68
	Chicas	27	22	49
2º curso	Chicos	10	6	16
	Chicas	5	9	14
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>	<b>73</b>	<b>147</b>

III. PERCEPCIÓN SUBJETIVA DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA EXPERIENCIA

Con el fin de conocer la percepción de los estudiantes frente a su propio aprendizaje, se han realizado dos cuestionarios, que se realizarán por los estudiantes respectivamente antes (pre-test) y después (post-test) de la realización de la experiencia. Ambos cuestionarios exponen preguntas con el fin de recabar información sobre las expectativas y motivaciones, los contenidos y la metodología y el tipo de laboratorio que se utiliza en la experiencia de medidas eléctricas. Cada uno de los 147 alumnos participantes en la experiencia ha respondido a 25 preguntas, que se han distribuido en 5 bloques.

2.4 Resultados de los datos más significativos de los cuestionarios

En el primer apartado, se ha realizado la pregunta "Would you like to work in your professional future in a position related to Technology?", (en castellano, ¿Te gustaría cuyas respuestas nos parece muy significativas). Los estudiantes podían responder "Yes" que se ha valorado con un 2, "Not clear yet" (No lo tengo claro todavía, en castellano) que se ha valorado con un 1 o "No" cuyo valor ha sido asignado a 0.

En la siguiente figura se puede ver la distribución de las respuestas. Tanto las respuestas dadas en el cuestionario inicial como en el final han coincidido. En ellas, se observa una indefinición generalizada ante su futuro, debido a su corta edad, pero también se observa como las chicas les atrae menos un futuro profesional relacionado con la tecnología. El porcentaje de rechazo de las chicas (35%) es similar al porcentaje de atracción por la Tecnología de los chicos (33%)

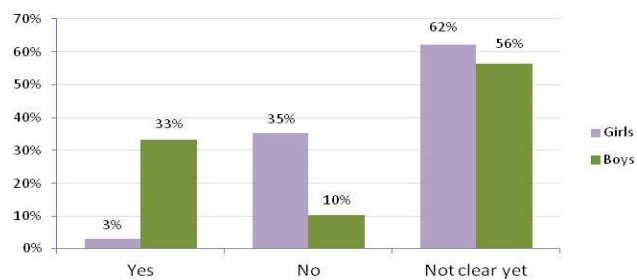


Fig. 3. Fig. 1. Answers to: "Would you like to work in your professional future in a position related to Technology?"

En el segundo bloque, los estudiantes son preguntados sobre sus conocimientos de electricidad, específicamente sobre

las magnitudes eléctricas, sobre si son capaces de interpretar el esquema de un circuito eléctrico y de reconocer los componentes eléctricos más habituales, si bien la más importante se dirige a la valoración que hacen los estudiantes sobre su destreza en el uso de un multímetro, resultados que se muestran en la tabla 3 mediante un valor en una escala de 10.

TABLA III. PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA ADQUISICIÓN DE NUEVAS DESTREZAS CON EL EMPLEO DE UN MULTÍMETRO

	Género		Laboratorio	
	Chicos	Chicas	Remoto	Presencial
Media del test inicial	4.73	4.29	4.68	4.77
Media del test final	7.94	7.64	8.17	7.71
Factor de mejora	3.21	3.35	3.49	2.94

En la anterior tabla 3 se observa como los alumnos, consideraban antes de hacer las prácticas que sus conocimientos sobre el empleo de un multímetro eran insuficientes. Tras la realización de la experiencia, todos ellos reconocen haber mejorado de forma significativa en esta destreza. La percepción de mejora es mayor en chicas que en chicos y también es mayor en aquellos alumnos que han utilizado el laboratorio remoto.

En el tercer bloque de preguntas, se preguntaba sobre sus expectativas y motivación ante nuevos conocimientos. La pregunta principal está relacionada sobre si ellos son conscientes de adquirir nuevas destrezas con la realización de las prácticas. Las respuestas antes y después de haberlas realizado son significativas y diferentes dependiendo del agrupamiento, tal y como se observa en los datos en una escala de 10 en la tabla 4. Se puede observar que mientras los chicos reconocen haber mejorado en sus capacidades, las chicas indican que esperaban haber obtenido más conocimientos y destrezas tras la realización de la experiencia.

TABLA IV. VALORACIÓN DE LOS ALUMNOS SOBRE LA UTILIDAD DEL CURSO EN LA ADQUISICIÓN DE DESTREZAS Y CONOCIMIENTOS

	Género		Laboratorio	
	Chicos	Chicas	Remoto	Presencial
Initial test avg.	7.71	8.20	7.95	7.82
Final test avg.	8.20	7.84	8.04	7.53
Mean difference	0.49	-0.37	0.09	-0.29

Igualmente ocurre si agrupamos los datos en relación al tipo de laboratorio utilizado. Los estudiantes que han practicado con el laboratorio remoto VISIR indican que esperaban adquirir un determinado nivel de adquisición de destrezas y tras la realización de la experiencia, han corroborado ese dato. Por otro lado, los alumnos que han utilizado instrumentación del laboratorio presencial, reconocen haber adquirido un nivel ligeramente inferior del que esperaban.

El cuarto bloque de preguntas, las preguntas se dirigen hacia la más importante: "Creo que después de hacer las prácticas, habré aprendido de forma permanente como se hacen las medidas eléctricas" en el cuestionario inicial y "Creo que después de hacer las prácticas, he aprendido de forma permanente como se hacen las medidas eléctricas". En cierto

modo, la medida de estas respuestas dará una idea del convencimiento del propio estudiante a su aprendizaje.

TABLA V. VALORACIÓN DE LOS ALUMNOS SOBRE SU APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y PERMANENTE

	Gender		Laboratory	
	Boys	Girls	Remote	Actual
Initial test avg	7.26	7.23	6.90	7.40
Final test avg	7.31	7.01	7.12	7.35
Mean difference	0.05	-0.2	0.22	-0.05

Al analizar las respuestas expuestas en la tabla 5, se observa que tanto chicos como chicas tienen a priori confianza en la experiencia didáctica para su consolidar su aprendizaje. Esta confianza se mantiene en los chicos tras realizar la experiencia, pero se reduce en el caso de las chicas. En relación al agrupamiento según laboratorios, se observa que los estudiantes que han utilizado VISIR tienen confianza en haber consolidado sus conocimientos, mientras que en los alumnos que han utilizado el Laboratorio presencial se puede interpretar que se han cumplido sus expectativas.

Finalmente, los autores estábamos muy interesados en la percepción que tienen los estudiantes sobre el formato del

laboratorio y para ello, las preguntas finales (Preguntas 21 a 25) han sido:

- Q21. Creo que el diseño del laboratorio es atractivo
- Q22. Creo que el diseño del laboratorio es intuitivo y fácil de manejar
- Q23. Creo que el empleo del laboratorio me ha ayudado a asimilar más fácilmente como funciona la electricidad
- Q24. Considero importante que el laboratorio se adecúe a mis necesidades.
- Q25. Creo que después de utilizar el laboratorio, mis conocimientos y comprensión de los componentes y circuitos eléctricos han mejorado.

La respuesta de los alumnos se ha recogido en una tabla en la que se muestran la proporción de alumnos que han contestado con valoración negativa (en rojo) y que han contestado positivamente (en verde). En general se observa mayorías de respuestas positivas, si bien hay que destacar la cantidad de alumnos que piensan que el laboratorio remoto VISIR no es fácil de usar ni intuitivo. Por otro lado, un tercio de los alumnos que han empleado el laboratorio presencial piensa que no se ha adaptado a sus necesidades.

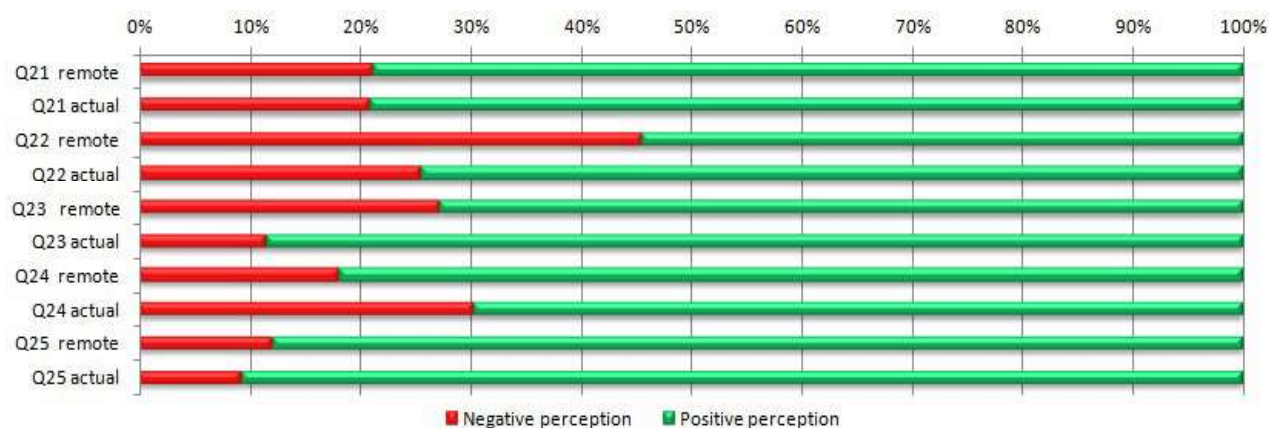


Fig. 4. Análisis de las preguntas relacionadas con el impacto de los laboratorios en la mejora del aprendizaje de los alumnos.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El trabajo de investigación que aquí se presenta tiene dos claros objetivos educativos. El primero se enfoca hacia la evaluación del impacto que la realización de las prácticas ha tenido en la adquisición de conocimientos teóricos con el fin de valorar la idoneidad del laboratorio remoto VISIR como recurso de aprendizaje. El segundo consistirá en la validación de la hipótesis de que el grado de consolidación de LOTS (*Low order thinking skills*) influye en la adquisición de HOTS (*High order thinking skills*).

De forma general, queremos exponer en primer lugar los resultados obtenidos por los estudiantes en la realización de las pruebas. Estas calificaciones objetivas, divididas por curso, se

han incluido en la tabla 6. A la vista de estos valores, las calificaciones obtenidas en el Nivel 1 son bastante mediocres y muy similares entre alumnos del *Laboratorio presencial* y de *VISIR remote lab*. En este caso, se producen dos circunstancias que explican estas bajas calificaciones. Por un lado, los alumnos no han estudiado nunca temas relacionados con Electricidad y el empleo de reglas matemáticas les resulta complicado. Por otro, también es la primera vez que utilizan instrumentación. Ambos factores aumentan su incidencia con el poco tiempo de duración de las actividades.

TABLA VI. NOTAS MEDIAS DE LOS ESTUDIANTES DEPENDIENDO DEL TIPO DE LABORATORIO USADO Y DEL GÉNERO

	Tipo de laboratorio		Género	
	Presencial	VISIR	Chicas	Chicos
Students	59	58	49	68
Media Nivel 1	4.71	4.66	5.43	4.17
Media Nivel 2	5.86	4.69	6.14	4.56
Media Nivel 3	4.33	5.43	6.26	3.41

Estas diferencias se amplían cuando se trata de comparar los resultados de las actividades del Nivel 2, mejorando en el caso del *Laboratorio presencial*. Es posible que el empleo de VISIR, requiera un cierto aprendizaje que los alumnos de corta edad no han realizado. Es precisamente en el Nivel 3, el más complejo, en el que los estudiantes de VISIR obtienen mejores calificaciones de forma significativa.

En cuanto al análisis de los datos relativos al género, es muy destacable la diferencia en las calificaciones entre chicos y chicas. Las diferencias son mayores a medida que aumenta la dificultad en el manejo del laboratorio.

#### 4.1 Impacto de la realización de prácticas en el aprendizaje

Los estudiantes han utilizado el protocolo de prácticas como documento guía en el que han contestado a las actividades propuestas. Algunas de ellas han sido de carácter teórico y en otras, tenían que escribir los resultados de sus mediciones como parte de la actividad práctica. En las siguientes figuras hemos representado una nube de puntos en las que el eje X corresponde con la valoración obtenida en las actividades manejo de instrumentación y medidas y en el eje Y las valoraciones en las actividades teóricas.

Como se puede observar en la serie de figuras 6 a 8, los resultados son mucho mejores en las actividades del Nivel 2, a pesar de ser un nivel más complejo. Este fenómeno entendemos que tiene mucho que ver con la familiaridad en el empleo del laboratorio en el Nivel 2 y en la dificultad de dar los primeros pasos en el Nivel 1. En un examen más exhaustivo de las valoraciones de los alumnos en función del tipo de laboratorio utilizado, se observa una mayor concentración de punto en el área definida como "*High performance área - High relation practice-learning*" (Área de alto rendimiento - Alta relación práctica-aprendizaje) en los alumnos que han utilizado VISIR. Por otro lado, nos ha parecido interesante realizar una comparativa entre estudiantes según el sexo. Este análisis ha sido motivado al observar las respuestas a las preguntas de los cuestionarios por parte de la chicas, que nos ha parecido que ofrecían una percepción de su aprendizaje inferior a la de los chicos. En las siguientes figuras 9 y 10, se ha procedido a representar las nubes de puntos por

niveles. Así, la figura 9 corresponde con las valoraciones de medición del aprendizaje teórico-práctico en las chicas (a la izquierda de la gráfica) y los chicos (a la derecha de la gráfica) para las actividades del nivel 1. En la figura 10 se han representado las valoraciones para el nivel 2 de actividades.

Tal y como se puede observar, se da una situación paradójica, ya que en ambos niveles L1 y L2, existen más puntos localizados en las áreas de "*High performance*" (Alto rendimiento) y "*Good practices but low learning*" (Buenas prácticas, pero bajo nivel de aprendizaje) en el caso de las chicas, es decir, las calificaciones obtenidas por las chicas se confirman como mejores que las de los chicos. Esta situación contrasta con la opinión más modesta que tienen las chicas de su propio aprendizaje que los chicos.

#### 4.2 Estudio de la relación LOTS-HOTS

En un segundo tipo de análisis, las actividades han sido identificadas según la incidencia que tenga en las destrezas cognitivas. Así, se han formado dos grupos de actividades, aquellas que influyen en el desarrollo de Low Order Thinking Skills (LOTS) y aquellas que permiten a los alumnos desarrollar sus High Order Thinking Skills (HOTS). Nuestra hipótesis planteada indica que para poder desarrollar destrezas HOTS es fundamental que se hayan trabajado suficientemente las destrezas inferiores LOTS. Así hemos medido de forma individual el rendimiento de los estudiantes en ambos tipos de actividades y hemos tenido en cuenta el factor de la edad del alumno, ya que muy posiblemente sea uno de los factores más importantes en el desarrollo cognitivo, sobre todo a edad adolescente. Así, en la figura 11, se ha representado una gráfica en la que se han expuesto las calificaciones obtenidas en ambos tipos de actividades, LOTS y HOTS, en alumnos de primer curso (12 años de edad). Las calificaciones de los alumnos han sido agrupadas en rangos indicados en el eje X. El eje Y representa el porcentaje de estudiantes cuya calificación se encuentra en cada rango. Así se puede observar que la mayoría de los alumnos concentran sus calificaciones en un rango entre 5 y 8 puntos sobre 10 en el caso de las destrezas LOTS, mientras que en el caso de las HOTS, la mayoría de ellos no ha pasado de una calificación de 5. En cierto modo, esto corrobora en parte la hipótesis ya que podemos identificar problemas a la hora de realizar actividades que exijan análisis y creación de situaciones.

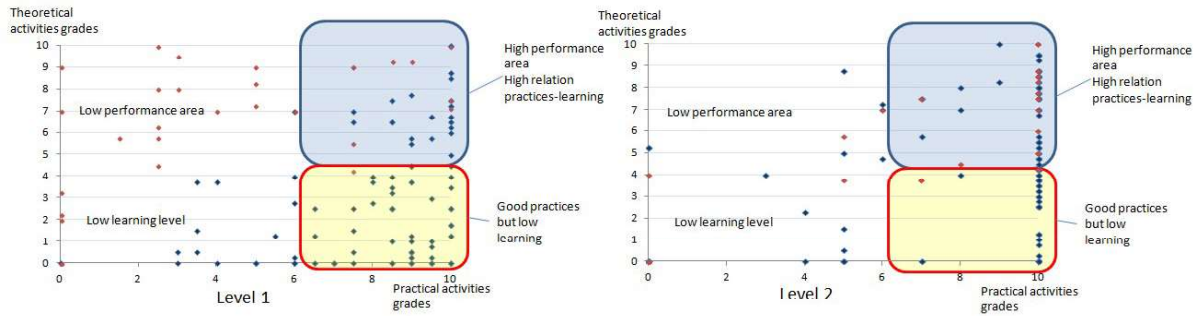


Fig. 5. Relación de las notas de las actividades prácticas y teóricas (Todos los estudiantes)

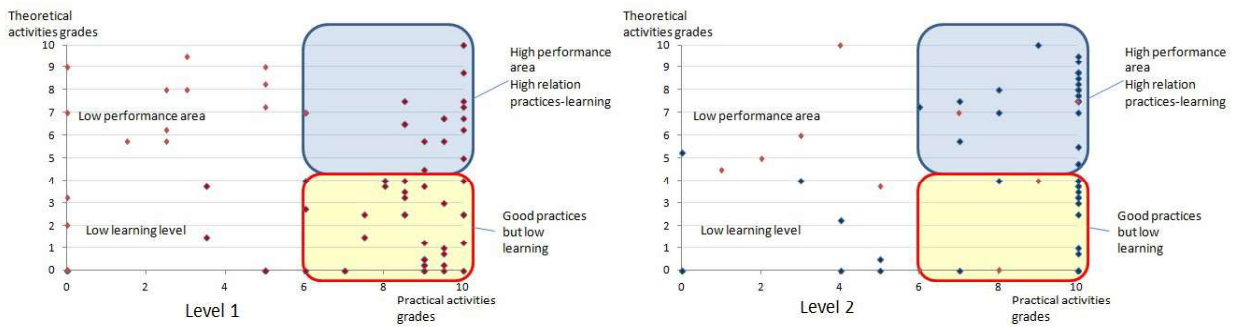


Fig. 6. Relación de las notas de las actividades prácticas y teóricas (Alumnos de laboratorio presencial)

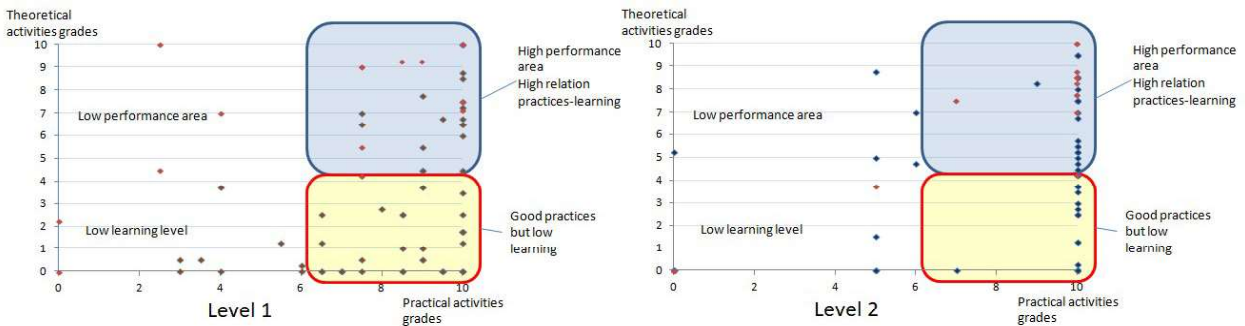


Fig. 7. Relación de las notas de las actividades prácticas y teóricas (Alumnos de VISIR)

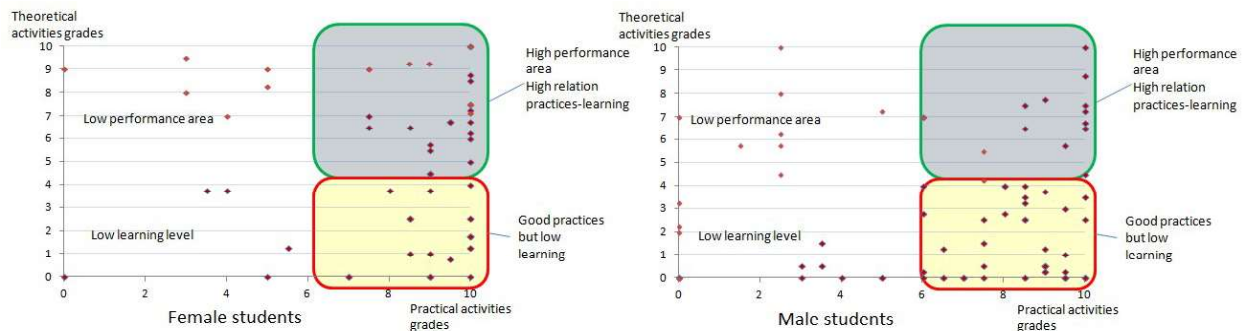


Fig. 8. Comparación de las notas de las actividades del Nivel 1 según el género

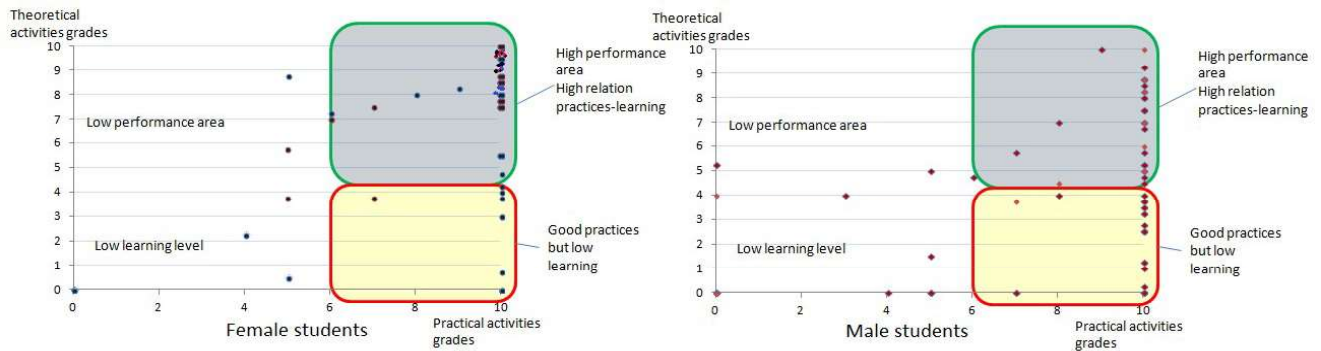


Fig. 9. Comparación de las notas de las actividades del Nivel 2 según el género

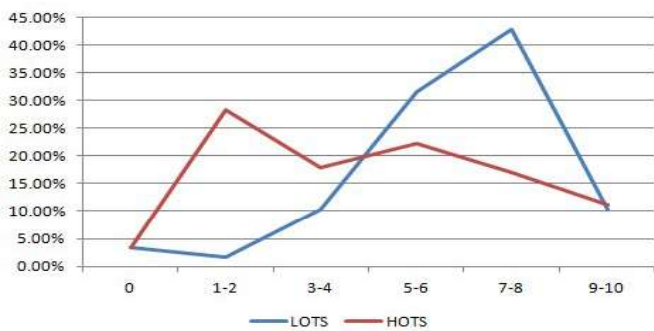


Fig. 10. Distribución de las notas de acuerdo con el tipo de actividad cognitiva (LOTS/HOTS) en alumnos de 1º curso

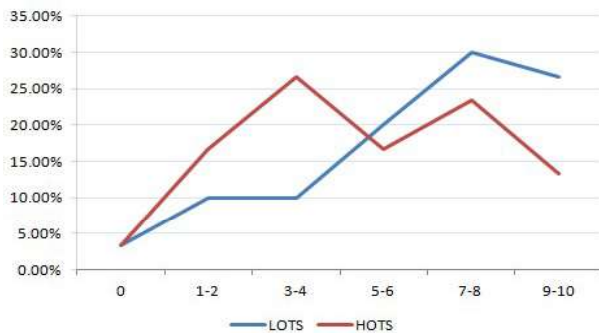


Fig. 11. Distribución de las notas de acuerdo con el tipo de actividad cognitiva (LOTS/HOTS) en alumnos de 2º curso

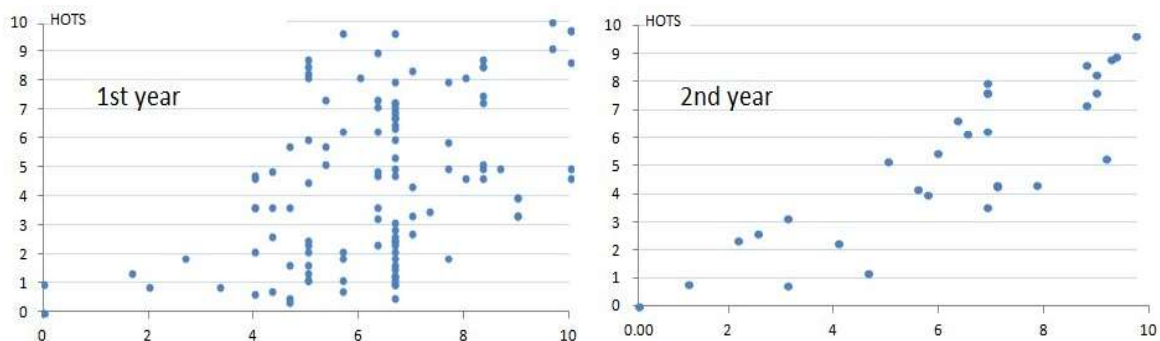


Fig. 12. Relación mutua (correlación) entre las variables LOTS y HOTS en 1º y 2º cursos

Para complementar estos datos, es importante observar que ha ocurrido con los estudiantes de 2º año. En la figura 12 se ha representado una gráfica con el mismo formato que en la figura 11, de forma que se puedan comparar. En este caso, la curva que representa las destrezas HOTS, es más parecida a la que representa los LOTS. Un parámetro que es conveniente analizar, ya que se trata de dos variables con un elevado grado de dependencia, es el factor de correlación (R). Utilizando los valores de la covarianza y de las varianzas particulares para cada una de las distribuciones de frecuencia, se han obtenido los valores de  $R_1 = 0,49$  y  $R_2 = 0.86$ .

En la siguiente figura 13 se ha representado de forma simultánea sendas nubes de puntos para los estudiantes de primer curso y de segundo curso, observándose claramente porqué el factor de correlación en los alumnos de 2º curso es superior que en alumnos de primer curso. Las coordenadas de cada punto en el primer curso más concentradas en el centro del gráfico lo que reduce la relación mutua entre ambas variables, mientras que en el caso de 2º curso, los puntos se concentran a lo largo de una recta pendiente. Esto identifica claramente una relación mutua fuerte entre ambas variables LOTS y HOTS, con lo que en este caso sí podemos afirmar la validez de nuestra hipótesis.



## V. CONCLUSIONES

Al comienzo del trabajo de investigación que se presenta, se propusieron varios objetivos, todos ellos enmarcados en el contexto de una hipótesis. La hipótesis se ha formulado en el contexto del empleo de recursos poco habituales en la enseñanza de la Electricidad. Así, dada la disponibilidad del laboratorio remoto VISIR y de su adaptabilidad a diversos niveles educativos nos permitió pensar en la posibilidad de incluir este recurso como medio óptimo de aprendizaje. Este es uno de los objetivos marcados en la hipótesis. En segundo lugar, se pensó en que el laboratorio remoto, empleado ampliamente en el contexto de la educación en Ingeniería, se podría complementar con una metodología de nueva creación, aunque basada en las indicaciones dadas en la taxonomía de Bloom-Anderson. Así a partir de estos dos recursos, técnico y metodológico respectivamente, se ha formado a un grupo de estudiantes de educación secundaria.

Los estudiantes, cuyas edades están comprendidas entre los 12 y los 14 años de edad, han de aprender en el contexto del currículo de Educación Secundaria los temas relacionados con la Electricidad, los fenómenos y magnitudes eléctricas y los circuitos eléctricos. Hasta la fecha, la mayor parte del profesorado enseña siguiendo un modelo tradicional conductista y los autores pensamos si sería adecuado e si se podría llegar a optimizar el aprendizaje en estos estudiantes.

Así, se reunió a un conjunto de 147 alumnos y estos fueron divididos en dos grupos, un grupo de referencia que emplearía la instrumentación habitual en un laboratorio de electrónica y un grupo de control que emplearía el laboratorio remoto VISIR para la realización de circuitos y medidas en sus componentes eléctricos.

La experiencia didáctica derivada de este planteamiento ha sido satisfactoria, ya que se han obtenido unas conclusiones que permiten continuar ahondando en esta investigación.

Como primera conclusión se ha de indicar que el empleo del laboratorio VISIR tiene un impacto en el aprendizaje de los estudiantes muy similar al empleo de un laboratorio real para estudiantes de primer curso de educación secundaria (12 años de edad), aunque hemos podido verificar que dicho impacto es significativamente superior para estudiantes mayores (14 años de edad).

Como segunda conclusión se ha observado que las chicas han podido sacar mayor partido al laboratorio y a la metodología que los chicos, habiendo obtenido calificaciones superiores que los chicos de hasta un 20% de diferencia. A pesar de todo y de forma paradójica, la impresión y percepción que tienen las chicas sobre su propio aprendizaje es inferior a la que tienen los chicos, los cuales creen haber aprendido más de lo que en realidad han hecho. Es muy posible que estas conclusiones puedan justificarse desde el plano de la

Psicología, pero en nuestro caso, tan solo hemos podido constatar este hecho significativo.

La edad de los alumnos también es un factor importante a la hora de asumir la metodología presentada y hemos podido verificar que la relación entre la consolidación de los Low Order Thinking Skills relacionados con la actividad memorística y con la comprensión y el desarrollo de los High Order Thinking Skills, mediante las cuales se accede al empleo de herramientas cognitivas analíticas y de pensamiento reflexivo y creativo, tiene una fuerte correlación cuando se trata de alumnos de 14 años, mientras que dicha correlación es más débil en alumnos de primer curso de educación secundaria, de 12 años de edad.

Estas conclusiones, junto con las cifras y estadísticas generadas en el trabajo de investigación no son concluyentes ni definitivas, aunque ciertamente significativas y los autores nos comprometemos a seguir estudiando y mejorando los recursos utilizados en dos vías. Una primera vía la exploraremos en el sentido de perfeccionar la metodología con el fin de conseguir un proceso que optimice el aprendizaje de la Electricidad de forma general sin importar la edad de los alumnos. Una segunda vía, consistirá en la creación de nuevas adaptaciones en el laboratorio remoto VISIR para el aprendizaje de circuitos electrónicos.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores reconocen el apoyo de la Escuela de Doctorado de la UNED, Proyecto eMadrid (Investigación y Desarrollo de Tecnologías Educativas en la Comunidad de Madrid) - S2013/ICE-2715, VISIR+ Proyecto (Educational Modules for Electric and Electronic Circuits Theory and Practice following an Enquiry-based Teaching and Learning Methodology supported by VISIR) Erasmus+ Capacity Building in Higher Education 2015 n° 561735-EPP-1-2015-1-PT-EPPKA2-CBHE-JP y proyecto PILAR (Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visiR), Socio estratégico de Erasmus+ n° 2016-1-ES01-KA203-025327.

## REFERENCES

- [1] Tawfik, Mohamed et al (2011) "VISIR Deployment in Undergraduate Engineering Practices. Global Online Laboratory". Consortium Remote Laboratories Workshop (GOLC), 2011. 978-1-4577-1944-8. GOLC Workshop in the 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2011).
- [2] Anderson, L.(2001) "Taxonomy of educational objectives," in Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy Anonymous Sage Publications, 01, pp. 789-791
- [3] García-Zubía, Javier et al (2010) "Easily Integrable platform for the deployment of a remote laboratory for microcontrollers". EDUCON 2010 – Annual Global Engineering Education Conference - The Future of Global Learning in Engineering Education. IEEE Education Society. EDUCON 2010 Conference Book. ISBN: 978-84-96737-70-9
- [4] Chen, Xuemin; Zhang, Yongpeng; Kehinde, Lawrence and Olowokere, David (2010) "Developing virtual and remote undergraduate laboratory

- for engineering students", 40th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings. January 13th, 2010, Arlington, VA
- [5] Angulo, I. et al.. (2010) "El proyecto VISIR en la universidad de Deusto: laboratorio remoto para electrónica básica". Conference proceedings TAAE 2010 - ISBN: 978-84-96737-69-3
- [6] Gustavsson, Ingvar (2001) "Laboratory experiments in distance learning". Proceedings of the ICEE 2001 Conference August 6 - 10, 2001. Oslo/Bergen, Norway. Available at: <http://www.ineer.org/>. Last visit: February 27th, 2017.
- [7] Gustavsson, I. and e. al, (2007) "The VISIR Project - An Open Source Software Initiative for Distributed Online Laboratories," in Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV '07), June 2007
- [8] Deniz, Dervis Z., Bulancak, Atila and Özcan, Gökhan (2003) "A novel approach to remote laboratories". 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings. November 6 - 9, 2002, Boston, MA
- [9] Pastor Vargas, Rafael. (2006) "Especificación formal de laboratorios virtuales y remotos: Aplicación a la Ingeniería de Control". Doctoral Thesis presente at Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. UNED, 2006
- [10] Bragós, Ramon; Garofano, Francesc; Guasch, Aleix; Sánchez-Terrones, Benjamin (2010) "A Remote Laboratory to Promote the Interaction between University and Secondary Education". EDUCON 2010 – Annual Global Engineering Education Conference - The Future of Global Learning in Engineering Education. IEEE Education Society. EDUCON 2010 Conference Book. ISBN: 978-84-96737-70-9 - Depósito legal: M-11728-2010
- [11] Bruner, J. (1966). Studies in cognitive growth: A collaboration at the Center for Cognitive Studies. New York: Wiley & Sons.
- [12] Blázquez et al (2017) "Diseño de experiencias didácticas constructivistas con laboratorios remotos en el contexto de la Educación Tecnológica en la etapa de Secundaria mediante la taxonomía de Bloom-Anderson". Trabajo de Investigación para el Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química aplicada a la Ingeniería. E. T. S. Ingenieros Industriales.
- [13] Dormido, S. y Esquembre, F. (2003) "*The quadruple-tank process: An interactive tool for control education*", Prco. ECC'03, 2003, Cambridge.