

# **Tecnologías Inteligentes y Teoría Uno para el Modelado del Tutor en Sistemas Tutores Inteligentes**

Zulma Cataldi, Fernando A. Salgueiro

Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. Paseo Colón 850, 4º Piso.  
C1063ACV. Ciudad de Buenos Aires. ARGENTINA  
liema@fi.uba.ar

## **Resumen**

El objetivo *general* del proyecto en el que se inscribe la comunicación presente es *proponer un modelo de tutor inteligente* capaz de adaptarse a las necesidades y preferencias de los alumnos, según sus estilos de aprendizaje, para proveerles de una herramienta adicional a través de la cual puedan recibir tutorizado “*uno a uno*” independientemente del tiempo y la distancia en que éstos se encuentren.

*Palabras clave:* tutores inteligente, modelado del tutor, teoría uno.

## **Introducción**

El tema de esta investigación surge motivado por la necesidad de encontrar diferentes formas alternativas para la enseñanza de Programación Básica. *Durante los últimos seis cuatrimestres se efectuó el seguimiento de los alumnos (a través de sus evaluaciones parciales y finales) a fin de saber por qué algunos no llegaban a aprobar la materia. Si bien la cantidad de estudiantes que terminan la materia está en el orden del 30%, es un dato alarmante, pero en otras Universidades, en las asignaturas equivalentes se evidencia que la problemática es muy parecida, por lo que actualmente se encuentran elaborando estrategias tendientes a la paliación del problema.* Por este motivo, se pensó, en el desarrollo de un sistema que permitiera el tutorizado inteligente (utilizando Sistemas Inteligentes) a fin de realizar la tarea de apoyo a través de diferentes modalidades o estrategias de enseñanza, que cada estudiante requiera de acuerdo a su estilo de aprendizaje (Cataldi,2004, 2005)

## **Justificación y Fundamentación**

El propósito es que el sistema de tutorizado exhiba un comportamiento similar al de un tutor humano, es decir, que se adapte al comportamiento del estudiante en lugar de ser un modelo rígido. Un sistema con estas características “*es un sistema de software que utiliza sistemas inteligentes para asistir al estudiante que requiere de un tutorizado uno a uno y lo guía en su aprendizaje, adicionalmente posee una representación del conocimiento y una interface que permite la interacción con los estudiantes para que puedan acceder al mismo*” (VanLehn, 1988)

Para el desarrollo de esta investigación se consideraron los marcos teóricos provistos por la Inteligencia Artificial en el tema de las redes neuronales artificiales básicamente las configuraciones vistas como SOM (Self Organizing Map) (Kohonen, 2001) y Backpropagation (Rumelhart. 1986).

Además se estudiaron los núcleos conceptuales centrados en las estrategias y estilos de aprendizaje (Felder 1988,1990) y la teoría Uno de Perkins (1995).

La problemática que se observa y que dio origen a este trabajo se puede descomponer en los siguientes puntos centrales:

- Existe un alto índice de estudiantes que reprueban los cursos de Programación Básica en las distintas universidades, tanto del ámbito nacional como provincial.
- Existe una falta de recursos físicos para enfrentar las necesidades del alumnado, entendiéndose por recursos físicos: aulas, computadoras, cañón, etc.
- Existe una relación muy baja de tutores (profesores) respecto de alumnos a cargo de estos.

Por lo tanto, existe poca personalización en el proceso educativo ya que los tiempos establecidos no permiten un mayor grado de integración entre los docentes y sus alumnos. Y por último, los estudiantes poseen diferentes estilos de aprendizaje que en la mayoría de los casos, no se corresponden con el método de enseñanza que utiliza el docente que les explica los contenidos.

Lo que se busca es un Sistema Tutor Inteligente (STI) que pueda dar solución a la mayor parte de los problemas planteados anteriormente. Por ello, la *metodología* que se adoptó para la investigación se centró en la primera etapa de la investigación en analizar la problemática, delimitando el alcance del problema. Luego, se analizó el estado de la cuestión, se estudiaron las soluciones posibles de acuerdo a los métodos, técnicas y herramientas requeridas y disponibles para su elaboración.

Partiendo del estudio de Carbonell (1970) se desprende que los Sistemas Tutores Inteligentes están compuestos por cuatro módulos básicos:

- *El módulo del estudiante* que representa los conocimientos que el sistema supone que cada estudiante posee: es un mapa o red que contiene la estructura de la curricula con todas sus dependencias temáticas.
- *El módulo del dominio* que contiene el conocimiento del sistema acerca del tema o temas en los que se quiere hacer tutoría.
- *La interface* que es la encargada de interactuar directamente con el usuario humano, presentando de manera homogénea todos los contenidos.

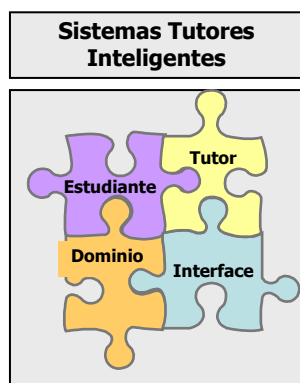


Figura 1: Módulos básicos del STI

Por último, se señala que el *módulo del tutor* es el encargado de generar los contenidos de la lección y de presentarlos al usuario de la manera que le resulte más cómoda.

### **Metodología e hipótesis**

Este trabajo se centra en el modelado del tutor, para lo cual se requieren los siguientes marcos teóricos:

- Herramientas de la Inteligencia Artificial (Redes SOM y Backpropagation) y

- Estilos de Aprendizaje (Planillas de Felder) y Protocolos<sup>i</sup> Pedagógicos (Teoría Uno de Perkins).

Como siguiente paso metodológico se propuso una solución a la problemática que se valida con una experiencia. Para llevarla a cabo, se analizó una muestra de dos cursos de programación básica de 121 estudiantes de área de Programación Básica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires durante 2005, correspondiente al 10% de la población total en estudio que fue de 800<sup>ii</sup>, con un error de generalización de los resultados menor al 3% (Hernández Sampieri, 2001).

Se administró a los estudiantes el cuestionario de Felder (1988) de estilos de aprendizaje. Con los datos obtenidos se buscó agrupar los estilos de aprendizaje de acuerdo a las técnicas de enseñanza requeridas. *Esto permitirá correlacionar la preferencia del alumno con la disponibilidad del protocolo pedagógico más adecuado existente en el sistema.* Se puede definir al estilo de aprendizaje como *la forma en que un individuo aprende*. Las personas tienen diferentes estilos de aprendizaje, que se reflejan en las diferentes habilidades, intereses, debilidades y fortalezas académicas.

La planilla de estilos de aprendizaje de Felder (Felder 1998; Figueroa, 2004) fue seleccionada entre las disponibles ya que la misma había sido usada con Buenos resultados en estudiantes de ingeniería química e Ingeniería Informática. La misma es una herramienta validada ampliamente que permite obtener una base sólida para una metodología más abarcativa para el desarrollo de los sistemas tutores inteligentes en carreras de ingeniería. Es una herramienta cuya validez<sup>1</sup> y confiabilidad<sup>2</sup> ha sido corroborada a través de su aplicación por diversos investigadores desde la fecha de su creación (Felder, 1990; Peña *et al.*, 2002; Figueroa, 2004), entre otros. La planilla utilizada consta de 44 preguntas agrupadas en 11 grupos de 4 preguntas cada uno, más datos personales del estudiante. Esto responde a los cuatro grupos de estilos de aprendizaje que según Felder (1990) se trabajan de a pares y se los puede definir según la: forma de procesar la información: tareas activas – tareas de reflexión, forma de percibir la información: sensorial – intuitiva (racional), forma de presentar la información: visual – verbal, forma del proceso del aprendizaje: secuencial – global.

Respecto de los protocolos pedagógicos se toma la base de la Teoría Uno se ajusta de distintas formas de enseñanza según el programa que se aplique en el momento, siendo los modelos fundamentales que se enumeran a continuación:

- *La instrucción didáctica* (o magistral): que consiste en la Presentación clara y correcta de la información que se centra en la explicación, donde se exponen “los qué” y “los por qué”.
- *El entrenamiento* es la práctica reflexiva sobre la teoría, con realimentación informativa.
- *La enseñanza socrática* se basa en un sistema de preguntas y repreguntas, en una forma flexible, pero no libre, donde los estudiantes reciben la guía del tutor en sus investigaciones.

---

<sup>1</sup> Validez significa que la definición se ajusta al concepto y ésta debe referirse justamente a ese concepto y no a algo similar, para asegurar que se está midiendo justamente lo que pretende y no otra cosa.

<sup>2</sup> Confiabilidad se refiere a que si se repite la medición o el registro de información, el resultado será siempre el mismo, independientemente del investigador.

Planteado el problema y su contexto, así como el modo de abordarlo, pareció pertinente proponer la solución que se describe a continuación.

Lo dicho hasta el momento nos llevó a proponer las siguientes hipótesis:

*Dado que es posible relacionar los estilos de aprendizaje a los protocolos pedagógicos se ha planteado dos hipótesis:*

*H1: La composición de estilos de aprendizaje (necesidades y preferencias de los estudiantes) de cada estudiante determina el estilo de enseñanza (o protocolo pedagógico) más adecuado.* Cada estudiante posee componentes de los distintos estilos de aprendizaje: un porcentaje sobre el componente visual, otro sobre el verbal, entre otros, siendo esta composición la que determina un protocolo pedagógico para el cual el estudiante se siente más cómodo.

*H2: Aquellos estudiantes en los que el estilo de enseñanza no coincide con su preferencia, presentan dificultades en la aprobación de la asignatura.* Es decir, que los estudiantes cuya forma de aprendizaje difiera de la forma de enseñanza del docente, carecerán del “*plus*” o beneficio agregado y presentarán mayor dificultad en asimilar los nuevos conocimientos. Esto no quiere decir que no sean capaces de asimilarlos, simplemente que el ambiente de enseñanza y de aprendizaje no ha sido maximizado para ellos y que por lo tanto presentarán más dificultades.

De acuerdo a Perkins (1995) propone en su teoría uno tres formas de enseñar que se resumen en magistral, socrático y entrenamiento. Como se dispone de dos cursos con dos docentes que siguen los estilos magistral (curso A) y socrático (curso B), se les solicitó seguir al pie de la letra los lineamientos de Perkins [1995].

Se busca contrastar, por lo tanto, los resultados experimentales con la Teoría Uno de Perkins (1995) que no es un modelo, ni un método de enseñanza, sino un conjunto de recomendaciones compatibles con cualquier teoría. Ella estipula que “*La gente aprende más cuando tiene una oportunidad razonable y una motivación para hacerlo*”. Si se combinan las condiciones que estipula la Teoría Uno con cada uno de los programas de estudio, se obtienen los métodos apropiados respectivos. En otras palabras, la Teoría Uno se ajusta de distintas maneras según el programa educativo de momento con sus modelos fundamentales: *magistral, socrático y entrenamiento*.

## **Resultados**

Se utilizaron dos tipos de redes neuronales artificiales. La primera es la red de tipo Backpropagation, propuesta por Rumelhart en 1986. Estas redes poseen una topología multicapa, con conexiones hacia adelante, donde la salida representa la correspondencia entre los patrones de entrada y los almacenados en la red. La salida de esta red está determinada por la asociación que existe entre los patrones de entrada y las clases correspondientes de salidas almacenadas en la red. El resultado es un *puntaje* para cada neurona que establece qué tan similar es el patrón presentado a la red con los patrones almacenados. Es decir, las distintas neuronas de salida se activan, generando un *score* que relaciona a los datos de entrada con el patrón almacenado en la red y representado por esa neurona.

Por otra parte, se usaron también las redes autoorganizadas de Kohonen (2001), conocidas como SOM, que poseen una topología con conexiones hacia adelante y recurrentes y, por su algoritmo de entrenamiento, que es no supervisado, la red SOM agrupa elementos en familias o *clusters* que presentan características en común, pero que no son evidentes.

## Grado de avance

Se ha completando la primera etapa del proyecto *Modelado del tutor basado en redes neuronales para un Sistema Tutor Inteligente*, centrada en el modelado de las preferencias y necesidades de los estudiantes, para obtener el método de tutorizado según su estilo de aprendizaje, lo que constituye la tesis de grado citada al pie<sup>3</sup>.

Los resultados de la selección de los protocolos se validaron utilizando muestras longitudinales de estudiantes, a partir durante 2004, 2005 (que son las que se presentan) y 2006. Estos resultados permiten replicar el trabajo durante seis cuatrimestres. De este modo se obtiene un método eficiente para adecuar el sistema al tipo de tutorizado con el que el alumno siente más afinidad.

Esto permite obtener un modelo adaptativo de STI (módulo del tutor) que reacciona ante las necesidades particulares de los alumnos y que da cuenta de las problemáticas surgidas en los alumnos ingresantes al proveerles de una herramienta que si bien no reemplaza al tutor puede para paliarlas ayudando al estudiante.

## 6. Conclusiones

El resultado presentado es un módulo de tutor inteligente que se ajuste a los estilos de los estudiantes que brinde flexibilidad a un sistema de módulos componentes. La red SOM agrupa a los estudiantes de acuerdo a sus preferencias y les ofrece un protocolo pedagógico (estilo de enseñanza) que se ajusta a sus preferencias o estilo de aprendizaje. Los datos obtenidos concuerdan en un 80% con la selección real de los alumnos.

Entre las *líneas de investigación futuras* queda por definir la incidencia del modo de tutorizado de acuerdo a la teoría de las inteligencias múltiples de Gardner [1995] en el módulo del tutor, a fin de obtener un acercamiento a través de la postura de las ocho inteligencias. Esto podría flexibilizar aun más el estilo de tutorizado lográndose un mejor ajuste a las necesidades del estudiante. Por otra parte, paralelamente se están diseñando los módulos del estudiante centrados en la aproximaciones de la psicología cognitiva y de la educación, y el módulo evaluador conteniendo el historial del estudiante.

## Referencias

- Cataldi, Z. (2004) Plan de Tesis Doctoral en Ciencia Informáticas. Facultad de Informática. UNLP: *Metodología de Diseño y Evaluación de Sistemas Tutores Inteligentes*.
- Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction. *IEEE transaction on Man Machine System*. V11 n.4, p 190-202.
- Felder R.M.; Silverman L.K. (1988). Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education. *Engr. Education*, Volumen 78, número 7, p. 674-681.
- Felder, R. M.; Baker Ward, L. (1990). *How engineering students learn, how engineering professor teach, and what goes wrong in the process*. Proceedings of FIE'90: Frontiers in Education, p. 82-84.
- Figueroa, N.; Cataldi Z.; Salgueiro F. A.; Rendón J.; Costa G.; Méndez P.; Lage F. J. (2004). Los estilos de aprendizaje y el desgranamiento universitario en Ingeniería Informática. CACIC 2004. octubre 9-13.

---

<sup>3</sup> El trabajo de tesis completo se puede consultar en la página de la Universidad de Buenos Aires <http://www.fi.uba.ar/materias/7500/Salgueiro-tesisingenierainformatica.pdf>

- Gardner, H. (1985) *Las Inteligencias Múltiples*. Paidós, Barcelona.
- Hernandez Sampieri, C. (2001). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hil. México.
- Kohonen, T. (2001). *Self-Organizing Maps*, third edition. Springer Series in Informarion Sciences. Ed. Springer. Helsinki University of Technology Neural Networks. Espoo, Finlandia. Pitman, London.
- Peña, C. I.; Marzo, J. L.; De la Rosa, J. L.; Fabregat, R. (2002). *Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje*. Actas del IV Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, IE2002, Vigo (España), Noviembre 20-22.
- Perkins, D. (1995) *Smart schools*. The Free Press. A division of Simon & Schuster, Inc.
- Rumelhart, D. E.; Hinton, G. E.; Williams, R. J. (1986). *Learning internal representations by back-propagating errors in Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*. Eds. Cambridge, MA: MIT Press, vol. 1, p. 318-362.
- VanLehn, K (1988). *Student Modelling*. M. Polson. Foundations of Intelligent Tutoring systems. Hillsdale. N.J. Lawrence Erlbaum Associates, 55-78

Dra. Zulma Cataldi es investigadora y profesora de Departamento de Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Directora del Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. [liema@fi.uba.ar](mailto:liema@fi.uba.ar).

Ing. Fernando A. Salgueiro es docente e investigador del Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. [liema@fi.uba.ar](mailto:liema@fi.uba.ar).

---

<sup>i</sup> Se utiliza el término protocolo de enseñanza en referencia al método de enseñanza ó método docente

<sup>ii</sup> Se debe señalar que para una población de 800 estudiantes, trabajando con fórmula que presenta Hernández Sampieri (2001) para el cálculo del tamaño muestral se tiene que:  $V$  es el error estándar,  $V^2$  es el error estándar al cuadrado,  $\sigma^2$  es la desviación estándar,  $S^2$  es la varianza de la muestra  $n$  la cual podrá determinarse en términos de la probabilidad  $p$  donde:  $V=0.03$  y  $V^2=(0.03)^2=0.0009$ , por lo que el tamaño de la muestra sin ajustar a la población es:  $n=(S^2/V^2)=0.09/0.0009=100$ , corrigiendo en función de la población  $N$  se tendrá el tamaño ajustado de la muestra:  $n=(n'/(1+n'/N))=100/(1+100/800)=89$  estudiantes. El error de generalización está por debajo de 0.03.