



Para citar este artículo, le recomendamos el siguiente formato:

Zatarain, R. y Barrón, M. L. (2011). Herramienta de autor para la identificación de estilos de aprendizaje utilizando mapas auto-organizados en dispositivos móviles. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1), 43-55. Consultado el día de mes de año en: <http://redie.uabc.mx/vol13no1/contenido-zatarainbarron.html>

Revista Electrónica de Investigación Educativa

Volumen 13, Núm. 1, 2011

Herramienta de autor para la identificación de estilos de aprendizaje utilizando mapas auto-organizados en dispositivos móviles

Authoring Tool for Identifying Learning Styles, Using Self-Organizing Maps on Mobile Devices

Ramón Zatarain Cabada
rzatarain@itculiacan.edu.mx

María Lucía Barrón Estrada
lbarron@itculiacan.edu.mx

Sistemas y Computación, Coord. de Posgrado
Instituto Tecnológico de Culiacán

Juan de Dios Bátiz s/n, Col. Guadalupe 80220
Culiacán, Sinaloa, México

(Recibido: 29 de octubre de 2009; aceptado para su publicación: 4 de octubre de 2010)

Resumen

En el presente trabajo de investigación se explora una propuesta metodológica cuyo objetivo principal es la identificación de estilos de aprendizaje utilizando un método de Mapas Auto-Organizados implementados para trabajar en dispositivos móviles principalmente. Estos pueden trabajar en tiempo real y sin interacción directa del estudiante, lo cual implica la ausencia de información previa. Los resultados generados son una herramienta de autor para cursos adaptativos en ambientes Web 2.0.

Palabras clave: Sistemas tutores inteligentes, software para trabajo en grupo, procesos de aprendizaje.

Abstract

This work explores a methodological proposal whose main objective is the identification of learning styles using a method of self-organizing maps designed to work, for the most part, on mobile devices. These maps can work in real time and without direct student interaction, which implies the absence of prior information. The results generated are an authoring tool for adaptive courses in Web 2.0 environments.

Key words: Intelligent tutoring systems, groupware, learning methods.

Introducción

Las teorías relacionadas con estilos de aprendizaje se fundamentan en el reconocimiento de la individualidad que manifiesta cada sujeto para aprender. Estas teorías encuentran cabida en los ambientes de aprendizaje electrónico, en donde se busca que los materiales didácticos sean adecuados al estilo de aprendizaje de cada estudiante. En distintas investigaciones (Felder y Silverman, 1988; Cofield *et al.* 2004; Gardner, 2000) se ha reconocido que los estudiantes presentan características que diferencian su forma de aprender de la del resto. A cada sujeto le favorece un cierto tipo de proceso de enseñanza, lo cual implica instrucciones y materiales didácticos diseñados específicamente para su configuración de estilos de aprendizaje.

En ambientes de aprendizaje electrónico los profesores pueden diseñar alternativas de contenidos para cada configuración de estilo de aprendizaje. Las características del aprendizaje electrónico permiten que los profesores trabajen colaborativamente con los estudiantes, e incluso otros profesores e interesados en el diseño de material didáctico en la construcción de los recursos para la tarea de enseñanza. Una implementación de una solución de aprendizaje electrónico, en la cual los materiales didácticos sean seleccionados de acuerdo al estilo de aprendizaje del estudiante, puede estar definida en el contexto de un Sistema Tutor Inteligente o bien en el de un Sistema de Hipermedia Adaptativa. Un Sistema Tutor Inteligente se refiere a cualquier sistema de computadora que ofrezca un proceso de enseñanza personalizado (directamente al estudiante). Este sistema funciona de forma automática y no necesita de la intervención del profesor (ni del estudiante) para llevar a cabo la personalización del material (Ong y Ramachandran, 2003). Por medio del uso de inteligencia artificial es posible sortear los inconvenientes que se pueden presentar al utilizar los cuestionarios para la identificación de los estilos de aprendizaje. En varias ocasiones se ha señalado que los cuestionarios son poco confiables, ya que los estudiantes no siempre están seguros de cómo contestar los reactivos, o a veces los responden sin pensar a consciencia en la respuesta. Por otra parte también el estudiante se puede encontrar en un ambiente poco favorable (ruidoso, por ejemplo) o bien encontrarse en una situación emocional desfavorable.

El objetivo principal de este trabajo, es desarrollar un método dinámico para la búsqueda e identificación del mejor estilo de aprendizaje de un estudiante. Este método es aplicado en tiempo real, utilizando una red neuronal artificial del tipo

mapa auto-organizado. Esta red neuronal proveerá un método para personalización del material didáctico y permitirá ser utilizada en cualquier ambiente de aprendizaje electrónico, ya sea porque se emplee para la identificación del estilo de aprendizaje en el marco de un Sistema Tutor Inteligente, o bien de manera manual con el estudiante consultando su perfil de estilos de aprendizaje. En este trabajo presentamos cómo es usada dicha red dentro de una herramienta de autor llamada EDUCA, con la que se diseñan y construyen tutores inteligentes o adaptativos, los cuales se adaptan al mejor estilo de aprendizaje de acuerdo al modelo de Felder-Silverman (1988) y pueden ser ejecutados en dispositivos móviles.

I. Modelos de estilos de aprendizaje

Los modelos de estilos de aprendizaje categorizan tanto las formas en que los estudiantes aprenden como la manera en que los profesores enseñan. Su objetivo principal es que, en cada categoría que posea el modelo, las necesidades de aprendizaje de los estudiantes sean satisfechas (Felder, 1996). Tomando en cuenta la mayoría de los modelos existentes, referentes a estilos de aprendizaje, existen cinco principales familias (Cofield *et al.* 2004). En la figura 1 se muestran las primeras cuatro familias de modelos, que se refieren a teorías de estilos de aprendizaje, la quinta familia, que se omite en la figura, contiene modelos que se alejan del concepto de estilos de aprendizaje y proponen otras teorías.

<p>Los estilos de aprendizaje están basados en su mayoría en cuatro modalidades: visual, auditivo, kinestésico y táctil.</p>	<p>Los estilos de aprendizaje contienen <i>características</i> muy sólidas de las estructuras cognitivas.</p>	<p>Los estilos de aprendizaje son el componente de un tipo de personalidad relativamente estable.</p>	<p>Los estilos de aprendizaje son preferencias de aprendizaje estables.</p>
<p>Gregorc Bartlett Betts Dunn Dunn Gordon Marks Paivio Richardson Sheehan Torrance</p>	<p>Gardner Broverman Cooper Guilford Hulzman y Hudson Hunt Kagan Kogan Messick Pettigrew</p>	<p>Myers-Briggs Apter Epstein y Meier Harrison-Branson Jackson Miller</p>	<p>Felder-Silverman Herrmann Kolb Allison y Hayes Honey y Mumford Kaufmann Kirton McCarthy</p>

Figura 1. Familias de modelos de estilos de aprendizaje

El modelo de Felder-Silverman fue propuesto por Richard Felder y Linda Silverman en 1988. Incluyen cuatro dimensiones o categorías que están relacionadas con la percepción, sensitivo/intuitivo; el procesamiento, activo/reflexivo; la presentación de la entrada, visual/verbal; y la comprensión,

secuencial/global. Los estilos de aprendizaje se obtienen por la combinación de todas las categorías. De esta manera es posible tener 16 estilos de aprendizaje distintos. Las características de los estilos de aprendizaje son resultado de la combinación de las características de cada una de las escalas. Una de las razones para seleccionar este modelo como base para nuestra investigación fue que es uno de los más populares e influyentes entre la comunidad de desarrolladores de sistemas de aprendizaje electrónico. Este modelo ha sido utilizado en el desarrollo de sistemas de educación adaptativos tales como Cs388, Tangow, Lsas, Whurle, entre otros (Parvez y Blank, 2004; Stash, Cristea y De Bra, 2004).

El segundo motivo que nos llevó a la selección del modelo de Felder-Silverman es el instrumento que provee para la identificación del estilo de aprendizaje del estudiante. El cuestionario ha sido validado y probado (Felder y Spurlin, 2005; Litzinger *et al.* 2005; Zywno, 2003), y esto le proporciona un soporte que la mayoría de los otros modelos no tiene.

II. La red neuronal

Las redes neuronales artificiales permiten capturar y representar relaciones entre los datos, y se dividen en tres categorías de modelos considerados “puros”: redes de transferencia de señales, redes de transferencia de estados y redes de aprendizaje competitivo (Kohonen, 2001). Los mapas auto-organizados son un ejemplo de las redes de aprendizaje competitivo. Los mapas auto-organizados fueron propuestos por Teuvo Kohonen a finales de 1980, por ello también se les conoce como mapas de Kohonen.

Para el desarrollo de esta investigación se han seleccionado los mapas auto-organizados. La elección de este tipo de redes neuronales es motivada principalmente por tres factores: 1) el tipo de aprendizaje no-supervisado de esta clase de redes; 2) el desempeño de la red, y 3) la velocidad de entrenamiento.

El correcto entrenamiento de una red neuronal con aprendizaje supervisado para identificar estilos de aprendizaje requiere, en la mayoría de los casos, de un pedagogo. Con el uso de mapas auto-organizados se logra prescindir de ese especialista para el proceso de entrenamiento, lo cual se convierte en una fortaleza para esta clase de red neuronal.

III. Metodología para identificación de los estilos

La metodología para el proceso de identificación de los estilos de aprendizaje se dividió en dos grandes etapas: una de entrenamiento de la red neuronal y otra de uso-producción de la misma. En la primera etapa se prepara a la red neuronal para que ésta sea capaz de identificar los estilos de aprendizaje de los estudiantes; y en la segunda se utiliza la red neuronal como parte del módulo para dispositivos móviles de EDUCA.

3.1 Procedimiento de entrenamiento de la red neuronal

El procedimiento experimental de entrenamiento fue dividido en dos pasos. En el primero se elaboró, conjuntamente con tres profesores de nivel preparatoria, material didáctico para los estudiantes de tres cursos distintos, los alumnos fueron seleccionados de acuerdo a sus capacidades de comprensión, para lo cual se utilizaron diferentes elementos, como textos, figuras, procedimientos, fórmulas, etc. Estos cursos fueron el de Computación básica (historia, partes de una computadora, la tecnología y la computadora, recursos para intercambiar información con la PC, etc.), Energía eólica (historia de la energía eólica, constitución básica de un aerogenerador, elementos básicos de la góndola de un aerogenerador, tipos de aerogeneradores, etc.) y Fotografía (Introducción, el objetivo, el compartimiento de la película, el obturador, etc.). El material de los tres cursos fue elaborado para ocho distintas versiones, cada una de ellas fue modelada utilizando un estilo de aprendizaje distinto. Los ocho estilos de aprendizaje son resultado de la combinación de la dimensión visual-verbal, sensitivo-intuitiva y secuencial-global. La dimensión de procesamiento (activo-reflexivo) no fue considerada para nuestro estudio, dejándolo para un trabajo futuro.

A cada uno de los 47 estudiantes de una preparatoria de la localidad se le asignó aleatoriamente una versión de cada curso. Después se le permitió estudiar el material por un tiempo aproximado de 40 minutos. La lectura del material requirió cerca de 15 minutos, de tal manera que el tiempo restante el estudiante lo podía dedicar a realizar tareas auxiliares que le facilitaran la comprensión del mismo. Cuando los sujetos hubieron estudiado el material que se les proporcionó, procedieron a contestar una evaluación de 20 preguntas relacionadas con el tema del curso. Las evaluaciones consistían en preguntas de opción múltiple. A todos los estudiantes se les aplicó la misma evaluación por cada curso. El tiempo total dedicado al estudio del material y a la realización de la evaluación sumó 55 minutos. Cada estudiante requirió de 3 sesiones de 55 minutos, una por cada curso. A cada uno de ellos se le proporcionó también el Cuestionario del Inventario de Estilos de Aprendizaje de Felder-Soloman. A través de este cuestionario se identificó y registró el estilo de aprendizaje de cada estudiante. Este estilo, como hemos mencionado, podrá ser nuevamente calculado en tiempo real, usando el sistema tutorial inteligente de EDUCA. El segundo paso consistió en entrenar la red neuronal con los datos de entrada (exámenes y cuestionario de Felder-Silverman) obtenidos en el paso anterior.

Para la etapa de uso-producción de la red neuronal, se procedió a incluir a ésta dentro de un programa intérprete el cual visualiza los cursos en dispositivos móvil, creados en una computadora PC normal con la herramienta de autor EDUCA.

3.2 Incorporación y adaptación dinámica del cuestionario de Felder-Soloman a los tutores inteligentes

Los autores de material didáctico utilizan la herramienta de autor, la cual permite al usuario generar contenido con la estructura propia de un curso, dividido por capítulos, que pueden contener temas y cuestionarios. Para la creación de los temas el usuario ingresa los contenidos de aprendizaje utilizando el editor de texto suministrado por la herramienta, o bien, importa archivos previamente digitalizados con imágenes, videos y audio. Los cursos generados poseen la capacidad de adaptarse a la forma en que el estudiante aprende, basándose en la teoría de estilos de aprendizaje de Richard Felder y Linda Silverman, para lo cual es necesario que el autor indique el estilo de aprendizaje más adecuado para cada uno de los contenidos de aprendizaje.

El usuario puede definir para cada contenido dos versiones para el estilo de aprendizaje de la dimensión de comprensión (secuencial y global); además, debe definir en qué grado se apega cada componente a los estilos de las dimensiones de presentación (visual y verbal) y percepción (sensitivo e intuitivo). Esto nos da ocho versiones distintas para cada curso o tutor: secuencial-visual-sensitivo, secuencial-visual-intuitivo, secuencial-verbal-sensitivo, secuencial-verbal-intuitivo, global-visual-sensitivo, global-visual-intuitivo, global-verbal-sensitivo y global-verbal-intuitivo.

En la Figura 2 se muestra la edición de un tema con tres contenidos de aprendizaje. A cada componente le es asignado su estilo de aprendizaje también. En la primera fila o contenido existen tres componentes: uno de tipo texto, otro de imagen y el tercero de tipo audio; este último es el que se encuentra seleccionado y se puede observar en la columna de la derecha cómo el usuario ha determinado que el componente se apega al estilo verbal de la dimensión visual/verbal, y al intuitivo de la dimensión sensitivo/intuitivo, asimismo, todos los componentes mostrados se encuentran en su versión secuencial. Para cambiar a la versión global es necesario cambiar de vista seleccionando el ícono con la imagen de un globo terráqueo. Al momento de desplegar la información de un tema en el dispositivo móvil el algoritmo de la red neuronal, que estará almacenado en el dispositivo, seleccionará exactamente un componente de cada uno de las contenidos de aprendizaje, tomando el que se aproxime más al estilo de aprendizaje actual del estudiante.

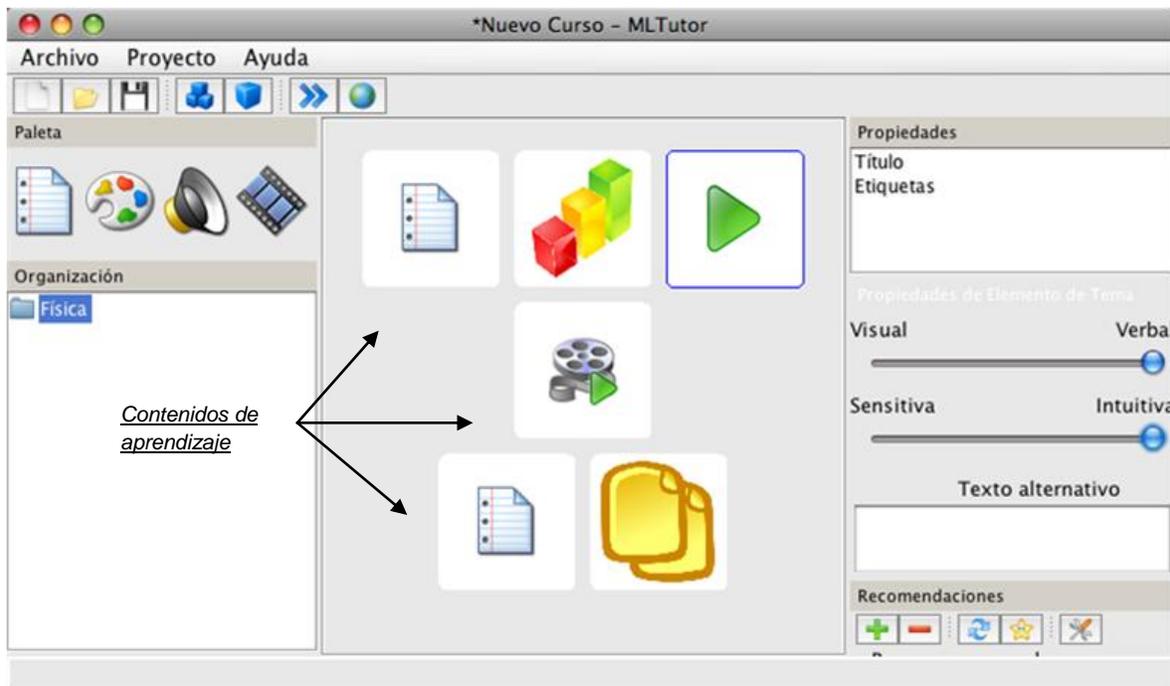


Figura 2. Edición de un tema con la herramienta de autor EDUCA

IV. Solución al problema de limitaciones de los dispositivos móviles

La diversidad de características técnicas que poseen los dispositivos móviles complica el diseño de las interfaces para el despliegue de contenidos de aprendizaje. Este problema motiva la creación de interfaces dinámicas y adaptativas que varían su aspecto y contenido en diferentes dispositivos móviles conservando su funcionalidad.

Para solucionar este problema se diseñó un sistema dinámico/adaptativo de interfaces para la visualización de cursos de aprendizaje móvil basados en la plataforma Java Me (Barrón-Estrada *et al.* 2009). El sistema de interfaces se basó en un marco de trabajo para facilitar la adaptación de contenido. También se desarrolló un modelo de usabilidad para la evaluación de interfaces en dispositivos móviles, el cual es empleado para evaluar las interfaces de un curso móvil creado. El sistema de interfaces se centra principalmente en la adaptación de contenido de un curso, para ser mostrado en la pantalla de distintos dispositivos móviles. La adaptación de contenido se basó en un marco de trabajo que tiene como objetivo principal facilitar dicha adaptación y está compuesto por tres capas: presentación, comunicación y persistencia. Las tres capas interactúan entre sí con el objetivo de obtener las características técnicas de un dispositivo móvil en específico y realizar una correcta adaptación de contenido. Las características técnicas de los dispositivos móviles se encuentran almacenadas en un repositorio que está disponible para contribuir a recopilar más características de dispositivos móviles existentes en la actualidad. El modelo de usabilidad propuesto tiene como objetivo evaluar las interfaces diseñadas específicamente para dispositivos

móviles. Este nuevo modelo se obtuvo a partir de la valoración de otros modelos de usabilidad, utilizados para evaluar interfaces diseñadas para pantallas de alta resolución. El modelo está compuesto por cuatro medidas de usabilidad: atractivo visual, capacidad de entendimiento, aprendizaje y adaptación de contenido. El objetivo de estas medidas es evaluar qué tan atractiva es la interfaz, la facilidad de navegación, el aprendizaje obtenido y el nivel de adaptación de contenido. La ventaja principal del desarrollo de interfaces dinámicas y adaptativas es poder visualizar el contenido educativo de un curso en una gran diversidad de dispositivos móviles. Además con este modelo de usabilidad propuesto se tiene la ventaja de evaluar interfaces para dispositivos móviles y así poder detectar problemas de usabilidad presentes en dichas interfaces.

La Figura 3 muestra ejemplos de la adaptación y presentación de contenidos de cursos en dispositivos móviles. La interfaz de la izquierda muestra la detección del dispositivo móvil en el cual se desplegará el curso. Las otras dos interfaces muestran el despliegue de una parte del material de preparación para el examen Exani-II, tomado por aspirantes a ingresar a un Instituto Tecnológico.

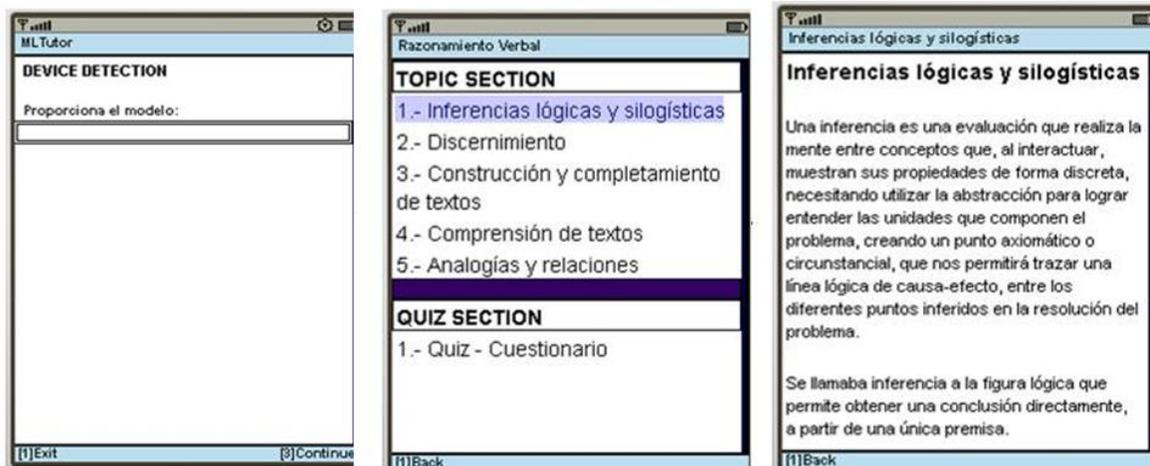


Figura 3. Interfaces de detección de dispositivo y de contenido del curso

V. Evaluación y discusión

La evaluación a este software se debe dar desde dos diferentes perspectivas: en primer lugar se debe evaluar la herramienta de autor, en este caso EDUCA, que se valora con parámetros como las diferentes interfaces del software, la facilidad de usar los componentes del mismo y la eficiencia en la producción de tutores. En segundo lugar, se deben evaluar los productos generados por la herramienta, que en este caso son los tutores inteligentes o adaptativos.

5.1 Métodos de medición de la usabilidad de EDUCA

Para la evaluación de la herramienta de Autor EDUCA, se utilizaron tres diferentes técnicas de medidas de usabilidad (Lauesen, 2005): Encuesta de opinión, Tiempo usado para hacer la tarea y conteo de problemas. En el método de encuesta de opinión se definió un conjunto de 20 preguntas relacionadas con la interface del software. Las diez primeras preguntas fueron:

- La estructura general del sistema está orientada al usuario.
- La interface del usuario es fácil de aprender y usar.
- La herramienta otorga muchas facilidades para crear un tutor inteligente.
- El tiempo para aprender a usar la herramienta es suficiente.
- El tiempo dado para generar un tutor inteligente es correcto.
- La duración total del taller (4 horas) es adecuada.
- ¿Existen elementos de navegación que orienten al usuario acerca de dónde está y cómo deshacer su navegación?
- La sección de Ayuda es realmente valiosa.
- La fuente es lo suficientemente grande como para no dificultar la legibilidad del texto.
- Existe un alto contraste entre el color de fuente y el fondo

Los participantes en la evaluación de la herramienta de autor fueron dos grupos de 30 individuos formados por 20 estudiantes de ingeniería en el Instituto Tecnológico de Culiacán y 10 profesores de la misma institución, los cuales participaron en un taller creado ex profeso para usar la herramienta. El taller tuvo una duración de cuatro horas durante el cual se produjeron tutores sobre computación básica, energía eólica, lengua maya y compiladores. A los participantes se les pidió evaluar la herramienta de autor en la escala de Likert de acuerdo a su grado de acuerdo o desacuerdo.

La Figura 4 presenta el concentrado de frecuencias obtenido en la evaluación para cinco principales preguntas. Como se puede apreciar en la gráfica, los resultados señalan que la mayoría del grupo en el taller estuvo “de acuerdo” o “totalmente de acuerdo” en las interfaces, facilidades para generar un tutor inteligente, tiempo para aprender a usar la herramienta (cuatro horas que duró el taller), tiempo para crear un tutor inteligente (una hora) y la organización del taller.

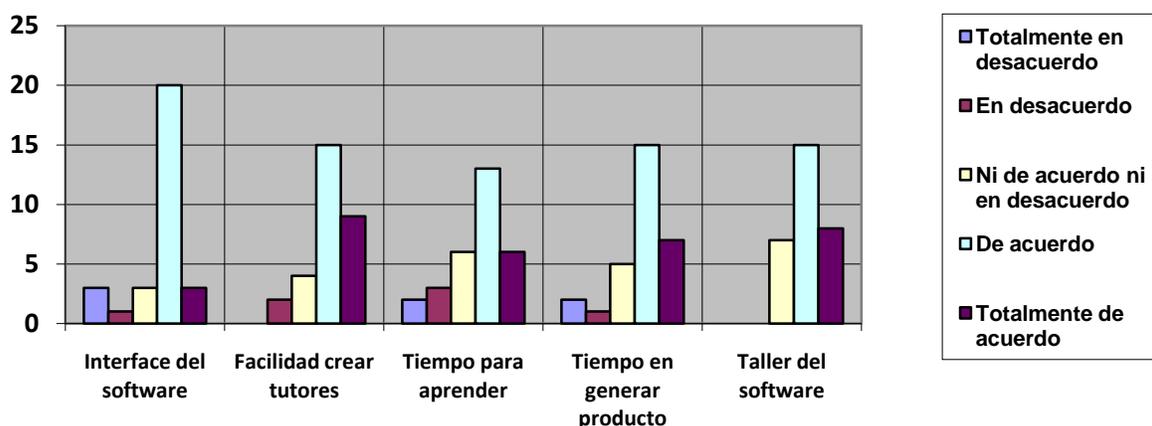


Figura 4. Evaluación por el método de encuesta de opinión de la herramienta de EDUCA

En el método de tiempo usado para hacer la tarea se midió el tiempo de los participantes (Estudiantes y profesores) para realizar las actividades que muestra la Tabla I. Los resultados de la evaluación de este método arrojaron que los usuarios tenían problemas en la interface de la herramienta para salvar, exportar, abrir y ejecutar cursos, por lo cual hicimos cambios en la interface que incluía esas opciones. Con respecto al método de conteo de problemas se realizó una lista de problemas de los usuarios al usar la herramienta. Los problemas más comunes estuvieron relacionados nuevamente con exportar y ejecutar cursos en móviles. Algunos de estos problemas están relacionados con las distintas configuraciones de dispositivos móviles, lo cual nos indica que debemos trabajar más con la adaptabilidad de estos dispositivos.

Tabla I. Evaluación por el método de encuesta de opinión de la herramienta de EDUCA

Preguntas	Estudiantes	Profesores
	Tiempo real y tiempo requerido (minutos y segundos)	Tiempo real y tiempo requerido
1 Diseñar la Estructura (Temario) de un curso	4:30 m. 5 m.	3:50 m. 5 m.
2 Agregar un contenido de aprendizaje a un tema	4:25 m. 5 m.	4:05 m. 5 m.
3 Definir el estilo de aprendizaje de un tema	1:15 m. 2 m.	1:10 m. 2 m.
4 Salvar y exportar un curso a un móvil	1:35 m. 1 m.	1:40 m. 1 m.
5 Abrir un curso y ejecutarlo en un móvil	1:25 m. 1 m.	1:35 m. 1 m.

VI. Conclusiones

El método o técnica propuesta en el presente trabajo de investigación requiere de dos elementos de información. El primero es el estilo de aprendizaje al cual va dirigido el material didáctico que el sujeto se encuentra estudiando. El segundo se trata de la evaluación o resultado que el estudiante tiene con tal material. Ambos datos, en un ambiente de aprendizaje electrónico como EDUCA, se obtienen con la ayuda de la red neuronal y las evaluaciones que el tutor inteligente va efectuando al estudiante.

En los últimos años se han desarrollado varios métodos e implementaciones para modelar e identificar los estilos de aprendizaje. La mayoría de estas implementaciones usan redes bayesianas (Carmona *et al.* 2008), lógica lineal-temporal (Limongelli *et al.* 2008) o un método que estudia el comportamiento del estudiante (Graf *et al.* 2008). El método de Mapas Auto-Organizados fue aplicado para el desarrollo de este trabajo por el rendimiento que éstos presentan una vez que han sido entrenados. La principal ventaja es que estos convergen rápidamente y requieren de un espacio de datos de entrenamiento relativamente pequeño. Otro elemento importante es la pequeña cantidad de memoria que requieren, así como su velocidad en tiempo de ejecución. La conjunción de estos factores hace que los Mapas Auto-Organizados sean la mejor opción analizada para realizar la identificación de estilos de aprendizaje en tiempo real cuando se utilizan dispositivos con recursos limitados como son los dispositivos móviles. La propuesta parte del principio de hacerlo una vez y reutilizarlo en todas partes. De esta forma, se seleccionaron grupos de estudiantes con los cuales, a partir de experimentos controlados, fue posible obtener un espacio de datos con el cual se entrenó la red neuronal.

La red neuronal entrenada puede ser utilizada en otras plataformas de aprendizaje electrónico que hagan uso de la teoría de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman. Por otra parte, el modelo empleado puede ser utilizado para crear Mapas Auto-Organizados capaces de identificar estilos de aprendizaje en el contexto de otras teorías pedagógicas diferentes. La evaluación de los productos de la herramienta de autor actualmente está en fase de experimentación.

En la dirección <http://201.155.196.43/educa/> se encuentra almacenada la herramienta de autor, pruebas de algunos tutores creados, material de los tres cursos, exámenes de cursos para crear la red neuronal artificial y tres tesis relacionadas al proceso de creación y uso de la red, a la herramienta de autor de cursos adaptativos o inteligentes y al uso de los cursos en dispositivos móviles. Estos archivos nos proporcionan más información sobre lo abordado en este artículo.

Referencias

Barrón-Estrada, M.L., Zatarain-Cabada, R., y Santillán-Hernández, L. C. (2009). Adaptación dinámica de Contenidos educativos en dispositivos móviles. En A.

Gelbukh (Eds.), *Artificial intelligence and applications* (pp. 191-201). Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial.

Coffield, F., Moseley, D., Hall, E. y Ecclestone, K. (Ed.). (2004). *Learning styles and Pedagogy in post-16 Learning: A systematic and critical review*. Wiltshire: Learning and Skills Research Centre.

Felder, R. M. y Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.

Felder, R. M. (1996). Matters of style. *Prism, American Society for Engineering Education* 6(4), 18-23.

Felder, R. M. y Soloman, B. A. (2004). *Index of learning styles questionnaire*. North Carolina State University. Consultado el 10 de mayo de 2009 de: <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>

Felder, R. M. y Spurlin, J. E. (2005). Applications, reliability, and validity of the Index of Learning Styles. *International Journal of Engineering Education*, 21(1), 103 - 112.

Gardner, H. (2000) Can technology exploit our many ways of knowing? En D. T. Gordon (Ed.), *The digital classroom: How technology is changing the way we teach and learn* (pp. 32-35). Cambridge, MA: Harvard Education Letter.

Kohonen, T. (2001). *Self-organizing maps*. Berlín, Alemania: Springer.

Lauesen, S. (2005). *User interface design. A software engineering perspective*, Essex, Inglaterra: Pearson/Addison-Wesley.

Litzinger, T. A., Lee, S. H., Wise, J. C. y Felder, R. M. (2005). A Study of the reliability and validity of the Felder-Soloman Index of Learning Styles. *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, EE. UU., 1-16.

Ong, J. y Ramachandran, S. (2003). *Intelligent tutoring systems: Using AI to improve training performance and ROI*. San Mateo, CA: Stottler Henke Associates, Inc.

Parvez, S. M. y Blank, G. D. (2008). Individualizing tutoring with learning style based feedback. En B. Woolf, E. Aimeur, R. Nkambou, y S. Lajoie (Eds.), *Lecture notes in computer Science: Intelligent tutoring systems Vol. 5091* (pp. 291-301). Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Stash, N. V., Cristea, A. I. y De Bra, P. M. (2004). Authoring of learning styles in adaptive hypermedia: problems and solutions. En S. Feldman, M. Uretsky, M. Najork, y C. Wills (Eds.), *Proceedings of the 13th International World Wide Web conference*, 114-123.

Zywno, M. S. (2003). A contribution to validation of score meaning for Felder-Soloman's Index of Learning Styles. *Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, EE. UU., 23-25.