

Un tutor inteligente y afectivo dentro de una red social para aprendizaje de matemáticas

María L. Barrón-Estrada, Ramón Zatarain-Cabada, J.M. de Jesús López Arizmendi, José Luis Olivares Camacho y Karen Yadira González Trapero

Instituto Tecnológico de Culiacán, Juan de Dios Bátiz s/n, Col. Guadalupe,
Culiacán Sinaloa, 80220, México
{rzatarain, lbarron}@itculiacan.edu.mx, {manuel.inmortal,joselukeolivares}@gmail.com

Resumen. En este artículo, presentamos un tutor inteligente y afectivo dentro de una red social para el Aprendizaje de Matemáticas. El tutor inteligente toma en cuenta aspectos cognitivos como afectivos y usa lógica difusa para calcular los ejercicios que le son presentados al estudiante. Por otra parte dentro del trabajo de investigación, se están usando redes neuronales de Kohonen para reconocer emociones por medio de caras y voz. La red social y el sistema tutorial inteligente están integrados en una aplicación web. Los resultados preliminares nos muestran los beneficios de usar un sistema tutorial junto con una red social.

Palabras clave: Sistema tutorial inteligente, computación afectiva, red social, afecto del estudiante.

1. Introducción

El trabajo de un tutor humano es enseñar y capacitar a un estudiante a través de una instrucción individualizada. Esta individualización que el tutor humano realiza con el estudiante es hecha a través de diferentes maneras para adaptar sus materiales educacionales hacia las necesidades de los estudiantes. El objetivo de un Sistema Tutorial Inteligente (STI) no es diferente: ofrecer servicios de enseñanza que apoyen un aprendizaje personalizado. Desde sus orígenes en 1970, la primera generación de sistemas tutoriales inteligentes estaba enfocada a trabajar más con aspectos cognitivos del estudiante [1, 2, 3, 4,5].

Sin embargo, si queremos sistemas computacionales (incluyendo un STI) que sean inteligentes e interactúen con nosotros, debemos otorgarles la habilidad de reconocer emociones [6] y reaccionar a ellas.

La computación afectiva es uno de las áreas más prometedoras en los diferentes campos del aprendizaje y hoy en día es uno de los tópicos de más interés en las más importantes conferencias sobre tecnologías del aprendizaje como “Intelligent Tutoring Systems Conference (ITS)”, “Artificial Intelligence in Education (AIED), y “International Conference in Advanced Learning Technologies (ICALT)”. Este tema atrae investigadores de diversos campos incluyendo ciencias computacionales, inteligencia artificial, psicología y educación; en años mas recientes hemos visto un

número creciente de sistemas tutoriales inteligentes afectivos desarrollados para diferentes campos del aprendizaje [7, 8 ,9].

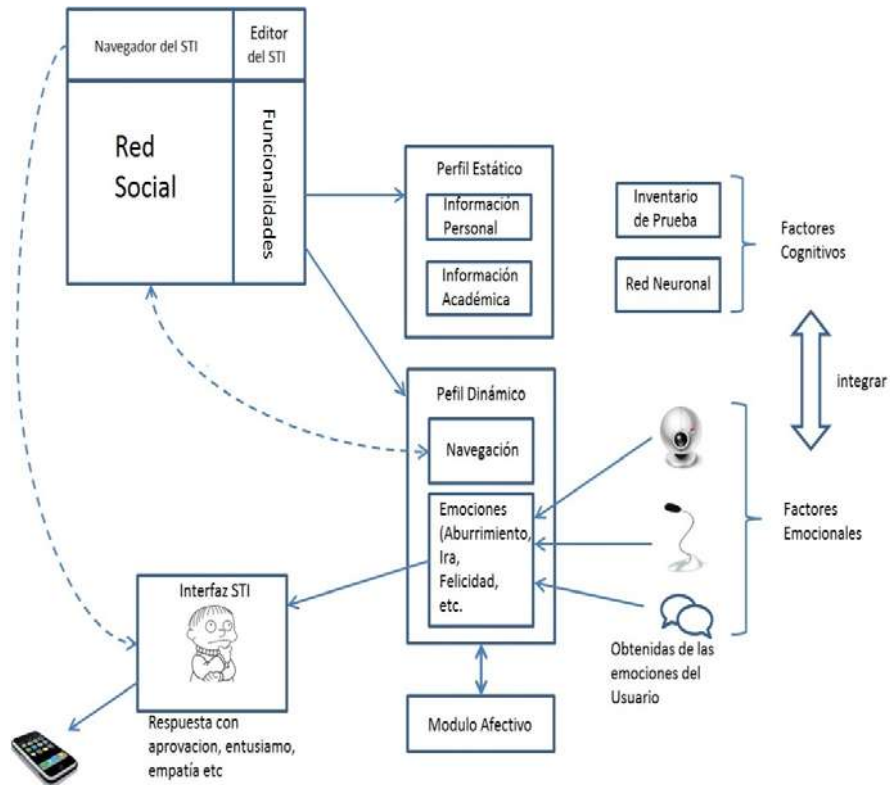


Fig. 1. Red Social para Sistemas de Tutores Inteligentes y Afectivos.

La investigación en computación afectiva incluye detectar y responder a emociones. Los sistemas de detección de emociones observan y estudian el rostro, el habla, la conversación y otros rasgos humanos para detectar frustración, interés, aburrimiento, etc. usando dispositivos con sensores como cámaras web o de lentes azules [10,11], micrófonos [12] y métodos como diálogos conversacionales [13]. Por otro lado, los sistemas de reconocimiento de emociones buscan la mejor manera para manejar las emociones negativas del estudiante. Existen trabajos de investigación excelentes relacionados con este problema [7, 9, 14].

En este artículo presentamos un sistema tutorial inteligente incorporado en una red social de aprendizaje el cual pretende ser utilizado para mejorar los resultados en la prueba ENLACE (Evaluación Nacional del Logro Académico en Escuelas de México). La prueba ENLACE es una evaluación estándar del sistema de educación nacional, aplicado a los estudiantes de primaria y secundaria. Esta prueba mide el nivel de aprendizaje en matemáticas, español y una tercera materia que cambia cada año. Los resultados de ENLACE aplicada a inicios del 2011 a 14 millones de niños de

primaria a secundaria, revelan que más de nueve millones de estudiantes tienen un insuficiente nivel en aprendizaje en matemáticas (<http://www.enlace.sep.gob.mx/>).

La organización del artículo es la siguiente: en la sección 2, describimos la Arquitectura del Sistema de Software de nuestra red de aprendizaje. En la sección 3 presentamos la estructura del sistema tutorial afectivo. Los resultados y pruebas de la aplicación en estudiantes son mostrados en la sección 4 y las conclusiones y trabajos futuros son discutidos en sección 5.

2. Arquitectura de la red social y el ITS

Nuestra red social de aprendizaje tiene la funcionalidad básica de toda red social, pero su principal característica es que incluye un STI que ofrece el contenido de un curso en un estilo personalizado para los estudiantes, como se muestra en la Figura 1.

Cada usuario de la red tiene asociado información personal, académica y afectiva en un perfil, el cual es obtenido y almacenado en forma estática y dinámica. El perfil estático contiene la información inicial del usuario (ej. Información personal y académica). El perfil dinámico se actualizará de acuerdo a la interacción del usuario dentro de la red y del STI, tomando en cuenta esta interacción aspectos cognitivos y emocionales. De acuerdo a [6], las emociones están cercanamente relacionadas al aprendizaje del estudiante, lo cual representa el factor clave hacia los resultados del estudiante. Los factores cognitivos son obtenidos de acuerdo al historial que obtenemos de resultados de los exámenes del usuario y el estilo de aprendizaje procesado por la red neuronal. Los factores emocionales son obtenidos por sensores que están monitoreando las emociones del usuario.

3. Sistema tutorial inteligente y afectivo

El sistema tutorial inteligente (STI) para la red social adopta el modelo tradicional conocido como arquitectura de cuatro-componentes donde una interfaz de usuario tiene acceso a los tres principales módulos: dominio, estudiante y módulo tutor. La figura 2 muestra la arquitectura completa del STI.

Modulo Dominio: La adquisición del conocimiento y la representación para el modulo del dominio o experto, es un problema mayor el cual manejamos a través de diferentes conceptos relacionados a la Teoría de Espacios del Conocimiento [15]. Esta teoría provee una base sólida para estructurar y representar el dominio del conocimiento para una enseñanza personalizada e inteligente. Se aplican conceptos de teoría combinatoria que usamos para modelar tutores particulares o personalizados de acuerdo a diferentes estilos cognitivos.

El conocimiento de un curso en el STI es estructurado en forma de un árbol el cual contiene capítulos, los cuales están compuestos por temas. La totalidad de todos los nodos en el árbol representa el conocimiento del modulo experto. El modulo del dominio es implementado por medio de documentos XML (JSON específicamente) cuya estructura es mostrada a continuación:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<domain>
<name> Domain Name </name>
```

```

<chapters>
  <chapter id="1">Chapter1 </chapter>
  <urlDomain>Domain/Chapter1.xml</urlDomain>
  <urlTest>Domain/Test_Chapter1.xml</urlTest>

<chapter id="2">Chapter2 </chapter>
  <urlDomain>Domain/Chapter2.xml</urlDomain>
  <urlTest>Domain/Test_Chapter2.xml</urlTest>

  <chapter id="3">Chapter3 </chapter>
  <urlDomain>Domain/Chapter3.xml</urlDomain>
  <urlTest>Domain/Test_Chapter3.xml</urlTest>

</chapters>
</domain>

```

Cada capítulo puede tener un archivo XML el cual contiene información específica de cada capítulo y una prueba diagnóstica para el módulo del estudiante.

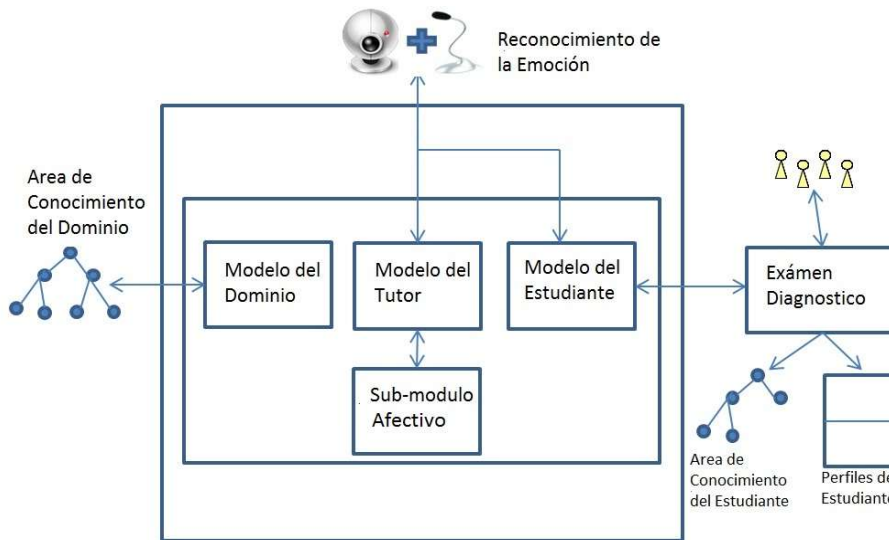


Fig. 2. Arquitectura del STI Afectivo.

Modulo del Estudiante. Este modulo es responsable de evaluar el desempeño del estudiante para determinar habilidades cognitivas y de razonamiento. Provee la información sobre las competencias y capacidades de aprendizaje del estudiante. El STI se da cuenta del conocimiento del estudiante a través de un examen diagnóstico. Los resultados del examen muestran lo que el estudiante conoce y lo que necesita conocer. El modulo de estudiante del STI puede ser visto como un sub-árbol de todo el conocimiento que el experto posee en el dominio, como se muestra en la parte derecha de la figura 2. La representación esta basada en un modelo llamado "Overlay", donde el conocimiento del estudiante es un subconjunto del conocimiento del modulo del dominio. Cuando el estudiante usa el tutor inteligente expande este

subconjunto [16]. Para cada estudiante hay un perfil estático, el cual almacena información particular, académica y un perfil dinámico, el cual almacena información obtenida de la navegación en el tutor y del reconocimiento de emociones.

Cuando un estudiante accede por primera vez al STI, él ha tenido que responder al examen diagnóstico, el cual facilita la construcción del área de conocimiento del estudiante. Dentro de la evaluación diagnóstica cada pregunta tiene un nivel de dificultad y dependiendo del nivel de dificultad, se dan diferentes pesos a las respuestas. Las preguntas difíciles equivalen a 3 puntos, preguntas intermedias valen 2 puntos y las fáciles un punto.

Para determinar la calificación del estudiante aplicamos la siguiente fórmula:

Calificación del Estudiante = Total de Puntos ganados / Suma de los puntos de todas las preguntas

Después de los resultados del examen, un pequeño algoritmo determina el nivel de aprendizaje del estudiante el y el método de enseñanza. A continuación, presentamos el algoritmo para asignar el nivel y método para el aprendizaje del estudiante. El método es elegido de acuerdo con el programa oficial de las Escuelas Públicas de México.

```
Si (Calificación < 4) Entonces
    Nivel = fácil;    Método = Lattice
SiNo
Si (Calificación < 5) Entonces
    Nivel = fácil;    Método = tradicional
SiNo
Si (Calificación < 9) Entonces
    Nivel = Normal;   Método = tradicional
SiNo
    Nivel = Difícil;   Método = tradicional
```

Para la representación del conocimiento del estudiante usamos dos categorías:

- **Temas.** Cada vez que el estudiante toma un tema, lo almacenamos en el historial de temas.
- **Experiencia del Estudiante.** Almacena el historial de las calificaciones por materia.

Ambos están basados en el modelo “Overlay” el cual nos permite conocer el subconjunto de conocimiento que el estudiante posee.

Modulo Tutor. El modulo tutor del STI está basado principalmente en la Teoría de Cognición de ACT-R [3]. Estos tipos de sistemas tutoriales son llamados Tutores de Modelo-Seguimiento o tutores cognitivos. En nuestro caso implementamos las reglas de producción (memoria procedural) y hechos (memoria declarativa) por medio de conjuntos de reglas XML (JSON). Además, desarrollamos un nuevo algoritmo de seguimiento del conocimiento, el cual está basado en lógica difusa, donde para seguir los estados cognitivos del estudiante, se aplica un conjunto de reglas difusas para probar la validez de los hechos. El beneficio de usar lógica difusa es que estas permiten inferencias incluso cuando las condiciones son solo parcialmente

satisfechas. En seguida, presentamos un conjunto de reglas de producción para la operación de división las cuales están escritas en formato JSON:

```

División ([
  {"divisor":9,"dividendo":[1,0,8],"cociente":[0,1,2],"residuo":[1,0],"mul":[9,18]},
  {"divisor": 2,"dividendo":[4,2],"cociente":[2,1], "residuo":[0,0], "mul":[4,2]},
  {"divisor": 11,"dividendo":[1,0,0],"cociente":[0,0,9], "residuo":[1], "mul":[99]},
  {"divisor": 10,"dividendo":[5,0,0],"cociente":[0,5,0], "residuo":[0,0], "mul":[50,0]},
  {"divisor": 5,"dividendo":[7,2,5],"cociente":[1,4,5], "residuo":[2,2,0], "mul":[5,20,25]},
  {"divisor": 20,"dividendo":[1,1,2],"cociente":[0,0,5], "residuo":[019], "mul":[100]},
  {"divisor": 2,"dividendo":[4,0,9],"cociente":[2,0,4], "residuo":[0,0,0], "mul":[4,0,8]},
  {"divisor": 20,"dividendo":[5,0,2,0],"cociente":[0,2,5,1], "residuo":[10,2,0], "mul":[40,100,20]},
  {"divisor": 14,"dividendo":[1,3,2],"cociente":[0,0,9], "residuo":[6], "mul":[126]},
]);

```

Tabla 1. Valores difusos para la variable Dificultad

	Dificultad (%)	Valores Normalizados
Muy Fácil	0% - 10%	0 – 0.1
Fácil	0% - 30%	0 – 0.3
Intermedio	20% - 80%	0.2 – 0.8
Difícil	70% - 100%	0.7 – 1.0
Muy Difícil	90% - 100%	0.9 – 1.0

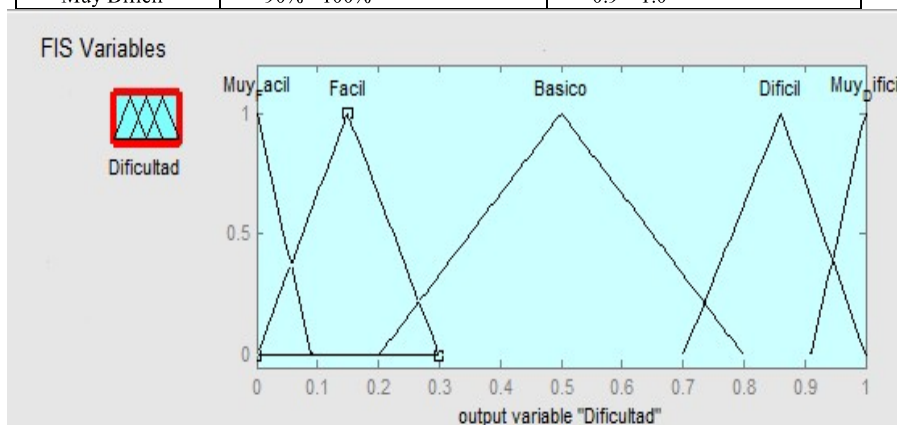


Fig. 3. Conjuntos difusos para la variable “Dificultad”.

Cada tema divide el problema en diferentes categorías de **1** a **n**. El STI lee las reglas y presenta los ejercicios de acuerdo a un nivel de dificultad en el problema. El estudiante no puede moverse al siguiente estado (entrada) a menos que resuelva correctamente todos los ejercicios. Durante esta transición él puede pedir ayuda y en caso de fallar, un mensaje de error es desplegado para ayudar a descubrir cual es la respuesta correcta. Una vez que el estudiante completa el ejercicio, el perfil del estudiante es actualizado con la información en el tipo y dificultad del ejercicio, la cantidad de fallos, ayudas y el tiempo que le tomó resolver el ejercicio. Estas variables (Dificultad, ayuda, errores y tiempo) serán requeridos para determinar el siguiente problema que el estudiante hará. Para esto implementamos un Sistema Difuso Experto que elimina especificaciones arbitrarias de números precisos y crea

decisiones más inteligentes, tomando en cuenta un razonamiento más humano. Los conjuntos difusos son descritos en la tabla 1 y Figura 3 para variable “Dificultad”.

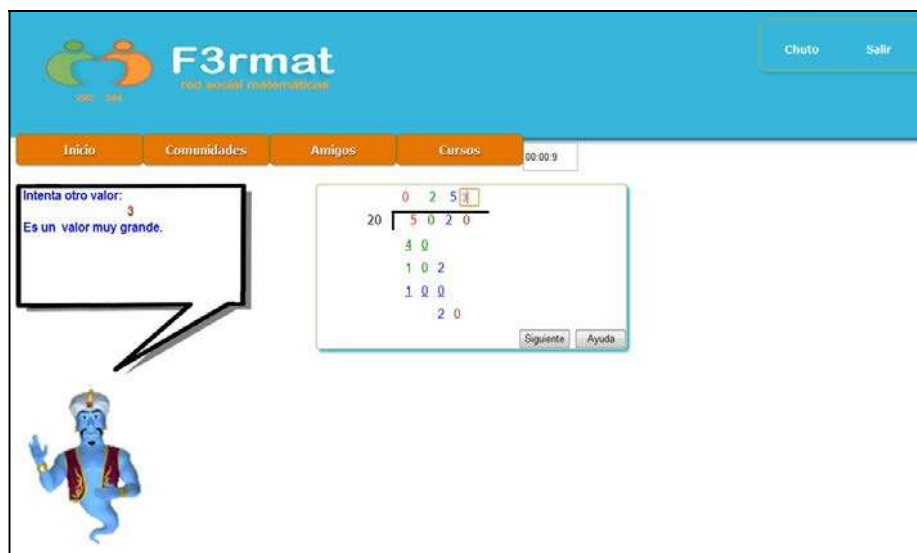


Fig. 4. Respuesta Cognitiva y Afectiva del STI en la Red Social.

A continuación presentamos algunas de las reglas difusas para determinar el grado de dificultad del siguiente ejercicio:

- Si (Error es bajo) & (Asistencia es baja) & (Tiempo es muy rápido) entonces (Dificultad es muy difícil)
- Si (Error es bajo) & (Asistencia es normal) & (Tiempo es lento) entonces (Dificultad es difícil)
- Si (Error es alto) & (Asistencia es alta) & (Tiempo es muy lento) entonces (Dificultad es muy fácil)

Reconocimiento y manejo de Emociones. Las emociones son detectadas por expresiones del rostro y la voz. El método usado para la detección de emociones visuales está basado en la teoría de Ekman [17], la cual reconoce 10 emociones. Nosotros solo buscamos reconocer 7 emociones: ira, disgusto, miedo, felicidad, tristeza, sorpresa y neutral. Para determinar la emoción, primero tomamos la imagen la cual es transformada a una forma más básica. Basado en esta imagen obtenemos los puntos del rasgo que minimizan el conjunto de información de entrada a la red neuronal. Usamos una red neuronal de Kohonen con 20X20 neuronas de entrada y dos de salida representando la emoción. Para cada detección de emociones en la voz, esta es capturada primeramente a través de un micrófono de computadora y luego es normalizada. Entonces aplicamos la técnica para personalizar componentes de análisis (PCA) a la señal representando la voz. Después de usar el método de SFFS [18] obtenemos un conjunto óptimo de características que alimentan la red neuronal. Cada red neuronal usada para reconocer emociones produce una salida. Todas las salidas de

cada red neuronal son integradas utilizando lógica difusa la cual buscamos nos dé un resultado final que es la emoción del usuario que el sistema reconocerá.

Una vez que el estado afectivo del estudiante es determinado, el sub-modulo afectivo tiene que responder congruentemente. Para hacer esto, el tutor necesita un modelo el cual establece parámetros que habilitan un mapeo del estado afectivo y de conocimiento del estudiante para las acciones de enseñanza. Las acciones del tutor inteligente entonces son compuestas por un componente cognitivo y afectivo obtenido de problemas resueltos por el estudiante y sus emociones. El componente afectivo de una acción de enseñanza trata de promover un estado afectivo positivo en el estudiante y el componente cognitivo apunta a transmitir conocimiento. La Figura 4 muestra una interface del ITS dentro de la red social con un agente afectivo representado por el personaje Genio.

4. Resultados y discusiones

La red social junto con el STI fue evaluada por un grupo de niños de tercer grado de Primaria. Hubo 18 niños quienes probaron la herramienta y el sistema tutorial. Antes de la evaluación ofrecimos una pequeña introducción a la herramienta. Evaluamos el tema de la multiplicación y la división. Después de la evaluación aplicamos un examen y un cuestionario al grupo. Con respecto a los resultados, la gráfica en la Figura 5 nos muestra los resultados de 9 niños (escogidos al azar) que usaron el ITS. Podemos ver en los resultados la diferencia de antes y después de usar el ITS para resolver los ejercicios planteados. Las más grandes diferencias son vistas en estudiantes con un bajo nivel inicial para resolver problemas.

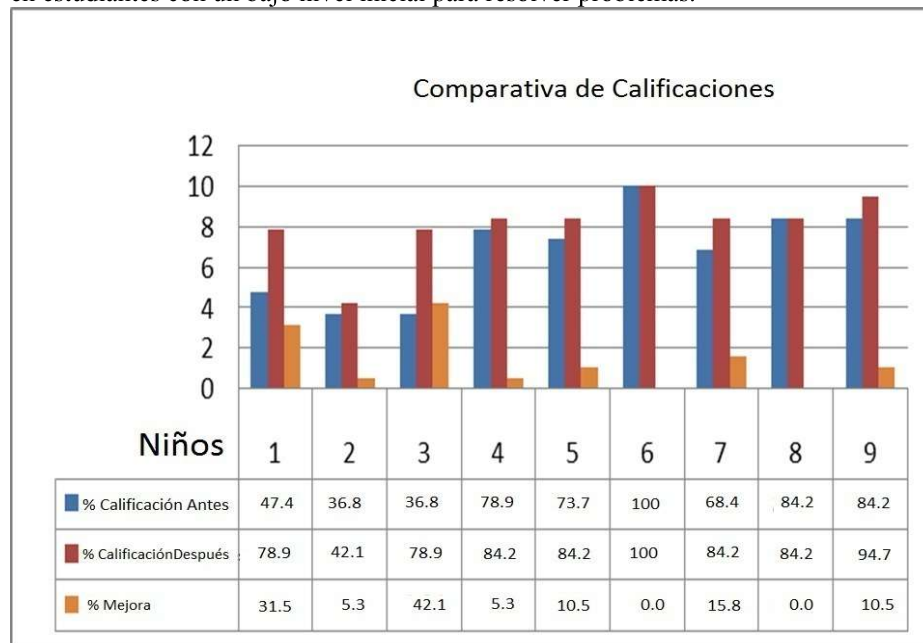


Fig. 5. Resultados de estudiantes usando la Red Social y el ITS.

5. Conclusiones y trabajo futuro

La red social y el ITS fueron implementados usando diferentes herramientas de software y lenguajes de programación. La capa de presentación de la red social fue implementada con CSS3, HTML 5 y JavaScript. Para la capa lógica (tutor inteligente principalmente) usamos Java y JSP. Para la capa de datos usamos XML, JSON y MySQL.

Aun estamos trabajando con el reconocimiento de emociones y estamos agregando más operaciones matemáticas al STI. Sin embargo, los resultados iniciales son motivantes. Estamos implementando nuestros propios reconocedores debido a que necesitamos usarlos en una plataforma Web donde la red social puede ser accedida desde diferentes equipos como laptops y teléfonos inteligentes (smart-phones).

Agradecimiento. El trabajo descrito en este documento fue financiado por DGEST.

Referencias

1. Carbonell, J. R.: AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer-aided-instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine System*. MMS, 11(4), 190-202 (1970)
2. Clancey, W. J.: Transfer of rule-based expertise through a tutorial dialogue. *Computer Science Stanford, CA, Stanford University*. PhD. (1979)
3. Anderson, . R., Boyle, C. F., Corbett, A. T., & Lewis, M. W.: Cognitive modeling and intelligent tutoring. *Artificial Intelligence*, 42, 17-49. Doi: 10.1016/0004-3702(90)90093-F (1990)
4. Aleven, V., Koedinger, K: An effective metacognitive strategy: learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science* 26(2), 147-179 (2002)
5. Woolf, Beverly Park: Building intelligent interactive tutors. Morgan Kaufmann. ISBN978-0-12-373594-2 (2009)
6. Picard, W.R.: *Affective Computing*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts (1997)
7. Arroyo, I., Woolf, B., Cooper, D., Burleson, W., Muldner, K., Christopherson, R.: Emotions sensors go to school. In: Diminitrova, V., Mizoguchi, R., Du Boulay, B., Graesser, A. (eds.) *Proceedings of the 14th international conference on artificial intelligence in education*, pp. 17-24. IOS press, Amsterdam (2009)
8. Conati, C., McLaren, H.: Evaluating a probabilistic model of student affect. In: Lester, J.C., Vicari, R. M., Paraguacu., F. (eds.) *ITS 2004*. LNCS, vol. 3220, pp. 55-66. Springer, Heidelberg (2004)
9. D'Mello, S.K., Picard, R.W., Graesser, A.C.: Towards an affective-sensitive AutoTutor. *Special issue on Intelligent Educational Systems IEEE Intelligent Systems* 22(4), 53-61 (2007)
10. Essa, I. A. and Pentland, A.: Facial expression recognition using a dynamic model and motion energy. In: *IEEE international conference on computer vision*, pp. 360-367, Cambridge, MA, Computer society (1995)
11. Yacoob, Y. and Davis, L.S.: Recognizing human facial expressions from log image sequences using optical flow. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 18(6):636-642 (1996)
12. Tosa, N. and Nakatsu, R.: Life-like communication agent-emotion sensing character 'MIC' and feeling session character 'MUSE'. In: *Proceedings of the international conference on multimedia computing and systems*, pp. 12-19, IEEE (1996)

13. Graesser, A., Lu, S.L., Jackson, G., Mitchell, H., Ventura, M., Olney, A., Louwerse, M.: AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language. *Behavioral research methods, instruments, and computers* 36, 180-193 (2004)
14. Du Boulay, B.: Towards a motivationally intelligence pedagogy: how should an intelligent tutor respond to the unmotivated or the demotivated? *New perspectives on affect and learning technologies, Explorations in the learning sciences, instructional systems and performance technologies* 3, pp. 41-52, Springer science+business media (2011)
15. Doignon, J. -P. and Falzague, J. C. *Knowledge Spaces*. Springer-Verlag (1999)
16. Günel, K.: *Intelligent Tutoring Systems: Conceptual Map Modeling*. Lambert Academic Publishing (2010)
17. Ekman P, Oster,H.: Facial expressions of emotion. *Annual Review of Psychology* 30:527-554 (1979)
18. Pudil P, Novovičová J, Kittler J.: Floating search methods in feature selection. *Pattern Recognition Letters* 15 (11) (1994)
19. Hernández, Y., Sucar, L.E., Arroyo G.: Building an affective model for intelligent tutoring systems with base on teachers' expertise, pp 754-764, Springer-Verlag (2008)
20. Clemen, R.T.: *Making hard decisions*, Duxbury Press, Belmont CA (2000)