

## EDUCACIÓN MATEMÁTICA A DISTANCIA ONLINE Y EL USO DE LOS SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

Ismael Morales Garay – Maynor Jiménez Castro  
[ismorales@gmail.com](mailto:ismorales@gmail.com) – [maynorj@gmail.com](mailto:maynorj@gmail.com)

Universidad Estatal a Distancia (Costa Rica) – Universidad de Costa Rica (Costa Rica)

Tema: V.5 - TIC y Matemática

Modalidad: CB

Nivel educativo: Medio (11 a 17 años)

Palabras clave: Sistemas Tutores Inteligentes, Educación Matemática online, Tecnología Educativa, Inteligencia Artificial.

### Resumen

*En este artículo se describen algunas experiencias desarrolladas en la educación matemática a distancia online, apoyadas con técnicas de inteligencia artificial a través del uso de sistemas tutores inteligentes. En particular se describe la incorporación de estas herramientas en el campo de la educación matemática y sus impactos en el aprendizaje de la matemática en los niveles medios. De esta manera, se menciona una experiencia desarrollada en Costa Rica a través de un Tutor Cognitivo y se muestran herramientas que podrían utilizar los profesores de matemática y que existen de forma gratuita proporcionados por el Worcester Polytechnic Institute y el Pittsburgh Science of Learning Center (PSLC), para desarrollar Tutores Inteligentes de manera rápida y ágil y que no requieren de conocimientos previos de programación. Por último, se hace una reflexión sobre el potencial que puede tener este tipo de herramientas en el mejoramiento del aprendizaje de la matemática en poblaciones como la educación media y la misma preparación de docentes en la escuela primaria.*

### ***Incorporación de las Tecnologías Digitales en la Educación Costarricense***

Tradicionalmente las tecnologías digitales se han introducido en la educación primaria y secundaria con la intención de mejorar los procesos educativos de enseñanza y aprendizaje, sin embargo, la forma en la que se ha realizado ha variado de acuerdo con las políticas educativas del país donde se implemente. En Costa Rica por ejemplo, la introducción de las tecnologías digitales se ha efectuado teniendo como objetivo, “apoyar el aprendizaje curricular y desarrollar las capacidades intelectuales de los estudiantes, al involucrarlos, junto con los educadores, en el aprendizaje por proyectos y en la construcción de productos digitales” (FOD, 2008, p. 5). Sin embargo, esta actividad se ha realizado bajo la modalidad de visitas al laboratorio de informática educativa, el cual es administrado por un Tutor que guía a los grupos en el desarrollo de proyectos por espacio de 80 minutos (2 lecciones), los cuales regularmente no tienen el apoyo del profesor de la materia. De esta manera los estudiantes asisten al laboratorio de informática y realizan pequeñas investigaciones sobre un tema que es dirigido por el

Tutor del laboratorio y aunque en la política de uso de las tecnologías digitales, el profesor de materia debe acompañar en este proceso, en la realidad no se hace. Adicionalmente y bajo otras directrices, se han implementado programas en donde se han dotado a las instituciones educativas con equipos móviles, los cuales pueden ser trasladados a la clase y en donde los profesores de las materias básicas utilizan las tecnologías para apoyar su labor docente. En Costa Rica, lo que está más difundido es el centro o laboratorio de informática, bajo las condiciones de uso anteriormente expuestas.

Según el Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (PROSIC) en su informe del año 2007, el modelo de uso ideal de la tecnología en el sistema educativo consiste en la utilización de la, —tecnología en el aula y laboratorios de cómputo para el trabajo extraclase de docentes y estudiantes (PROSIC, 2008, p. 226 ), así, materias fundamentales como la matemática, podrán contar con el apoyo de tecnologías digitales en el aula, permitiendo al estudiante comprender mejor los conceptos, aprender a su propio ritmo, desarrollar su creatividad e iniciativa y tener otro tipo de experiencia de aprendizaje más cerca al juego. Vale la pena indicar, que mientras el ambiente de trabajo con tecnología se desarrolló en el laboratorio de cómputo, las sesiones de aprendizaje se enfocaron más en el desarrollo de proyectos y no en el aprendizaje de una materia particular. En la actualidad, el uso del laboratorio de cómputo se sigue dando bajo las mismas premisas con que fueron establecidas en la Fundación Omar Dengo, y sólo algunos centros educativos de secundaria que han sido apoyados con tecnología directamente con el Ministerio de Educación u otras Organizaciones han implementado la tecnología en el aula.

De igual manera, el uso de las tecnologías en la educación secundaria, sigue siendo un reto para las autoridades educativas y las organizaciones que apoyan esta idea, pues en su mayoría los esfuerzos siguen siendo dispersos y sin articulación alguna. (Estado de la Educación 3, 2011, p 139-140).

En este sentido las nuevas tendencias del uso de las tecnologías apuntan a la incorporación de internet y sus herramientas digitales disponibles para grupos o poblaciones muy particulares; tal es el caso de la Educación a Distancia OnLine, la cual se entiende como lo describe (De Carvalho Borba, Dos Santos Malheiros, & Barcelos Amaral, 2011), como la modalidad de la educación que acontece principalmente mediada por interacciones vía internet y tecnologías asociadas, lo que introduce un ambiente de aprendizaje que puede ser muy beneficioso para los docentes de

matemática, quienes son limitados a participar de procesos de educación continua presenciales por tener a cargo un grupo de estudiantes en su respectiva institución.

Esta modalidad de aprendizaje se ha integrado con herramientas digitales que incorporan técnicas de inteligencia artificial y han demostrado mucha efectividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación media. En Costa Rica se han realizado pruebas exitosas con respecto al uso de estas tecnologías, lográndose resultados sobresalientes en relación con otros países. (Jiménez Castro, Salas Cárdenas, Ogan, & Baker, 2011). A finales del año 2011, se utilizó un Tutor Cognitivo (TC) para determinar el grado de efectividad del TC en el aprendizaje de la unidad didáctica del tema estadístico de Creación e Interpretación de Diagramas de Dispersión y Gráficos de Barras, y el comportamiento de los estudiantes ante este tipo de tecnología. Los resultados lograron demostrar un incremento de aprendizaje del 47% en la mayoría de los casos con respecto a la aplicación de los pre-test y post-test.

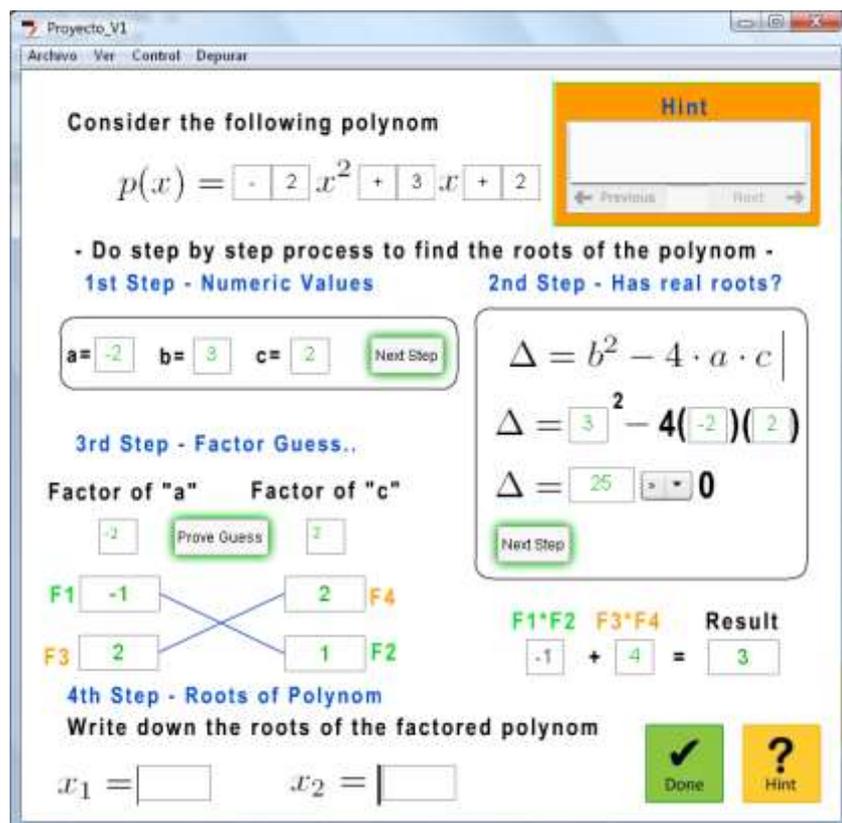
La efectividad de los sistemas tutores inteligentes y en particular del TC, no solo en Costa Rica, sino en otros países, nos ha impulsado a investigar alternativas viables para el desarrollo de este tipo de aplicación, realizándose contactos muy importantes con la Universidad de Carnegie Mellon y la Universidad de Pittsburgh en los Estados Unidos, quienes cuentan con grupos de investigación dedicados al desarrollo de estas herramientas, tanto en versiones privativas como en alternativas de uso libre. En el siguiente apartado se muestra una de estas herramientas que se encuentra disponible para toda la comunidad de investigadores y desarrolladores de aplicaciones educativas.

***Desarrollo de prototipos de tutores inteligentes mediante Cognitive Tutor Authoring Tools (CTAT).***

Una de la desventajas más marcadas en el desarrollo de aplicaciones basadas en la inteligencia artificial, ya sean para uso educativo o no, es el largo tiempo que se requiere para su implementación; un estimado de desarrollo de este tipo de herramientas, en el campo educativo, es de 200 a 300 horas de trabajo por una de instrucción. (Anderson (1993), Murray, Blessing y Ainsworth (2003) y Woolf, Cunningham (1987)). Desde esta realidad, el uso de este tipo de software suele ser uso poco común en las escuelas, sobre todo en países latinoamericanos. Sin embargo, una herramienta que hemos investigado es el *Cognitive Tutor Authoring Tools (CTAT)*, el cual permite que tanto expertos programadores como novicios puedan implementar un sistema tutor inteligente de manera ágil y rápida. Este sistema ha sido probado en los

Estados Unidos de América con excelentes resultados, puesto que ha bajado los tiempos de desarrollo significativamente. Los llamados “Example-Tracing Tutors” (ETT) y los “Cognitive Tutors” son dos tipos de tutores inteligentes soportados por el CTAT (Alevan, McLaren, Sewall y Koedinger ,2006). En particular para esta investigación ha sido de relevante importancia los Example-Tracing Tutors (Tutores que se crean por demostración) por su facilidad de implementación para aquellos que no son programadores expertos. Desde los ETT, los tutores se crean automáticamente bajo un paradigma de demostración guiada. (Koedinger, Alevan, Heffernan, McLaren y Hockenberry, 2004).

Esto significa que el autor del tutor demuestra al CTAT como se esperaría que el estudiante resuelva cierto problema y así crea el modelo junto con los errores posibles que puede cometer. Es importante destacar, que una vez que el profesor maneje el CTAT, podría “programar” un tutor en muy poco tiempo.



*Figura 1 – Tutor de Álgebra*

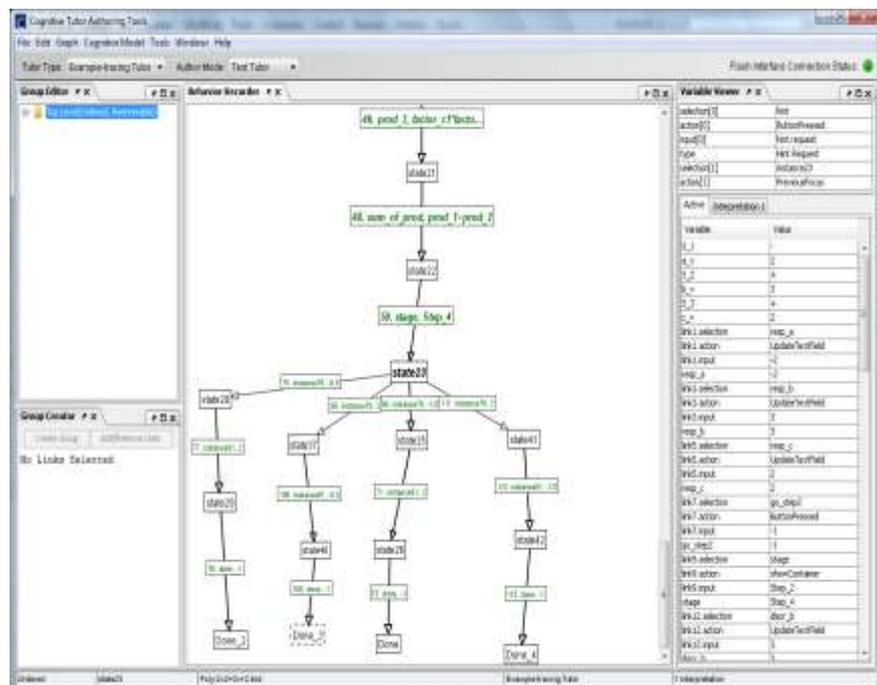
En la Figura 1, se presenta una imagen de un tutor creado para encontrar las raíces de un polinomio de grado dos, el cual requirió una capacitación previa de solo 3 días, mediante el cual se utilizó para ello una interface de Macromedia Flash, y la aplicación del CTAT, que se puede descargar gratuitamente del sitio <http://ctat.pact.cs.cmu.edu> . Desde esta y otras experiencias se pueden nombrar algunas de las ventajas más importantes de este tipo de tutores creados con el CTAT:

1. Creación de plantillas de ejercicios donde se puede manejar una producción de problemas en masa.
2. Los estudiantes que utilicen el tutor tendrán una retroalimentación inmediata cuando se cometen errores.
3. Fácil implementación del tutor que requiere de conocimientos básicos en el uso de herramientas de “arrastre y suelte”.
4. Publicación sencilla en la web mediante el Data-Shop el cual también sirve como creador de reportes para el profesor, en donde se puede ver el avance de los estudiantes. El Tutor-Shop que es un componente para secuenciar distintos problemas elaborados en el tutor en un ambiente web y que soporta el uso experimental de tutores elaborados en CTAT.

Como se indicó anteriormente dentro de la modalidad de ETT, el profesor solamente debe crear la interface en Flash o Java y luego interconectarla con el CTAT para crear un modelo lógico de “razonamiento” del tutor. Todo el proceso de creación de este

modelo es automático, y se requiere solamente un entrenamiento básico para entender la metodología de funcionamiento.

Parte del modelo creado por el CTAT para la interface de la Figura 1, se presenta en la Figura 2.



**Figura 2 – Modelo lógico del Tutor**

Básicamente se puede decir que este *modelo lógico* recrea los caminos posibles que podría seguir el estudiante para la resolución del problema planteado. Dentro de este proceso se evidencia que el profesor debe utilizar su pericia y didáctica para recrear los posibles escenarios que podrían presentarse en la resolución del problema. El autor una vez que elabore el modelo lógico o “Behavior Graph” podrá incrustar ayudas o pistas al estudiante, mensajes de retroalimentación y etiquetas de destreza. (Aleven, Sewall, McLaren, Koedinger ,2006.).

Los Cognitive Tutors (Tutores Cognitivos o CT) son menos fáciles de construir, sin embargo presentan un grado de generalidad y flexibilidad más amplio que los ETT. Los CT se basan en la teoría ACT-R de cognición y aprendizaje, Anderson, (1993). Básicamente estos interpretan el comportamiento del estudiante al resolver el problema planteado utilizando un modelo cognitivo que captura, en términos de reglas de producción, las destrezas que se esperan que el estudiante aprenda. (Koedinger, Anderson, Hadley y Mark, 1997). El tutor aplica un algoritmo llamado “model tracing” (modelo de seguimiento) para monitorear al estudiante y su comportamiento, comparando las acciones del estudiante contra lo establecido en el modelo. Este tipo de tutores sí requieren de más tiempo para su desarrollo, además de conocimiento en lenguajes de programación para Inteligencia Artificial. Un lenguaje popular que se utiliza para estos desarrollos es el JESS, que es un variante del JAVA. Lo más sobresaliente del modelo es que puede ser desarrollado para trabajar en una amplia gama de problemas y tiene flexibilidad, puesto que permite reconocer distintas estrategias de solución del estudiante y tratar con dependencias sutiles entre los pasos de solución del problema planteado. (Aleven, McLaren, Sewall y Koedinger, 2006).

En VanLehn (2006) se indican algunas categorías que se deben cubrir en un ambiente de aprendizaje con sistemas tutores inteligentes, dentro de las cuales vamos a señalar algunas que se enmarcan o son evaluadas en el CTAT:

<i>CATEGORÍA</i>	<i>CTAT</i>
<i>Dentro del proceso de resolución del problema (inner-loop)</i>	
Retroalimentación mínima en cada paso – clasificando como correcto o incorrecto o sub óptimo.	SI
Retroalimentación inmediata	SI
Retroalimentación retrasada – no aquella incluida pero que pueda ser programada	Medianamente
Retroalimentación en Demanda	NO
Retroalimentación de un error específico	SI
Pistas en cada paso	SI
Evaluación del conocimiento	SI
Revisión del problema al final de la resolución del problema	NO
<i>En la selección de problemas (outer loop)</i>	
Escogencia del Estudiante	NO
Secuencia fija	SI

Dominio del aprendizaje	NO
Macroadaptación	En el futuro

***Cuadro 1 – Categorías de VanLehn***

Los ETT proveen al estudiantes de varias ayudas o tipos de guía que se evalúan en el “inner loop”, el cual denota la ayuda que da el tutor en sí en la resolución propia de un problema, se incluye una guía del -paso a paso- hasta la finalización del ejercicio. En el “outer loop” se evalúa propiamente la selección de problemas apropiados para cada estudiante, dependiendo de su perfil. En resumen y de acuerdo con lo establecido en el Cuadro 1, el CTAT y los ETT se ajustan prácticamente a una mayoría de las condiciones que tienen que darse en los tutores inteligentes. Nuestro grupo ha seguido en contacto con los creadores de este software en la Universidad de Carnegie Mellon en Pittsburgh, Pennsylvania y para este año se propondrá un proyecto para utilizar este tipo de tutores y capacitar a profesores de matemática en el uso del mismo.

### ***Conclusiones***

El desarrollo de aplicaciones educativas en un área de conocimiento particular, es posible realizarlo con poco conocimiento experto en áreas como la informática y la computación.

Existen alternativas digitales para el apoyo en la labor docente que permiten atender de una mejor manera las necesidades individuales de los estudiantes. Los sistemas tutores inteligentes, no solo brindan atención individualizada, sino que también registran toda la interacción del estudiante en repositorios de datos, que son analizados y proporcionados al docente para la toma de decisiones.

Hoy en día muchos de los estudiantes en Costa Rica, cuentan con acceso a internet, lo que constituye un elemento importante para utilizar en favor de los procesos de aprendizaje de los jóvenes.

Por último, los avances tecnológicos siguen sucediendo y cada día más centros de investigación se suman en el estudio para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, lo que genera un reto para el docente y la Institución Educativa, que asuma con responsabilidad prepararse para atender con éxito a las poblaciones estudiantiles.

### **Referencias bibliográficas**

- Aleven, V., McLaren, B., Sewall, J., & Koedinger, K. (2006). *The Cognitive Tutor Authoring Tools (CTAT): Preliminary evaluation of efficiency gains*. In Proceedings ITS 2006.
- Aleven, V., Sewall, B., M. McLaren, B., Koedinger, K (2006). *Rapid Authoring of Intelligent Tutors for Real-World and Experimental Use*. Human-Computer Interaction Institute. Paper 149.
- De Carvalho Borba, M., Dos Santos Malheiros, A. P., & Barcelos Amaral, R. (2011). *Educacao a Distancia online*. Belo Horizonte: Autentica Editora.
- FOD (2008). Estándares de Desempeño de Estudiantes en el Aprendizaje con Tecnologías Digitales. Fundación Omar Dengo. Consultado el 29 de mayo del 2013 en [http://www.fod.ac.cr/estandares/contenidos/estad\\_desempeno.html](http://www.fod.ac.cr/estandares/contenidos/estad_desempeno.html).
- Jiménez Castro, M., Salas Cárdenas, E., Ogan, A., & Baker, B. S. (2011). Tutor Cognitivo y el incremento de aprendizaje en matemática. *XIII Conferencia de Interamericana de Educación Matemática*. Recife.
- Koedinger, K.R. y Corbett, A.T. (2006). *Cognitive tutors: Technology bringing learning sciences to the classroom*. In: The Cambridge handbook of the learning sciences, R.K. Sawyer, Editor. Cambridge University Press: New York, NY, 61-77.
- Koedinger, K. R., Aleven, V., Heffernan, N., McLaren, B., & Hockenberry, M. (2004). *Opening the door to non-programmers: authoring intelligent tutor behavior by demonstration*. In Proceedings of Seventh International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2004 (pp. 162-174). Berlin: Springer Verlag.
- Koedinger, K. R., Anderson, J. R., Hadley, W. H., & Mark, M. A. (1997). *Intelligent tutoring goes to school in the big city*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 8, 30-43
- Murray, T., Blessing, S., & Ainsworth S.E. (Eds.) (2003). *Tools for Advanced Technology Learning Environments*. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers.
- Programa Estado de la Nación. (2011). Tercer Informe del Estado de la Educación, San José, Costa Rica: Consejo Nacional de Rectores.
- Ritter, S y Jhon R, Anderson (2007). *Cognitive Tutor: Applied research in mathematics education*. Psychonomic Bulletin & Review, 14(2), 249-255.
- VanLehn, K (2006). *The behavior of tutoring systems*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 16(3), 227-265.
- Walker, E.,Ogan A., Baker, R., Carvalho, A.,Laurentino,T.,Rebolledo, G., y Jiménez, M. (2011). *Observations of Collaboration in Cognitive Tutor Use in Latin America*. *Artificial Intelligence in Education*. Lecture Notes in Computer Science 6738, pp
- Woolf, B. P., & Cunningham, P. (1987). *Building a community memory for intelligent tutoring systems*. AAAI 1987 (pp. 82-89).