

DISCUSSION ABOUT THE VALIDITY OF VIRTUAL PRACTICES IN SUBJECTS IN THE RADIOCOMMUNICATION AREA. RESULTS OF THE EDUCATIONAL EXPERIENCE.

Víctor Araña¹, Francisco Cabrera, Pedro Quintana, Pablo Dorta, Eugenio Jiménez, Iván Pérez, Eduardo Mendieta

Abstract — *Nowadays we are living a virtual learning boom. Mainly, it is due to two facts: first, easy spreading of the knowledge and second, virtual learning is cheaper than classic instrumentation laboratories. This cost is even bigger in radiocommunication and high frequency area. In fact, time and time again there are more universities that give up offering the realization of laboratory practice. In the present report we propose a discussion about the increase of virtual practices when contact with instrumentation and circuits is basic. The experience of seven lecturers of the Communications Engineering Group (GIC) will be exposed. Concretely, we will expose the type of practices developed on the modules of our own production in subjects like: electronic communications, filter synthesis, microwaves, antennas and propagation. An evaluation of student opinions about both virtual practice and traditional laboratory practice revealed that 95% of students prefer the second one, among other results.*

Index Terms — *virtual practice, traditional laboratory practice, student opinions, radiocommunication*

INTRODUCCIÓN

Hoy día estamos viviendo un auge de la enseñanza virtual debido, en gran parte, a la fácil difusión de los contenidos, así como al abaratamiento que supone frente a los laboratorios clásicos con instrumentación. En cuanto a las prácticas, cada vez son más las universidades que dejan de ofertar prácticas en laboratorio por el alto coste que ello implica, máxime si se trata de laboratorios donde se imparten aspectos relacionados con la radiocomunicación y circuitos de alta frecuencia. El coste de la instrumentación requerida, así como de los puestos docentes, dificulta la inversión y amortización en la mayoría de los casos, sobre todo si se habla de nuevas titulaciones o escuelas. Todo ello sumado al problema de espacio requerido y del que no siempre se dispone.

En cuanto a las prácticas virtuales, ciertos artículos discuten la validez de estos procedimientos y su aceptación por parte del alumnado de pregrado [1]. En algunos casos se advierte de que pueden llegar a ser inadecuados y aburridos [2] y otros no recomiendan el uso en la introducción de

conceptos básicos del alumno [3]. Esta visión cambia sustancialmente en el alumnado de postgrado que es más receptivo [4]. Lo más aceptado es una combinación de laboratorios virtuales y reales o tradicionales [5]-[6], destacando alguno de los trabajos previos la satisfacción que presenta el alumno al ver el diseño real [7]. En algunos casos, esto ha supuesto la vuelta a laboratorios tradicionales [8] y al desarrollo de instrumentación de bajo coste que permita la adopción de una solución intermedia como supone un laboratorio remoto [9].

En la presente ponencia expondremos la experiencia de siete profesores que conformamos el Grupo de Ingeniería de Comunicaciones del Departamento de Señales y Comunicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria que no hemos renunciado a la elaboración de prácticas en laboratorio gracias al desarrollo de puestos de bajo coste desarrollados en su totalidad por los miembros del grupo. Proponemos una discusión sobre la proliferación de prácticas virtuales en aspectos donde el contacto con la instrumentación y los circuitos es primordial, según las opiniones de la mayoría de nuestros alumnos que comparan este tipo de metodología con los seguidos por otras asignaturas de la carrera.

Concretamente, expondremos el tipo de prácticas desarrolladas sobre los módulos de fabricación propia en asignaturas íntimamente relacionadas con la radiocomunicación, como: electrónica de comunicaciones, síntesis de redes, microondas, antenas y propagación. No se pretende poner en discusión las virtudes de los métodos virtuales que ya han sido ampliamente documentadas [10]-[11], pero sí el hecho de que se consideren en muchos casos sustitutivos y autosuficientes en este tipo de materias, atendiendo a una cuestión meramente presupuestaria en muchos casos.

También conoceremos la opinión de los alumnos sobre el grado de aceptación del tipo de prácticas que realizan y otras que nos permitirá responder a preguntas tales como: ¿Se debe renunciar a prácticas en laboratorio? ¿Hasta qué punto debe estar implicado el profesorado en la consecución de recursos materiales para la formación de un laboratorio tradicional de prácticas? ¿Realmente el alumnado responde por igual ante una práctica virtual que una real? ¿Asimila por igual los conceptos cuando la práctica es en laboratorio?

¹ Grupo de Ingeniería de Comunicaciones. Departamento de Señales y Comunicaciones. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira. Edificio B. 35017. Las Palmas, España, varana@dsc.ulpgc.es
Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación I+D TEC2004-06915-C03 y TIC-2002-04569-C02-02.

¿Hasta qué punto una práctica virtual se asemeja y reproduce las condiciones reales en un circuito o en una medida de un parámetro característico del mismo?. Estas y otras cuestiones son tratadas en la presente trabajo.

EVOLUCIÓN HACIA PRÁCTICAS CON INSTRUMENTACIÓN Y MÓDULOS DISEÑADOS Y FABRICADOS POR EL GIC

Hasta mediados de los años 90 las prácticas que se realizaban en el área de radiocomunicación, impartidas por miembros del GIC en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), eran eminentemente virtuales. Éstas se basaban en programas comerciales de simulación como PSpice o Touchstone y algunas aplicaciones desarrolladas por los miembros del grupo [12] sobre MATLAB o Pascal. Ante el descontento y la falta de motivación que observábamos en el alumnado, se decide abordar el diseño de prácticas de instrumentación y dejar las virtuales como complemento. En la actualidad, el alumno dispone de ambas aunque las de laboratorio poseen un carácter esencial en la casi totalidad de las asignaturas relacionadas.

El esfuerzo necesario no ha sido mucho mayor que el realizado para las anteriores, puesto que no hay que olvidar el tiempo inicial que requiere el desarrollo de entornos virtuales. Puesto que el GIC ha considerado que la realización de prácticas sobre módulos de comunicaciones e instrumentación es básica en el aprendizaje de los alumnos, se ha desarrollado en los últimos años un conjunto de módulos que permitan realizar experimentos con pocos medios y bajo coste. Se pretende que el alumno experimente con módulos reales y compruebe las discrepancias que existen entre lo que la teoría dice y las limitaciones prácticas en la realización y medida de los parámetros característicos. Los alumnos manifiestan una satisfacción al comprobar que la teoría y la práctica van cogidas de la mano.

Además, el alumno respeta el trabajo realizado y valora el hecho de que los módulos que utiliza no han sido comprados y manifiestan un cuidado especial con el material en relación con el que se compra, evitándose así uno de los inconvenientes que suele argumentarse para evitar los laboratorios tradicionales. Aún así, se requiere de un tiempo para realizar los ajustes y reparaciones necesarias, aspectos que se simplifican notablemente al tratarse de diseños propios. Otro aspecto positivo que supone la realización de diseños propios es observar como el alumno ve menos lejana la posibilidad de llevar a cabo retos de mayor complejidad de diseño.

Los módulos desarrollados son utilizados en la realización de prácticas de electrónica de comunicaciones, síntesis de redes, microondas, antenas y electrónica de comunicaciones. También, se ha llegado a diseñar elementos que combinados con la instrumentación básica permiten realizar medidas de parámetros característicos de cada uno de los módulos de prácticas.

A continuación, se expone brevemente el conjunto de módulos desarrollados y el conjunto de prácticas experimentales que se realizan con ellos.

Electrónica de Comunicaciones

Para la asimilación de los temas relacionados con los conceptos básicos asociados a los transmisores y receptores de radiofrecuencia se ha desarrollado un conjunto de módulos (Figura 1) que, aunque operando a una frecuencia no superior a 20 MHz, han sido diseñados atendiendo a criterios utilizados en bandas de frecuencia muy superiores. Se realizan prácticas de recepción y transmisión superheterodina en las que se estudia el comportamiento lineal y no lineal de los diferentes subsistemas que caracterizan su comportamiento: amplificadores de RF, mezcladores, amplificadores de FI y control automático de ganancia. Además se realizan medidas sobre los elementos de síntesis de frecuencia: osciladores a cristal, osciladores LC, osciladores variables y PLL (Phase Locked Loop); así como medidas de ruido y efectos producidos por la limitación de la instrumentación utilizada. Un segundo bloque de módulos de prácticas engloba el estudio de los moduladores y demoduladores de señales, tanto analógicas como digitales.

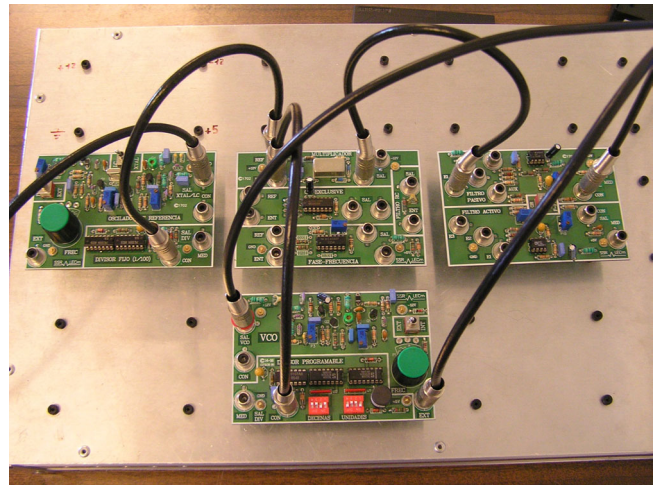


FIGURA. 1
MÓDULOS DE PRÁCTICAS UTILIZADOS EN CIRCUITOS DE COMUNICACIONES:
PRÁCTICA DEL SINTETIZADOR DE FRECUENCIAS.

Las prácticas están enfocadas de forma que el alumno conecta aquellos módulos que necesita para conseguir el comportamiento deseado e interconecta los mismos. Con la instrumentación se miden los parámetros característicos del módulo a estudiar y se comprueban las limitaciones que puede presentar la instrumentación en dicha medida.

Otro conjunto de prácticas abarcan el diseño y fabricación de circuitos sencillos como osciladores, mezcladores y amplificadores, que posteriormente son medidos. Esto permite que el alumno pueda experimentar

todos los pasos que componen la fase de fabricación de un circuito, desde la fase de definición de parámetros característicos hasta la medida de los parámetros sobre el circuito fabricado. El procedimiento de fabricación es por atacado químico.

Síntesis de Redes

Esta son prácticas que se realizan en los primeros cursos de la carrera y es uno de los primeros contactos que el alumno tiene con la aplicación práctica de sus conocimientos. Pensamos que es importante que el alumno experimente de forma real con la realización de sus pequeños diseños de filtros y comprobar que efectivamente, aunque con ciertas diferencias, es capaz de fabricar un circuito real. Se han construido las fuentes de alimentación que los alumnos utilizan en sus diseños (Figura 2). Con un sencillo osciloscopio los alumnos pueden medir los parámetros característicos y realizar las comparaciones con sus diseños teóricos. Observan el efecto que tienen los parásitos de los componentes pasivos en la desviación de la respuesta dentro y fuera de la banda de trabajo. Los diseños son sencillos y se realizan sobre una placa de prueba.

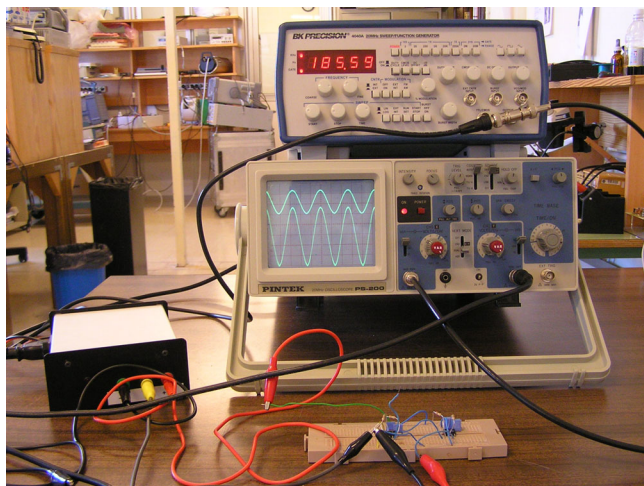


FIGURA. 2
MONTAJE DE UN FILTRO EN LA PRÁCTICA DE SÍNTESIS DE REDES.

Microondas

Las prácticas que se realizan afianzan conceptos relacionados con la línea de transmisión, adaptación y dispositivos específicos de comunicaciones como atenuadores, acopladores direccionales o desfasadores. Se ha construido el conjunto de elementos osciladores y detectores que permiten utilizar instrumentación tan básica como un osciloscopio de baja frecuencia para poder caracterizar los parámetros de alta frecuencia (Figura 3). Adicionalmente, se realizan pequeños diseños de circuitos de alta frecuencia que el alumno puede evaluar en los bancos de medida preparados para tal fin.

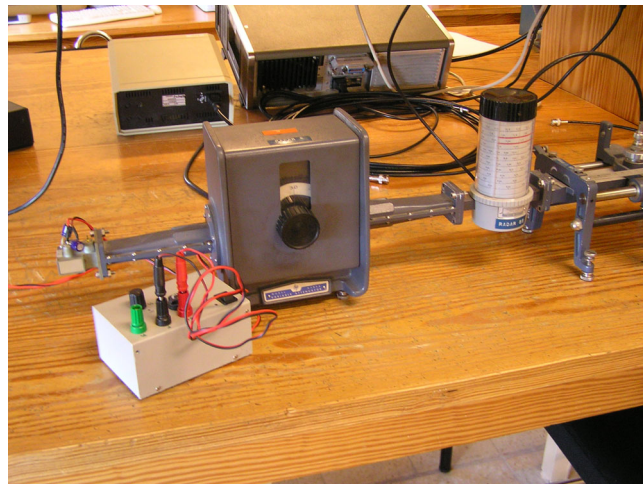


FIGURA. 3
MÓDULOS DE PRÁCTICAS UTILIZADOS EN MICROONDAS.

Antenas y Propagación

En estas prácticas se refuerzan los conocimientos adquiridos sobre parámetros característicos de antenas y elementos del terreno que afectan en la propagación de la señal. Al igual que en las prácticas de microondas, se ha desarrollado el conjunto de elementos de detección que permiten la utilización de instrumentación básica, así como los elementos mecánicos que permiten calibrar la respuesta y realizar el conjunto de medidas de los parámetros característicos de la antena (Figura 4).

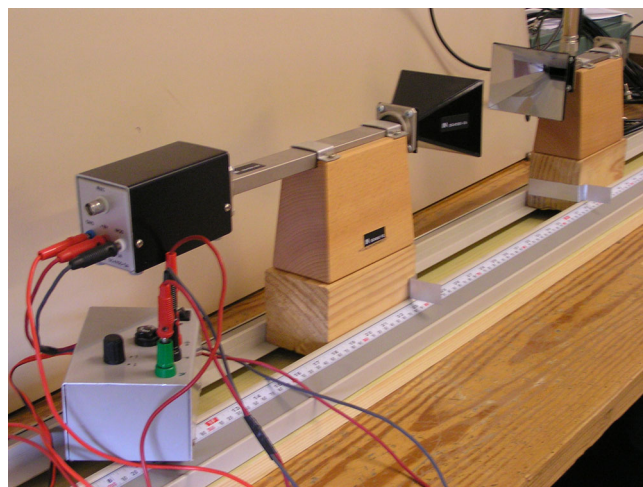


FIGURA. 4
MÓDULOS DE PRÁCTICAS UTILIZADOS EN ANTENAS Y PROPAGACIÓN.

El módulo utiliza parte de los elementos desarrollados para el banco de microondas. De forma extraordinaria, los alumnos realizan prácticas de medida de los parámetros de antena en la cámara anecoica modular que se ha fabricado

(Figura 5). De esta manera se consigue realizar medidas de potencia en condiciones de espacio libre mediante un banco en guía de onda trabajando en banda X y compuesto por un oscilador, antena de bocina y detector. En la actualidad, se está desarrollando un proyecto de práctica remota sobre la cámara dada la imposibilidad de disponer de varias, no tanto por el coste, como por el espacio requerido (24m² incluyendo la cámara y el espacio para maniobrar con ella y poder realizar la práctica).

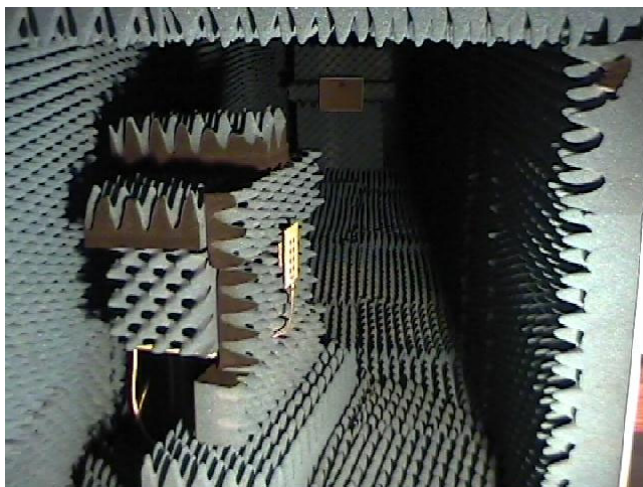


FIGURA. 5

CÁMARA ANECOICA UTILIZA EN PRÁCTICAS DE ANTENAS Y PROPAGACIÓN.

ENCUESTA REALIZADA AL ALUMNADO

Para conocer la opinión que le merecía al alumnado las prácticas virtuales frente a las reales o realizadas en un laboratorio con instrumentación, se configuró una encuesta. En la encuesta han participado 126 alumnos de 4º y 5º de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación y de 3º de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la especialidad de Sistemas de Telecomunicación de la ULPGC. En todos los casos los alumnos han cursado las asignaturas del plan de estudio relacionadas con los laboratorios de Radiocomunicación, donde el GIC imparte docencia. Por tratarse de alumnos de último curso, presentan una mayor madurez y criterio que los de primeros cursos, dando mayor validez a la encuesta realizada.

Se realiza un conjunto de afirmaciones que el alumno evalúa de 1 a 5 en función del grado de acuerdo con la misma, siendo 1 nada de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

En esta primera fase, se ha realizado nueve preguntas que pueden verse en la Tabla I y que pueden reflejar el sentir del alumnado sobre la realización de prácticas realizadas en laboratorio tradicional y prácticas virtuales.

TABLA I
PREGUNTAS EVALUADAS

1	Las prácticas virtuales permiten una mejor asimilación de los conceptos frente a las reales.
2	Prefiero una práctica real a una virtual.
3	Las prácticas virtuales son más cómodas de realizar que las reales.
4	Las prácticas virtuales suelen ser más sencillas que las reales.
5	En las prácticas virtuales siempre funciona todo.
6	En las prácticas reales los fallos del módulo son habituales.
7	Me motiva más una práctica real que una virtual.
8	Las prácticas virtuales deberían disponer de mejores programas.
9	Las prácticas reales deberían disponer de más medios materiales.

Resultados de la Encuesta

En la Tabla II se muestra el resultado obtenido para cada una de las afirmaciones. Hay que destacar la respuesta dada en la segunda y séptima pregunta y que resulta bastante esclarecedora en cuanto a la apuesta realizada. Más del 85% está totalmente de acuerdo o muy de acuerdo con la afirmación de que prefiere una práctica real a una virtual y al 75% le motiva más, frente al 1.5% y 3% que prefieren y les motiva más una práctica virtual. Esta diferencia se reduce cuando al alumno se le pregunta por la asimilación de los conceptos. En este caso, el 28% se decanta por las prácticas reales, mientras que el 18% lo hace por las virtuales. Esta clara preferencia se mantiene a pesar de que el alumno entiende que las prácticas virtuales son más cómodas (78%) y sencillas (58%) de realizar y que los módulos de prácticas reales suelen fallar (44%). Este último aspecto podría estar ligado al hecho de que el alumno asocie fallo como parte inherente a la realidad de un sistema y que por ello lo disculpe.

TABLA II

RESPUESTAS DE LAS AFIRMACIONES DE LA TABLA I (%)					
AFIRMACIÓN	1	2	3	4	5
1	11.7	26.2	43.7	13.6	4.8
2	0.5	1.1	11.9	28.5	58.0
3	1.5	1.2	18.8	44.2	34.3
4	2.8	5.5	33.1	41.4	17.2
5	3.0	18.7	33.7	24.0	20.6
6	0.7	16.5	37.6	34.4	10.8
7	0.6	3.0	19.9	38.7	37.8
8	0.6	6.3	22.6	39.0	31.5
9	0	0.5	13.7	26.8	59.0

Es cierto que el 69% apuesta por una necesidad de mejora del software utilizado en las prácticas virtuales y que esto condicione la opinión del alumnado hacia este tipo de prácticas, pero esto mismo podríamos decirlo de las prácticas reales, puesto que el 84% cree que deberían aumentar los recursos materiales para este tipo de prácticas.

Sin entrar en las razones de fondo, para lo cual habría que realizar una encuesta más detallada, el alumno prefiere una práctica real a una virtual, según muestran los resultados de la segunda afirmación y que se muestran en la Figura 6. En cuanto a las prácticas virtuales, a pesar de que el alumno reconoce y valora los beneficios de ésta, sigue sin gustar en

términos generales, con lo que ello supone desde un punto de vista didáctico y rendimiento escolar.

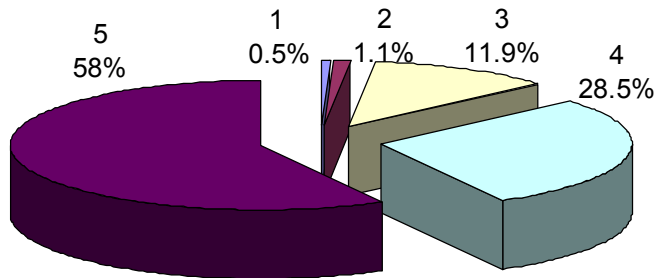


FIGURA. 6

RESPUESTA PORCENTUAL A LA AFIRMACIÓN SEGUNDA: PREFIERO UNA PRÁCTICA REAL A UNA VIRTUAL.

CONCLUSIONES

Se ha planteado la polémica de prácticas virtuales o reales bajo la perspectiva de la experiencia acumulada en estos últimos quince años por siete profesores del Grupo de Ingeniería de Comunicaciones que imparten docencia de asignaturas del área de la radiocomunicación en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Creemos que es conveniente y posible hacer un esfuerzo para poder disponer de laboratorios tradicionales, atendiendo al claro beneficio que supone en el aprendizaje de los alumnos. Se ha presentado un resumen de los diferentes puestos que se han diseñado y construido con bajo presupuesto para electrónica de comunicaciones, síntesis de redes, microondas, antenas, y propagación. Se ha realizado una encuesta al alumnado para conocer el grado de acierto que se había obtenido al llevar a cabo una apuesta firme por la elaboración de dichos puestos de prácticas. A este respecto, comentar que el alumnado se motiva especialmente cuando la práctica se realiza en un laboratorio tradicional y que, a pesar de los inconvenientes que supone las deficiencias del puesto de prácticas, el alumno prefiere y percibe que asimila mucho mejor los conceptos impartidos en la teoría.

AGRADECIMIENTO

El conjunto de profesores firmantes del artículo quiere agradecer la colaboración prestada por todos aquellos alumnos que desinteresadamente han colaborado en la elaboración de las encuestas realizadas, así como a aquellos que han vertido opiniones valiosas sobre la filosofía de funcionamiento del grupo en lo que a prácticas de laboratorio se refiere y que han dado origen a la idea sobre la que trata el presente artículo.

REFERENCIAS

[1] Cañizares, C.A. and Faur, Z.T., "Advantages and Disadvantages of Using Various Computer Tools in Electrical Engineering Courses", *IEEE Transactions on Education*, Vol. 40, No. 3, August 1997, pp. 166-171.

[2] Iskander, M.F., "Technology-Based Electromagnetic Education", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 50, No. 3, March 2002, pp. 1015-1020.

[3] Smith, K., "Computerised learning, Friend or Foe", *IEE Engineering Education*, Vol. 48, 2002, pp.1-4.

[4] Ambikairajah, E., Epps, J., Sheng, M. and Celler, B., "Evaluation of a Virtual Teaching Laboratory for Signal Processing Education", *ICASSP*, 2003, pp. 757-760.

[5] Kocijancic, S. and O'Sullivan, C., "Integrating Virtual and True Laboratory in Science and Technology Education", *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, November 2002, pp. 7-11.

[6] Ko, Ch.Ch., Chen, B.M., Hu Sh., Ramakrishnan, V., Cheng, Ch.D., Zhuang, Y. and Chen, J., "A Web-Based Virtual Laboratory on a Frequency Modulation Experiment", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 31, No. 3, August 2001, pp. 295-303.

[7] Mihai, D. and Constantinescu, C., "Virtual vs. Experiment, Programmable vs. Wired Logic, Hardware vs. Software in Teaching Digital Control for Electromechanical Engineering", *EUROCON*, 2003, pp. 7-11.

[8] Traylor, R.L, Heer, D. and Fiez, T.S., "Using an Integrated Platform for Learning™ to Reinvent Engineering Education", *IEEE Transactions on Education*, Vol. 46, No. 4, November 2003, pp. 409-419.

[9] Bhunia, Ch., Giri, S., Kar, S., Haldar, S. and Purkait, P., "A Low-Cost PC-Based Virtual Oscilloscope", *IEEE Transactions on Education*, Vol. 47, No. 2, May 2004, pp. 295-299.

[10] Scheckler, R.K., "Virtual labs: a substitute for traditional labs?", *Int. J. Dev. Biol.*, Vol. 47, 2003, pp. 231-236.

[11] Robert, T.J., "The Virtual Machines Laboratory", *Australasian Journal of Engineering Education*, 2004, pp.1-15.

[12] Quintana-Morales, P.J. and Quirante-Manrique, J., "Programa Informático Educativo para la Síntesis de Filtros", *Conferencia Internacional en Telecomunicación, Electrónica y Control*, July 2002.