

SIAPE: Sistema Integrado para el Aprendizaje de la Electrónica para Técnicos e Ingenieros

P. Fernández-Sánchez, A. Salaverría, A. Trabado, E. Mandado, Member, IEEE,

Title—SIAPE, Integrated System for Learning Electronics for Technicians and Engineers.

Abstract—This article describes SIAPE, an integrated learning system improving engineering teaching and learning of Electronics. SIAPE combines a tutorial with a virtual laboratory and a self assessment tool to achieve a self-learning system. The tutorial is a hypermedia document where each theoretical concept is associated with at least one virtual experiment facilitating not only theoretical learning but also linking the different concepts of the technology and combining them with a virtual laboratory. The virtual laboratory is made up of a set of virtual experiments with a user-friendly graphic interface and interactive simulated electronic instruments relating practical and theoretical concepts. The self-assessment tool combines a test with each experiment of the virtual laboratory. The whole system matches the constructivist theory and constitutes an interactive computer based complex tool.

Index Terms— Integrated learning system, self-assesment tool, virtual laboratory.

I. INTRODUCTION

EL progreso que la Informática y las Telecomunicaciones han experimentado en esta primera década del siglo XXI hace que sea posible llevar a cabo el desarrollo de sistemas educativos complejos que eleven el rendimiento de los procesos educativos en general y en particular de aquellos que deben hacer que el alumno adquiera conocimientos tecnológicos tanto si están basados en la Ciencia como si no lo están.

La convergencia entre educación presencial, por Internet y a distancia proporciona diversas posibilidades para la enseñanza-aprendizaje que hay que aprovechar [1]. Las numerosas herramientas de autor [2] [3] [4], incluidos los gestores de contenidos y otras herramientas informáticas, han

dado lugar a que numerosas empresas así como algunos grupos universitarios elaboren sistemas educativos multimedia, laboratorios virtuales, programas de diseño y simulación [5] [6] [7]. Pero la gran mayoría de los sistemas disponibles comercialmente presentan inconvenientes, entre los que cabe citar, por ejemplo, que los simuladores no están especialmente concebidos para la enseñanza y que las herramientas de autor exigen licencia de uso y no facilitan la protección de la propiedad intelectual de los sistemas realizados con ellos.

Pero como indican diversos expertos en enseñanza de la ingeniería [8] [9] [10] [11] [12], en particular la enseñanza de la Tecnología debe proporcionar al alumno los conocimientos teóricos adecuados, facilitarle la experimentación y el montaje de los correspondientes equipos y sistemas que muestren en la práctica la veracidad de las teorías expuestas y transmitirle los métodos de diseño que permitan concebir nuevos sistemas y aplicaciones. Esto no se consigue con las herramientas antes citadas utilizadas por separado dado que no resuelven muchos de los problemas que hoy existen en la práctica debido a la complejidad de la mayoría de las tecnologías que además de ser complejas en sí mismas se combinan entre ellas. Es en este punto en el que las TIC proporcionan la posibilidad de desarrollar nuevas herramientas que ayuden a superar las dificultades indicadas.

Esto incentivó que el Instituto de Electrónica Aplicada de la Universidad de Vigo crease un grupo multidisciplinar formado por profesores de la Universidad de Vigo y del País Vasco e ingenieros de diseño en empresa, para desarrollar SIAPE que es un sistema informático integrado que combina un libro electrónico con un laboratorio virtual y una herramienta de autoevaluación basada en ellos con la finalidad de facilitar el autoaprendizaje de la Electrónica para técnicos e ingenieros.

El principal objetivo de SIAPE es el de contribuir a que los técnicos e ingenieros comprendan los principales conceptos de la Electrónica y los pasen a la memoria de larga duración, tanto si se especializan en algún área de la electrónica y tecnologías de la información como en otras tecnologías, como por ejemplo la mecánica, la organización industrial, etc.

II. SISTEMAS INTEGRADOS PARA EL APRENDIZAJE DE TECNOLOGÍAS COMPLEJAS

Como se indica en el apartado anterior el desarrollo tecnológico acelerado durante la segunda mitad del siglo XX hace más difícil el aprendizaje de las distintas áreas de la tecnología. Es necesario por ello crear nuevas formas de llevar

P. Fernández-Sánchez, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del País Vasco, 20018 San Sebastián, Instituto de Electrónica Aplicada de la Universidad de Vigo, España (e-mail: pilar.fernandez@ehu.es).

A. Salaverría, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del País Vasco, 20018 San Sebastián, Instituto de Electrónica Aplicada de la Universidad de Vigo, España (e-mail: angel.salaverria@ehu.es).

A. Trabado. Noventia Ingenieros and Institute for Applied Electronics. Universidad de Vigo, 36210 Vigo, Spain

E. Mandado, Departamento de Tecnología Electrónica e Instituto de Electrónica Aplicada, Universidad de Vigo, 36210 Vigo, España (e-mail: emandadoiea@uvigo.es).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente.

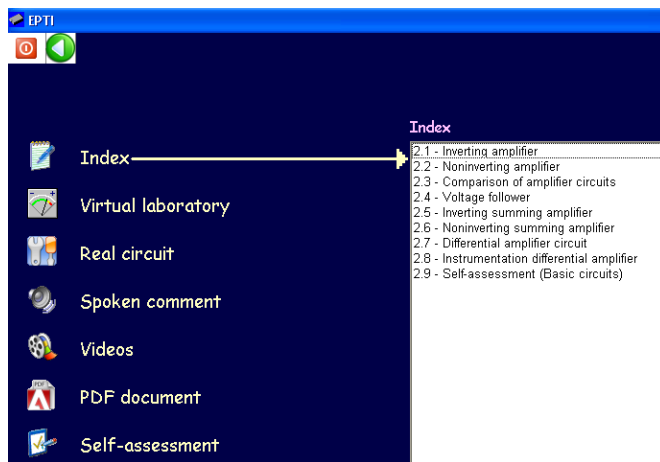


Fig. 1. Índice del libro electrónico de SIAPE .

a cabo el proceso de aprendizaje [11] ya que con los sistemas tradicionales no es posible lograr las competencias que exige cualquier aprendizaje tecnológico.

El concepto de sistema informático educativo integrado para el aprendizaje de la tecnología no es de uso generalizado y por ello antes de presentarlo es conveniente definirlo como un sistema que combina al menos dos de las herramientas siguientes:

- A) Un libro que presenta las características y el funcionamiento de un área de la tecnología, como por ejemplo la Electrónica Analógica, digital, etc.
- B) Un laboratorio virtual interactivo asociado con el libro que permite al usuario experimentar de una forma muy

cercana a la realidad y le prepara para acometer experimentaciones reales.

- C) Un sistema de autoevaluación.

A continuación se describe cada uno de los tres elementos antes citados:

A. Libro Electrónico Tecnológico

Se define el libro electrónico tecnológico como un libro, la mayoría de las veces hipermedia [13], que, no solo facilita al usuario una mejor comprensión de los conceptos, sino que además lo prepara también para utilizar adecuadamente un laboratorio. Cada concepto importante, del que no solo hay que adquirir un conocimiento teórico sino también práctico, está asociado con al menos un experimento.

B. Laboratorio Virtual

El laboratorio virtual debe parecerse lo máximo posible al laboratorio real tanto en apariencia como en funcionalidad. Se puede diseñar con multitud de recursos: plataformas, programas de simulación, documentos multimedia, lenguajes de programación, etc. estandarizados o que cumplan algunas especificaciones del aprendizaje electrónico. Para ello debe estar constituido por un conjunto de experimentos de laboratorio que incluyan instrumentos simulados interactivos y debe ser utilizable desde el propio computador o a través de internet.

C. Herramienta de Autoevaluación

Algunos sistemas integran una herramienta de autoevaluación. En la mayoría de ellos se utilizan

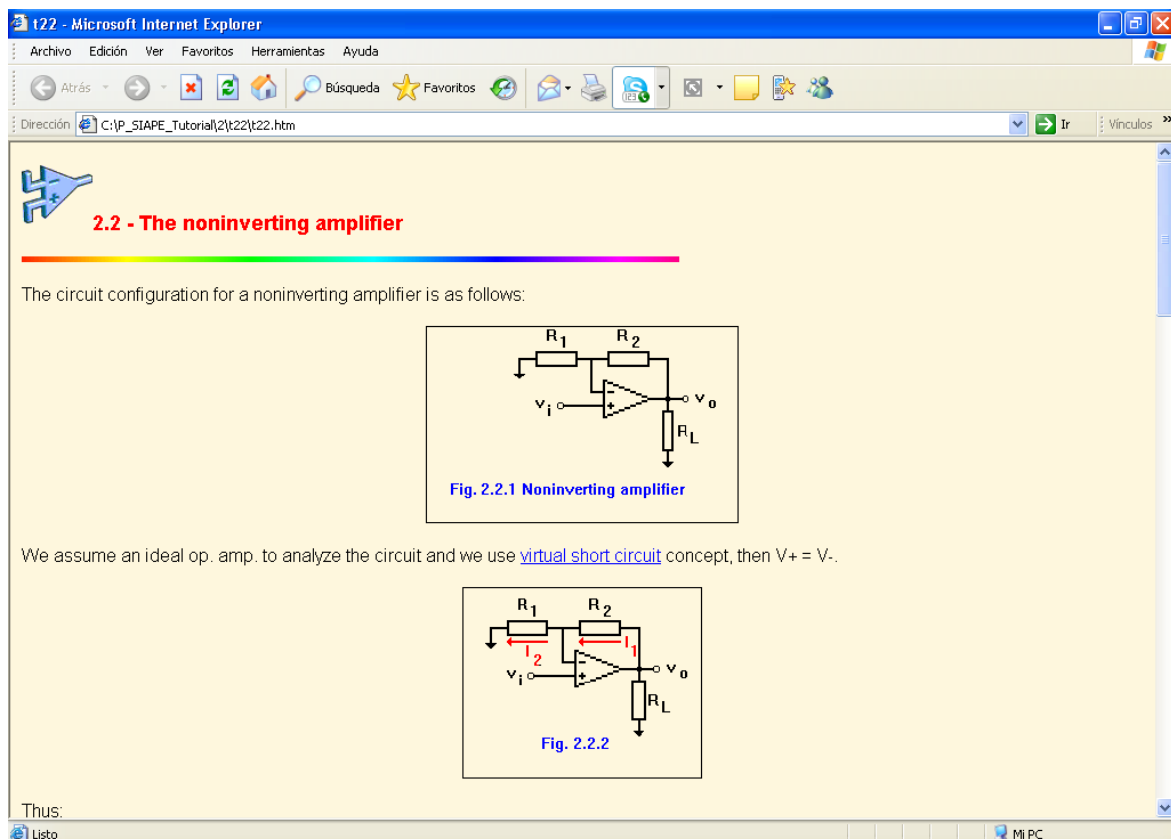


Fig. 2. Apartado del libro electrónico de SIAPE dedicado al amplificador no inversor

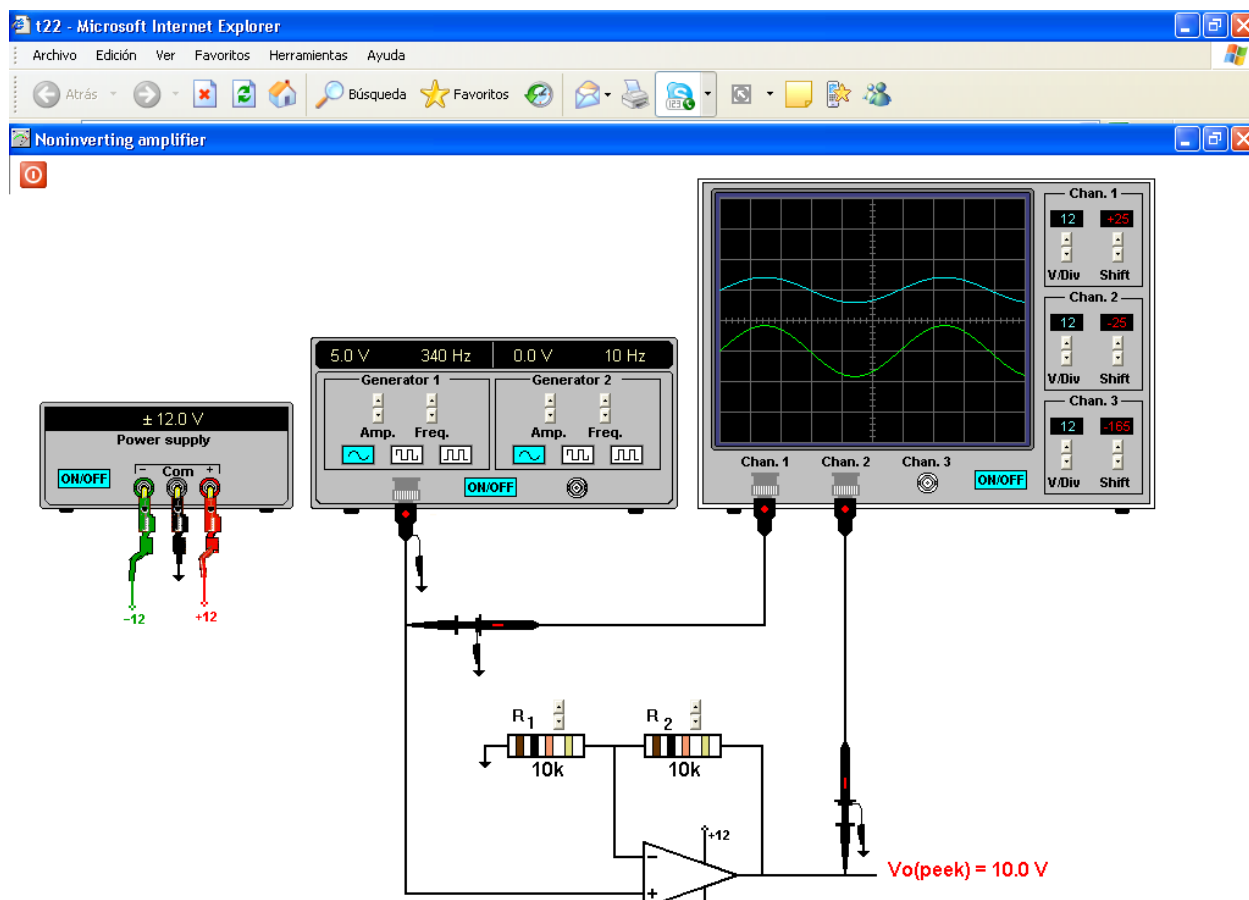


Fig. 3. Ejemplo de experimento del laboratorio virtual. Los instrumentos generan y miden parámetros del circuito. La fuente de alimentación proporciona la alimentación simétrica de $\pm 12V$, el generador una señal que es amplificada por el circuito no inversor y el osciloscopio visualiza las señales de entrada y salida del circuito amplificador.

cuestionarios de preguntas objetivas que pueden alcanzar un determinado nivel de la taxonomía del conocimiento de Bloom [14]. Según dicha taxonomía, es posible aumentar el nivel de competencia si los cuestionarios se complementan con recursos multimedia o se utilizan sistemas de evaluación muy complejos.

A continuación se presenta el sistema informático integrado SIAPE que es un sistema integrado para el autoaprendizaje de la Electrónica para técnicos e ingenieros que combina un libro electrónico con un laboratorio virtual y una herramienta de autoevaluación basada en ellos.

III. DESCRIPCIÓN DE SIAPE

A. Libro Electrónico de SIAPE

Es un documento electrónico hipermedia [13] que está asociado con un conjunto de experimentos que forman un laboratorio virtual. Se distingue, además, de un libro tradicional porque incluye explicaciones habladas y videos.

El libro electrónico es el eje conductor del sistema integrado y al igual que un libro clásico está dividido en capítulos que describen las diferentes áreas de la Electrónica Aplicada [15] [16] [17] [18] (figura 1). Cada capítulo se divide en apartados (figura 2) y éstos a su vez en subapartados, cada uno de los cuales tiene asociados uno o más experimentos que pueden ser o no destructivos. A su vez, cada experimento puede contener

una o más actividades, que el usuario debe llevar a cabo para comprobar el funcionamiento de un determinado dispositivo o circuito.

El libro electrónico de SIAPE se puede implementar en papel o como sistema hipermedia.

B. Laboratorio Virtual de SIAPE

Está constituido por un conjunto de experimentos asociados a los diferentes subapartados del libro electrónico. Su interfaz de usuario incluye los diferentes instrumentos utilizados en el laboratorio real, conectados a los puntos de prueba adecuados a cada experimento. La figura 3 muestra un experimento del Laboratorio Virtual que incluye dos instrumentos generadores, un instrumento de medida y el circuito electrónico cuyo funcionamiento se comprueba. Los instrumentos son interactivos y el usuario puede cambiar sus parámetros.

Las principales características del laboratorio virtual de SIAPE son:

- Cada experimento es una simulación pedagógica interactiva que puede ser incluida en cualquier otro programa y es fácilmente ampliable.
- Contiene experimentos destructivos que no se pueden llevar a cabo en el laboratorio y muestran al alumno las consecuencias negativas de la mala utilización de los elementos reales.

- Posee capacidad de autoevaluación.
- Tiene un interfaz de usuario amigable.
- Relaciona los conceptos teóricos con los prácticos a través de un conjunto adecuadamente seleccionado de experimentos.
- Los instrumentos virtuales se comportan prácticamente igual que los instrumentos reales que se utilizan en el laboratorio, tanto si están como si no están basados en un computador y permiten la visualización y medida de las señales presentes en los puntos adecuados del circuito.

El usuario del Laboratorio Virtual puede realizar los diferentes experimentos actuando libremente sobre los distintos elementos de los mismos para comprobar su funcionamiento. Además, para que el Laboratorio Virtual constituya una herramienta de autoaprendizaje, cada experimento contiene una o más actividades que guían al usuario sobre las acciones que debe ejecutar para llegar a comprender perfectamente el funcionamiento del circuito estudiado. La actividad está formada por el conjunto de acciones que el usuario debe realizar sobre el circuito y los instrumentos para llevar a cabo el experimento.

El circuito cuyo funcionamiento se comprueba a través del experimento se representa en la pantalla mediante un esquema en el que el usuario puede cambiar los valores de los componentes adecuados y modificar la interconexión entre ellos, en caso necesario.

Es preciso destacar que, en ocasiones, el laboratorio virtual genera el circuito con la respuesta dada por el alumno. Así, si en una cuestión, en la que se pide calcular el valor de una resistencia, el alumno selecciona un valor erróneo, el sistema genera el circuito con el valor dado por el alumno y no con el valor correcto. Es como si el usuario hubiese realizado el montaje real en el laboratorio.

C. Herramienta de Autoevaluación de SIAPE

El sistema de autoevaluación combina con el laboratorio virtual y el libro electrónico mediante la ejecución secuencial de las siguientes tareas:

- Se presenta una cuestión en la que el alumno debe elegir entre cuatro opciones (figura 4).

¿Cuál de los siguientes valores corresponde con la tensión media en la carga del siguiente circuito?

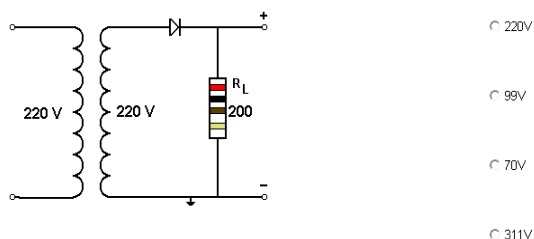


Fig. 4. Pregunta de evaluación de diodos

- Se presenta al alumno el experimento correspondiente del laboratorio virtual para que interactúe hasta verificar su respuesta (figura 5).
- Se le pregunta al alumno si la opción elegida por él al responder a la cuestión era la correcta (figura 6).
- Se le presenta la siguiente cuestión si el alumno ha acertado o el correspondiente apartado del libro electrónico si no lo ha hecho.

De esta forma el estudiante se involucra en su propio aprendizaje y se le hace consciente de sus avances y necesidades. Es el propio alumno el que valora y juzga su respuesta gracias a un sistema de navegación en el que se le pregunta sobre sus aciertos y errores. Con este diseño metodológico y los cuestionarios adecuados se alcanzan al menos los tres primeros niveles de la taxonomía de Bloom, conocimiento, comprensión y aplicación.

IV. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE DIODOS

El módulo de evaluación de diodos, que tiene como objetivo que el alumno aprenda autoevaluándose, se está experimentando en el 1º curso de Ingeniería Técnica Industrial de la Escuela Universitaria Politécnica de San Sebastian en el curso académico 2009-10 y ya se han obtenido los primeros resultados. En las figuras 7 y 8 se presentan los resultados de forma numérica y gráfica y el resumen de los mismos es el siguiente:

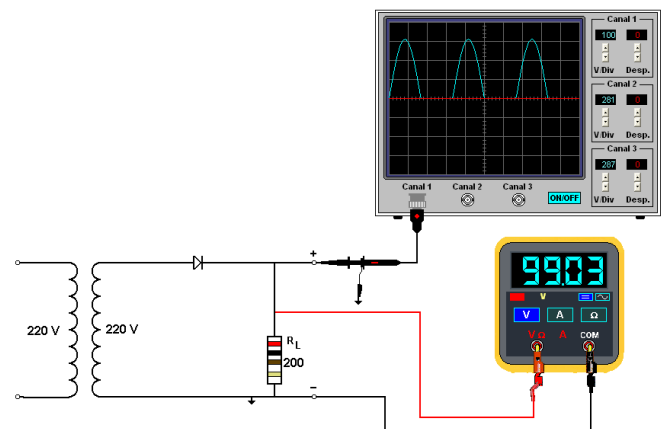


Fig.5. Experimento del Laboratorio virtual .

¿Ha contestado correctamente?

Sí No No sé

Fig. 6. Segunda respuesta del alumno.

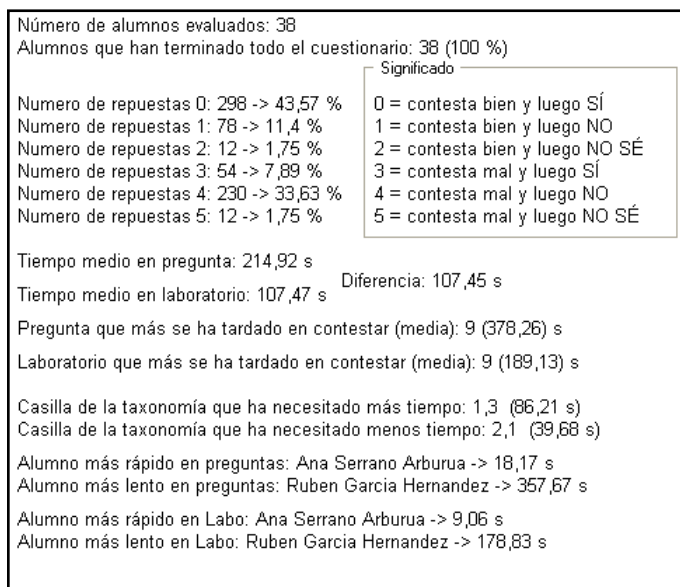


Fig. 7. Resultados numéricos de la utilización de SIAPE

El 43,57% de los alumnos han contestado correctamente en el primer cuestionario y después de haber utilizado el laboratorio virtual aseguran que verdaderamente estaban en lo cierto. De aquí se puede concluir que el sistema les ha servido como evaluación y que el laboratorio virtual y el tutorial les asegura su conocimiento.

El 33,63 % no han contestado correctamente al cuestionario, pero el laboratorio virtual les ha servido para darse cuenta de su error y les ha facilitado el autoaprendizaje.

El 19,29% parece que no ha aprendido con el laboratorio virtual y además al 7,89 de este porcentaje les ha confundido porque proporcionan otra respuesta incorrecta diferente.

Un 3,5 % del total de los alumnos parece que no se entera de nada.

Analizando los resultados se concluye provisionalmente que quizás por una parte las cuestiones deberían ser más complicadas y los experimentos del laboratorio virtual más sencillos. Para asegurar la fiabilidad de las conclusiones es necesario disponer de más datos, como por ejemplo las respuestas a un cuestionario en el que el alumno exprese sus opiniones sobre el sistema.

V. CONCLUSIONES

En esta comunicación se presenta un sistema de enseñanza-aprendizaje-evaluación de gran valor pedagógico ya que utiliza una metodología constructivista y hace que el alumno sea consciente de su propio aprendizaje y que se autoevalúe a la vez que aprende.

El alumno lo puede utilizar en su propio computador o a través de Internet. Además se está experimentando una variante para hacer evaluaciones parciales en un aula de la evaluación continuada del curso.

Este artículo es la evolución de Accésit en el apartado de Laboratorios, del congreso TAEE 2010 [20].

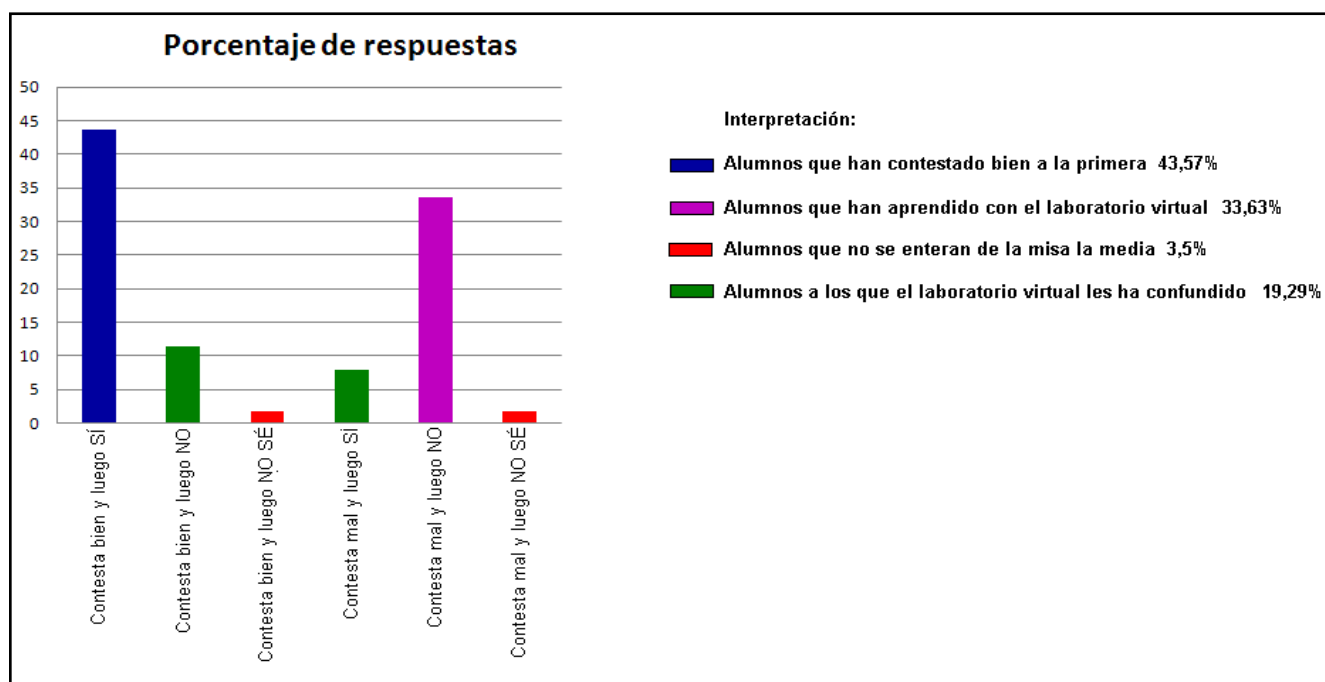


Fig. 8. Representación gráfica de los resultados de la utilización de SIAPE. El 43,57% de los alumnos ha contestado correctamente en el primer cuestionario y después de haber utilizado el laboratorio virtual aseguran que verdaderamente estaban en lo cierto y el 33,63 % no ha contestado correctamente al cuestionario, pero el laboratorio virtual les ha servido para darse cuenta de su error ya que han contestado que no la pregunta “¿Ha contestado correctamente?”

REFERENCIAS

- [1] M. Castro y J. Peire. Convergencia en la educación presencial, por Internet y a distancia. TAAE 2008.
- [2] JCLic <http://clic.xtec.cat/es/> última visita en diciembre de 2010
- [3] ToolBook www.toolbook.com última visita en diciembre de 2010
- [4] Hot Potatoes <http://hotpot.uvic.ca/> última visita en diciembre de 2010
- [5] Multisim. Electronics Workbench. <http://www.electronicworkbench.com/> última visita en diciembre de 2010
- [6] Micro-Cap. www.micro-cap.co.uk última visita en diciembre de 2010
- [7] Orcad. Cadence. www.orcad.com. www.cadence.com. última visita en diciembre de 2010
- [8] A. Salaverria. Nueva metodología para la enseñanza asistida por ordenador de la Electrónica Aplicada. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco. 2003.
- [9] ABET. Criteria for accrediting engineering programs. 2007.
- [10] L. L. Bucciarelli. Engineering Philosophy. Delft University Press. The Netherlands. 2003.
- [11] R. M. Felder & R. Brent. Active learning: an introduction, ASQ Higher Education Brief, 2(4), August 2009
- [12] R. Felder et al. The future of engineering education II. Teaching methods that work. Chemical Engineering Education, 34, pp. 26-39. 2000.
- [13] N. Blanco & J. Carlos. Sistema de libros electrónicos para la enseñanza de los circuitos lógicos y los microcontroladores. Departamento de Automática y Computación del Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría". Ciudad de la Habana. Cuba. TAAE08.
- [14] Bloom, B. S., Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H. y Krathwohl, D.R. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I; Cognitive domain. New York: Davis, McKay. (1956).
- [15] Sedra, A., Smith, K. Microelectronic Circuits (4th Edition). Oxford University Press. 1998.
- [16] Neamen, D. "Electronic Circuits Analysis and Design" (2nd Edition)". McGraw Hill. 2000.
- [17] Floyd, T. Electronic Fundamentals (4th Edition). Prentice Hall, 2000.
- [18] E. Mandado & Y. Mandado. Sistemas electrónicos digitales. Editorial Marcombo. 2008.
- [19] P. Fernández, A. Salaverria, J. González, y E. Mandado. El aprendizaje activo mediante la autoevaluación utilizando un laboratorio virtual. IEEE-RITA Vol. 4, Núm. 1. Febrero 2009.
- [20] P. Fernández-Sánchez, A. Salaverria, A. Trabado y E. Mandado; "Siape: Sistema Integrado para el aprendizaje de la Electrónica para Técnicos e Ingenieros"; IX Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAAE 2010; Libro de Actas del congreso ISBN 978-84-96737-69-3



Fernández Sánchez, Pilar. Ingeniera Técnica Industrial en Electrónica Industrial e Ingeniería Industrial en Organización Industrial (Universidad del País Vasco UPV/EHU). Profesora Titular de Escuela Universitaria en la UPV desde 1993. Su línea de investigación se ha centrado en sistemas de enseñanza y aprendizaje por ordenador. Premio a la mejor ponencia presentada en el área de Instrumentación Electrónica en el congreso TAAE 2004. Premio a la 2ª mejor ponencia presentada en el área de Electrónica Analógica, Circuitos e Instrumentación en el congreso TAAE 2008 y también premio en TAAE 2010.



Salaverría Garnacho, Ángel. Licenciado en Ciencias Físicas (Universidad de Navarra), Doctor en Ciencias Físicas (Universidad del País Vasco UPV/EHU). Profesor Titular de Escuela Universitaria en la UPV desde 1979. Premio a la mejor comunicación oral por el trabajo "Sistema Hipermedia de verificación asistida por ordenador de circuitos analógicos" congreso TAAE 2002). Primer premio en la modalidad de software en el "1st European Contest on Microelectronics Education", congreso EWME 2002. Premio al mejor demostrador en el congreso TAAE 2004. Premio a la 2ª mejor ponencia presentada en el área de Electrónica Analógica, Circuitos e Instrumentación en el congreso TAAE 2008.



Trabado Álvarez, Antonio. Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Vigo. Trabajó como Ingeniero de calidad en el área de tecnología de Vodafone y posteriormente, dentro del sector de la electrónica profesional, en colaboración con otras empresas TIC de ámbito nacional e internacional. Actualmente es socio director gerente de NOVENTIA INGENIEROS S.L. con responsabilidad directa sobre la gestión de proyectos. Su actividad se centra en el diseño y desarrollo de equipos y sistemas electrónicos de control y telemetría, orientados al entorno industrial. Ha liderado proyectos tecnológicos para organizaciones como Unión Fenosa, Caixa Galicia, Xunta de Galicia, etc.



Mandado Pérez, Enrique. Ingeniero en Electrónica por la Universidad Politécnica de Madrid en 1969. Doctor Ingeniero en Electrónica por la Universidad Politécnica de Cataluña en 1976. Ha trabajado como ingeniero de aplicaciones durante diez años en Philips. Desde 1982 es catedrático de Tecnología Electrónica de la Universidad de Vigo. Ha publicado numerosos artículos, comunicaciones a congresos y libros entre los que destaca el titulado "Sistemas Electrónicos Digitales" del que publicó la novena edición en 2008. En 1996 recibió el premio Xunta de Galicia al mejor trabajo del ámbito tecnológico por el artículo "Los parques tecnológicos como herramienta de promoción de la innovación tecnológica" publicado en la revista Economía Industrial del Ministerio de Industria. Es miembro del IEEE desde 1969 y está en posesión de la Cruz de Alfonso X el Sabio por méritos académicos.