

Experiencia de Uso y Evaluación de VISIR en Electrónica Analógica

Javier García-Zubía, Susana Romero, Mariluz Guenaga, Unai Hernández-Jayo, Ignacio Angulo
Facultad de Ingeniería
Universidad de Deusto,
Bilbao, España
zubia@deusto.es

Jordi Cuadros,
Lucinio González-Sabaté
IQS
Universita Ramon Llull
Barcelona, España
jordi.cuadros.iqs.url.edu

Pablo Orduña, Olga Dziabenko,
Luis Rodríguez-Gil
DeustoTech-Deusto Institute of
Technology
Universidad de Deusto,
Bilbao, España
pablo.orduna@deusto.es

Abstract— El laboratorio remoto VISIR es una realidad educativa en algunos centros educativos, tanto universitarios como escolares, pero más allá de la satisfacción propia de los profesores y alumnos, el sistema carece de una validación sistemática en el aprendizaje del alumno. Este trabajo describe una experiencia pre y post test con alumnos universitarios y de bachiller para concluir si el VISIR tiene o no un efecto positivo en el aprendizaje del alumno.

Keywords— *remote lab, distance education*

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de ciencia y tecnología se fundamenta en la experimentación del alumno en el laboratorio, ya que es allí donde los modelos teóricos pasan a ser comprobados o a ser útiles [1].

Un laboratorio remoto, explicado de forma básica, permite que el alumno experimente con equipos y dispositivos usando Internet como medio de control [2 – 4]. Es decir, las manos y los ojos del alumno serán Internet. Esta tecnología comienza su andadura a finales de la última década del siglo XX [5], a partir del año 2000 se obtienen los primeros resultados factibles y desde el año 2010 se observa un interés desde el entorno educativo.

Los laboratorios remotos son en la actualidad un recurso docente cada vez de mayor y mejor implantación, aunque todavía quedan aspectos sin analizar o sin resolver de manera adecuada.

El profesorado asiente sin mayor problema ante la pregunta de si el trabajo en los laboratorios es necesario para la formación en ingeniería y en ciencia. Muchos autores han tratado este problema, pero quizá la fuente más efectiva sea el trabajo que dentro de ABET ha realizado el profesor Feisel [1].

En algunos casos el debate se centra en cuestiones como si el laboratorio remoto puede o debe sustituir al laboratorio clásico o hands-on, o si uno es mejor que el otro (“Second the best”, [3]) o en qué orden deben usarse [6]. En otros casos los debates son de tipo tecnológico u organizativo.

Aunque hay una pregunta que en muchos casos “tapa” a las otras, y es de carácter pedagógico: ¿ayuda un laboratorio remoto en el proceso de aprendizaje? ¿es observable su efecto?

El presente trabajo aborda la anterior pregunta desde una doble perspectiva técnica y psicopedagógica, y ahí radica su valor principal. El resto del trabajo se articula en cuatro secciones adicionales. En la segunda sección se presenta el laboratorio remoto VISIR y en la tercera su uso en la Universidad de Deusto. La cuarta sección describe el experimento llevado a cabo en las aulas para responder a la pregunta central del trabajo. El trabajo concluye con las conclusiones y líneas de trabajo futuras de la quinta sección.

II. LABORATORIO REMOTO VISIR

El laboratorio remoto VISIR comienza su andadura a finales del siglo XX como un trabajo de investigación del BTH en Suecia bajo la dirección de Ingvar Gustavsson [7]. Y en la actualidad tiene la forma de un consorcio de universidades en Suecia, España, Portugal, Austria, Georgia e India.

El VISIR está enfocado principalmente a electrónica analógica: ley de Ohm, transistores, filtros pasivos y activos, etc. Su diseño integra equipamiento técnico muy complejo y caro (PXI de NI o LXI de Agilent) con una interface de uso muy potente y sorprendente.

No es en absoluto exagerado indicar que el VISIR es el laboratorio remoto más potente y utilizado en el área de la electrónica analógica, y que es un referente en el campo de los laboratorios remotos. Así pues es un candidato clara a formar parte de la investigación ¿favorece un laboratorio remoto el aprendizaje del alumno?

El VISIR ofrece al alumno y al profesor los siguientes recursos:

1. Protoboard o placa de conexionado de circuitos (CuT: Circuits under Test).
2. Multímetro o tester: resistencia, tensión e intensidad de continua y alterna.

3. Fuente de continua de 6 V y 25 V.
4. Generador de funciones.
5. Osciloscopio de dos canales.

III. ESCENARIO DE USO DEL VISIR EN DEUSTO

La experiencia llevada a cabo con el VISIR está orientada a la electrónica básica, y más concretamente a dos temas:

1. Conexión de resistencias en serie y paralelo.
2. Ley de Ohm y Ley de Kirchoff.

Ambas experiencias tienen cabida en los estudios de bachillerato, universitarios y ciclos formativos, y en algunos casos incluso en Tecnología de secundaria.

A. Uso en la Universidad de Deusto

El Grado en Ingeniería Informática tiene una asignatura llamada Física en el primer curso (6 ECTS) cuyo objetivo resumido es “Del electrón a la puerta lógica: fundamentos eléctricos y circuitos electrónicos básicos analógicos y digitales”. Metodológicamente los alumnos deben modelizar y experimentar, siempre que sea posible, los circuitos objeto de análisis o diseño: circuitos DC, circuitos AC, conversión AC-DC y puertas lógicas MOS. Es decir, sigue el enfoque clásico de teoría, ejercicios y laboratorios.

La diferencia estriba en que en vez de usar un laboratorio clásico o manual, los alumnos solo usan el laboratorio remoto VISIR (y también el iLAB). La diferencia entre lo real y lo remoto es clara, igual que lo es entre las relaciones personales reales y las mediadas por Internet. ¿Qué ofrece el uso de VISIR que no ofrezca el laboratorio clásico?

En primer lugar el esfuerzo organizativo es mucho menor: no es necesario partir los grupos para ir al laboratorio, no es necesario mantener el equipamiento, no es necesario abrir aulas o laboratorios de forma adicional, etc. Didácticamente resulta que como VISIR permite el acceso simultáneo de al menos 50 personas, resulta que toda la clase a la vez puede ver y probar lo que el profesor hace, y esto conlleva una ventaja definitiva: el alumno y el profesor pueden manejar de forma simultánea el modelo de un circuito y sus medidas experimentales. Este enfoque contrasta con el clásico: en clase los modelos y luego en el laboratorio comprobar que funcionan, cuando más bien debería ser al revés: probar circuitos hasta “encontrar” la Ley de Ohm y otras. Es decir, el proceso de enseñanza-aprendizaje cambia y es compartido por el profesor y los alumnos. Este sistema queda potenciado si se tiene la suerte de usar una pizarra digital.

A continuación se describen las dos experiencias iniciales en la asignatura de Física, estando ambas relacionadas con los circuitos de continua (DC): montaje serie-paralelo de resistencias y Ley de Ohm. Ambos temas se abordan en dos semanas, 8 horas: 2-3 horas para las resistencias y unas 5 horas para la Ley de Ohm y los circuitos correspondientes.

En ambas unidades el proceso es similar: el profesor y los alumnos de forma simultánea montan circuitos, los miden usando el tester y anotan los resultados para basándose en ellos obtener el modelo matemático correspondiente siempre que sea posible. Hay muchas formas de representar esta forma de trabajo, la Fig. 2 muestra una de ellas [8].

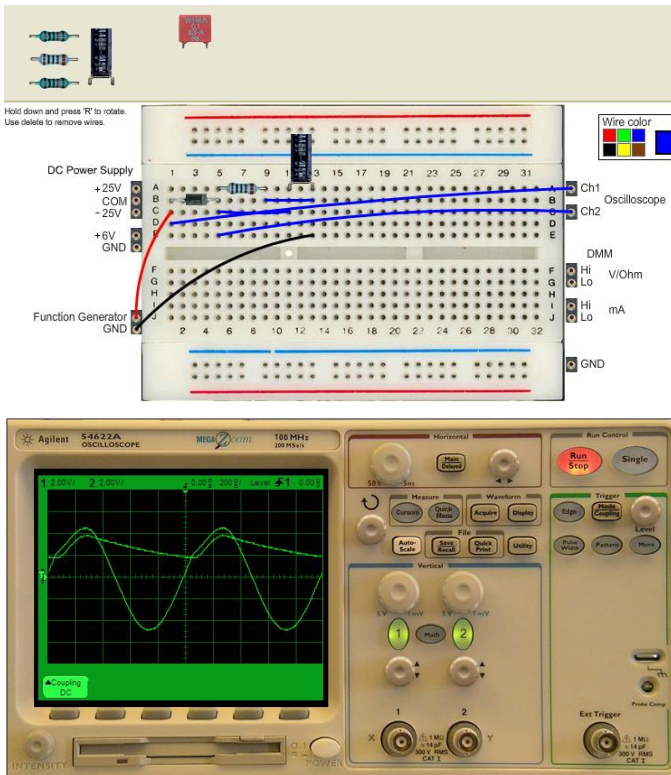


Fig. 1. Pantalla de uso del laboratorio remote VISIR

En una secuencia típica de uso, el alumno monta su circuito sobre la protoboard (según los dispositivos que tenga), lo alimenta (AC o DC) y lo mide (multímetro u osciloscopio) para luego poder interpretar los resultados.

Por supuesto que en VISIR el alumno no puede montar cualquier circuito, lo mismo que en un laboratorio clásico los experimentos dependen del material disponible. Es decir, el alumno solo cuenta con algunos dispositivos conectados al VISIR, por ejemplo diez, y solo puede crear circuitos que contengan algunos de esos 10 dispositivos. Por ejemplo el VISIR puede ofrecer al alumno cuatro resistencias, dos diodos, tres condensadores y una inductancia, y solo puede montar circuitos con ellos. No hay que olvidar que el VISIR no simula, sino que monta circuitos reales. El recurso técnico utilizado para implementar esta habilidad es el uso de una matriz de conmutación comercial o de una matriz de conmutación diseñada al efecto del VISIR. En ambos casos el uso de relés es crítico. Pero este trabajo no versa sobre la capacidad y complejidad técnica del VISIR, sino sobre su utilidad didáctica.

Un aspecto destacable del VISIR desde el punto de vista académico es que su nivel se adapta tanto a la universidad como al instituto o el centro de ciclo formativo.

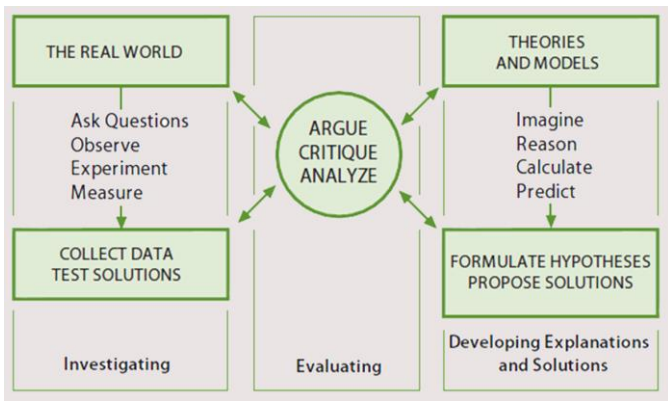


Fig. 2. Modelo educativo propuesto por Augusto Chioccarello en UniSchool Labs, <http://unischoolabs.eun.org/>

B. Conexión de resistencias

En este caso el alumno ve en el interface un conjunto de 4 resistencias: 2 de 10 K Ω y 2 de 1 K Ω . La actividad consiste en montar diferentes conexiones serie paralelo y medirlas usando la protoboard y el multímetro.

Por ejemplo en Fig.3 podemos ver dos montajes (a la izquierda dos resistencias en serie de 1 K Ω y a la derecha dos resistencias en paralelo de 10 K Ω) y sus medidas.

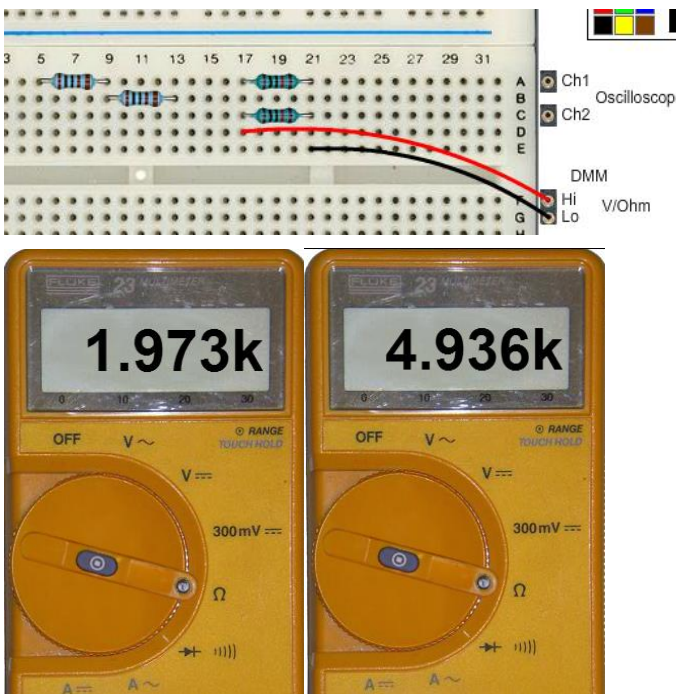


Fig. 3. Montaje y medida de circuitos con resistencias.

Las medidas obtenidas para cada una de las conexiones deberán ser coherentes con los modelos matemáticos de serie y paralelo, o mejor aún, el alumno debe ser capaz de obtener o imaginar el modelo matemático. El trabajo en una dirección u otra es una decisión del profesor.

La Fig. 4 muestra un montaje más completo y su medida.

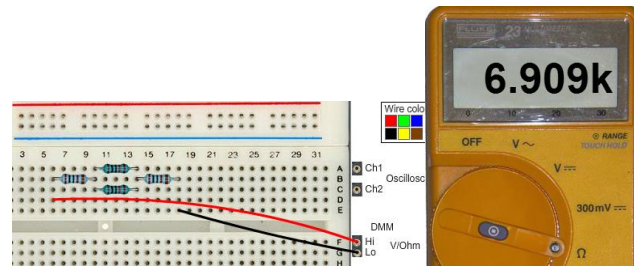


Fig. 4. Medida de la resistencia total.

Al acabar la actividad el alumno cuenta con una tabla con más de 15 circuitos distintos, sus montajes y medidas. Esta actividad es útil tanto en la facultad como en colegios.

Por último al alumno debe completar un test de contenidos donde se le pregunta por los conceptos relacionados con la actividad en VISIR.

C. Ley de Ohm

En este caso la actividad es similar a la anterior, solo que los circuitos estarán alimentados y las señales a medir serán la tensión y la intensidad en diferentes puntos del circuito.

La Fig. 5 muestra el circuito anterior alimentado con 6 V y la caída de tensión en la primera resistencia de 1 K Ω .

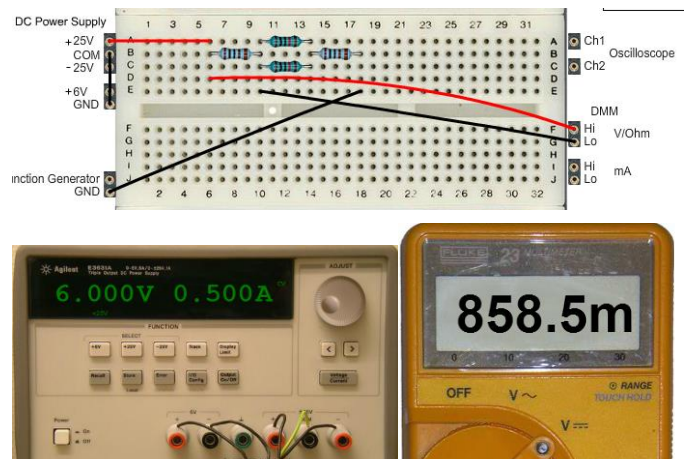


Fig. 5. Circuito, alimentación y medida en DC.

Al igual en el caso anterior el alumno debe calcular y medir las distintas tensiones e intensidades en cada circuito, para posteriormente analizar la coherencia o no entre lo medido y lo calculado. También es interesante que el alumno observe, categorice y mida los errores propios en la medida de cualquier experimento o circuito.

La Fig. 6 muestra la tabla que los alumnos deben completar de forma colaborativa en Google Docs.

Circuito	Cálculo	Experimento	Medida	Comparativa
	$R_T = 1K + 1K = 2K\Omega$			error = 0,019 KΩ error % = 0,95%
	$R_T = 10K + 10K = 20K\Omega$			error = 0,42 KΩ error % = 2,1 %
	$R_T = 1K + 10K = 11K\Omega$			error = 0,26 KΩ error % = 2,36 %

Fig. 6. Tabla de resultados de medida de resistencias.

IV. EXPERIENCIA CON EL VISIR EN LA UNIVERSIDAD DE DEUSTO

El objetivo primordial de la experiencia es saber si el efecto del uso del laboratorio remoto VISIR es positivo, negativo o neutral en el proceso de aprendizaje del alumno de electrónica básica. Cabe recordar que este es una pregunta crucial y poco o mal respondida en otros trabajos.

La experiencia ha seguido el formato O-X-O, es decir, pre test de conocimientos, sesiones de trabajo con VISIR (y sin uso de laboratorio clásico) y post test de conocimientos. El post test y el pre test son idénticos con la única diferencia del orden de las preguntas.

Un aspecto fundamental en esta experiencia es que Deusto “aporta” los alumnos, los profesores, los contenidos y el test, mientras que el IQS aporta trabajo riguroso desde e análisis estadístico, es decir, no somos enfermos y médicos a la vez; fallo muy típico en este tipo de experiencias didácticas.

A. Tests

Como ya se ha dicho el pre test y el post test son idénticos, y ambos cuentan con 10 preguntas. Las preguntas son básicas y cada una de ellas cuenta con cuatro posibles respuestas, de las que solo una es la correcta. El test diseñado se inspira en el propuesto por el grupo de investigación de Gustavo Alves en ISEP (Porto, Portugal) para un objetivo similar [9].

La Fig. 7 muestra dos de las preguntas incluidas en el Test.

¿En cuál de los montajes siguientes el multímetro M mide la caída de tensión en R1?

a: (A)
b: (B)
c: (C)
d: (D)

Sustituyendo R1 por un hilo para unir A y B, entonces la tensión en el punto B...

a: aumenta
b: disminuye
c: se mantiene
d: es nula

Fig. 7. Dos preguntas del Test de la experiencia

Para completar el test los alumnos deben dar sus datos personales y la UD debe seguir el protocolo de protección de datos al efecto del experimento. Cada alumno tiene 30 minutos para completar el test y se les recomienda que respondan a todas las preguntas, aunque sea al azar. La persona encargada de pasar el test a los alumnos no es el profesor de la asignatura.

La experiencia se realizó con tres grupos de alumnos:

- Asignatura de Física del primer curso del Grado en Ingeniería Informática en los campus de Bilbao (38 alumnos) y San Sebastián (14 alumnos). En ambos casos los profesores son distintos.
- Asignatura de Física en el segundo curso de Bachillerato del Colegio Urdaneta (35 alumnos).

En total 87 alumnos y 188 encuestas completas de alumnos de diferentes niveles educativos y profesorado.

B. Análisis del cuestionario

En primer lugar se determina la fiabilidad del cuestionario, es decir, en qué grado el cuestionario aporta información (sea esta del tipo que sea) o meramente ruido mediante la alfa de Cronbach. El valor obtenido es 0,47. Aunque este valor no es muy alto (sería recomendable que fuese mayor o igual a 0,7), es suficiente para la experiencia habida cuenta que la comparación se hace entre grupos de alumnos. La conclusión de este valor es que el cuestionario debe ser mejorado, y para ello es necesario analizar la estructura del cuestionario con más detalle.

El análisis factorial de las preguntas las agrupa en tres grupos: P4-P5-P7, P3-P6-P8-P10 y P2-P9 (la P1 no encuentra acomodo en ningún grupo). Y aun sin mostrar el texto de las preguntas, estas agrupaciones no se relacionan con las agrupaciones previstas inicialmente: tensión, intensidad y resistencias. De nuevo el resultado indica que el cuestionario puede ser mejorado.

Analizando la frecuencia de selección de los distractores se obtienen los resultados de la Fig. 8. En verde o sombreado aparece la solución correcta, en negrita la más seleccionada por los alumnos y en rojo los errores más destacables. Todo ello visto sin distinguir entre pre y post tests. El análisis de los distractores indica que las preguntas P5 y P8 deben ser analizadas en detalle y modificadas.

	P01	P02	P03	P04	P05
a	115	81	36	43	47
b	23	39	10	43	6
c	41	54	128	41	106
d	9	12	14	61	29

	P06	P07	P08	P09	P10
a	98	14	41	28	26
b	31	32	35	86	37
c	44	96	17	35	14
d	14	46	95	38	109

Fig. 8. Análisis de ítems mediante distractores

La Fig. 9 muestra el resumen del análisis de dificultad de los ítems que indica que en líneas generales el cuestionario no es “fácil”, y por tanto ahí hay un elemento adicional de mejora en el cuestionario.

Índice de dificultad	Interpretación	Proporción recomendada	Ítems
< 0,25	Muy difícil	10%	2
[0,25; 0,45)	Difícil	20%	2
[0,45; 0,55)	Normal	40%	3
[0,55; 0,75]	Fácil	20%	3
> 0,75	Muy fácil	10%	0

Fig. 9. Análisis de dificultad del cuestionario.

La Fig. 10 muestra los índices de homogeneidad de los ítems del cuestionario. El análisis concluye que el cuestionario está bien diseñado en este aspecto, excepto las P3 y P5 que deben ser revisadas.

P01	P02	P03	P04	P05
0,39	0,39	0,33	0,51	0,25

P06	P07	P08	P09	P10
0,48	0,55	0,42	0,42	0,43

Fig. 10. Análisis de homogeneidad del cuestionario.

En general se puede constatar que el cuestionario es suficiente para poder dar sentido a los resultados aunque claramente mejorable, sobre todo en lo que respecta a su fiabilidad.

C. Análisis de los resultados del cuestionario

Si bien el cuestionario es claramente mejorable, eso no es óbice para extraer conclusiones sobre el proceso de aprendizaje con VISIR.

El resultado más importante es el mostrado en las Figs. 11 y 12 y de ellas se puede concluir que el uso del VISIR afecta positivamente en el proceso de aprendizaje del alumno. Lo que está en línea con lo aportado por [9] también con el VISIR como sujeto.

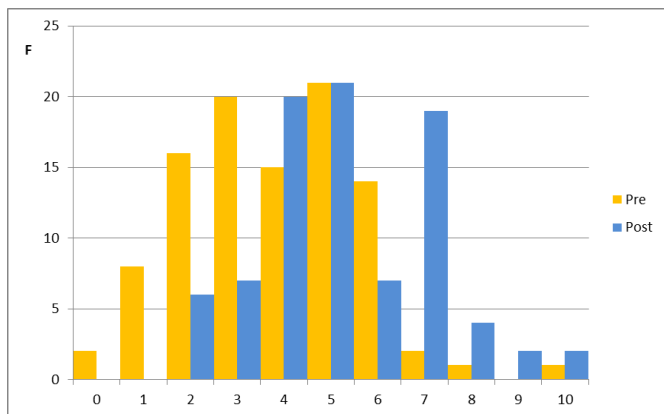


Fig. 11. Resultados de los pre y post tests

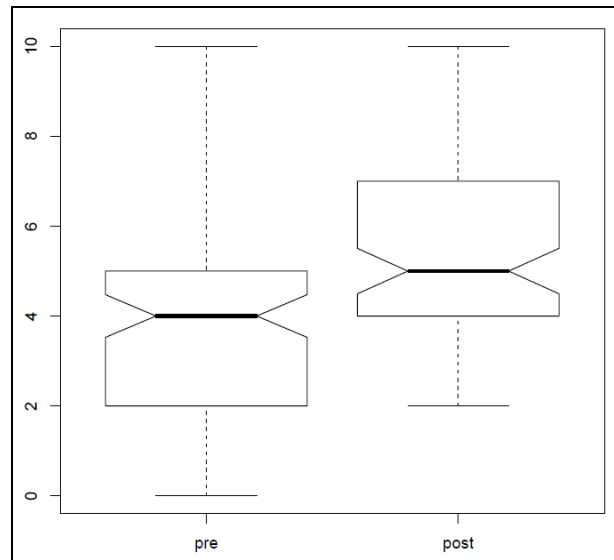


Fig. 12. Resultados de los pre y post tests

Estos resultados mostrados gráficamente, quedan contrastados por la comparación de los resultados en los pre y post test mediante la prueba de Wilcoxon y la prueba *t* para muestras apareadas. Ambas pruebas indican que el resultado del post test es superior al del pre test ($p < 0,001$).

– Prueba *t* con datos apareados, $p < 0,001$

Paired t-test
 data: posttests\$Nota_C and pretests\$Nota_C
 $t = 5.5502$, $df = 86$, $p\text{-value} = 3.11e-07$

– Prueba de Wilcoxon (rangos con signo), $p < 0,001$

Wilcoxon signed rank test with continuity correction
 data: posttests\$Nota_C and pretests\$Nota_C
 $V = 2303.5$, $p\text{-value} = 6.85e-07$

Fig. 13. Prueba *t* con datos apareados y prueba de Wilcoxon

V. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

La principal conclusión es que usar el laboratorio remoto VISIR en la enseñanza de electrónica básica ayuda al alumno en su aprendizaje y tiene un efecto positivo. Esta conclusión es significativa estadísticamente y es válida para los tres grupos de alumnos distintos de tres ciudades distintas y de dos niveles educativos.

Lo anterior es el resultado de una experiencia basada en el uso de pre y post tests (X-O-X). El análisis detallado del cuestionario concluye que este debe ser mejorado a fin de aumentar su fiabilidad y adaptar su grado de dificultad.

En un futuro próximo es necesario por un lado mejorar el cuestionario (este proceso está en marcha) y por otro repetir la experiencia para poder contrastar los resultados del curso 2012-2013. Además es importante poder extrapolar los resultados del experimento en el aula a otras áreas de la electrónica cercanas al VISIR, y por qué no a otros laboratorios remotos.

ACKNOWLEDGMENT

The use of VISIR is part of the OLAREX project to promote and to facilitate science and technology among young people in secondary schools. No. 518987-LLP-1-2011-1-ES-KA3-KA3MP funded with support from the [Lifelong Learning Programme \(KA3 - ICT\)](#) from European Union

REFERENCES

- [1] L. D. Feisel and A. J. Rosa, (2005) "The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education", *Journal of Engineering Education*, Jan. 2005, pp 121-130.
- [2] *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, (2007) Luís Gomes and Javier García-Zubía (eds), University of Deusto Press, ISBN: 978-84-9830-662-0.
- [3] *Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in Remote Experimentation*. (2011) Javier Garcia-Zubia and Gustavo R. Alves, Eds. Universidad de Deusto, Bilbao, ISBN 978-84-9830-335-3.
- [4] Abul K.M. Azad, Michael E. Auer and V. Judson Harward. (2012) *Internet Accessible Remote Laboratories: Scalable E-Learning Tools for Engineering and Science Disciplines*, IGI Global, ISBN 978-16-1350-186-2.
- [5] B. Aktan, C. A. Bohus, L. A. Crowl, and M. H. Shor, (1996) "Distance learning applied to control engineering laboratories", *IEEE Trans. Educ.*, vol. 39, no. 3, pp. 320–326
- [6] Ma, J.; Nickerson, JV (2006) "Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review" *ACM Computing Surveys*, Vol. 38, N° 3, 24 pp.
- [7] Gustavsson, I. et al (2009) "On Objectives of Instructional Laboratories, Individual Assessment, and Use of Collaborative Remote Laboratories" *IEEE Trans. Learning Technologies*, Vol.2 n° 4, pp: 263 – 274.
- [8] Chioccarello, A. (2013) "Scaffolding the teaching and learning of science" in *IT Innovative Practices in Secondary Schools: Remote Experiments*, pp: 75 – 84. Eds. Universidad de Deusto.
- [9] Alves, G. et al. (2011) "Using VISIR in a large undergraduate course: Preliminary assessment results" *IEEE Int. Conference EDUCON 2011*. Amman, Jordan.