

Sistema de apoyo para el aprendizaje de las matemáticas basado en Web

Rubén D. Santiago-Acosta, Francisco Delgado-Cepeda, Lourdes Quezada-Batalla.
Departamento de Física y Matemáticas,
ITESM-CEM, Atizapán, México
ruben.dario@itesm.mx

Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo, construcción e implementación de un sistema de apoyo para el aprendizaje de las matemáticas basado en Web. El sistema se construyó utilizando los paquetes Mathematica, MatJax y LaTeX mediante pequeños programas modulares que permiten elaborar tutoriales, prácticas y tareas. Se utiliza Google-Drive como base de un sistema de evaluación en línea permitiendo que el profesor realice análisis estadísticos sobre los resultados de los estudiantes. Las unidades didácticas construidas contienen apartados dedicados a: teoría y ejemplos, solución de ejercicios y asistentes o widgets, tutorial, prácticas, tareas y evaluación. Se presentan al final conclusiones sobre un primer estudio del impacto en los estudiantes.

Palabras clave: Aprendizaje móvil, tutorial, asistente matemático, widget.

1 Introducción

Los nuevos sistemas educativos pretenden desarrollar y potenciar habilidades intelectuales de alto nivel y competencias profesionales en los estudiantes [1]. Como contraparte, las actuales generaciones de estudiantes se caracterizan por sus habilidades para estudiar y aprender a toda hora, en cualquier lugar y con el uso de una gran variedad de dispositivos electrónicos. La evolución de la tecnología les permite estar conectados e interactuar con todo el mundo y con diferentes niveles de información por medio de dispositivos móviles que están al alcance de casi cualquier ser humano. Diversos estudios señalan que estos dispositivos, los materiales multimedia y las actividades en línea son los medios más utilizados por los estudiantes, además de ser los más explotados y explorados en la educación [2]. Dichos estudios indican que los dispositivos móviles son ya el principal medio de acceso a internet. La mayoría de los jóvenes estudiantes los utilizan para buscar educación alterna que le permita aprender tópicos diversos, transformando el e-learning en un medio de aprendizaje no oficial. Los docentes deben entonces participar en la creación de recursos y aplicaciones significativas que tengan impacto en la calidad del aprendizaje.

En años recientes, se han desarrollado infinidad de materiales didácticos (programas, asistentes educativos, libros electrónicos, tutoriales de apoyo) con el objetivo específico de provocar una mejora en el aprendizaje de la matemática. Las experiencias muestran que dichos materiales didácticos deben diseñarse ex profeso para un fin y poblaciones determinadas [3], ya que en caso contrario se reduce su éxito. El propósito, por ejemplo, de los tutoriales es apoyar al estudiante adaptándose a sus necesidades

e identificando los posibles errores que comete, de forma similar a como ocurre en las interacciones entre profesor y alumno, donde el primero da sugerencias al segundo en función de sus conocimientos actuales, sus fortalezas y sus debilidades, basándose en su experiencia. En el caso de los tutoriales es necesario simular de alguna forma estas interacciones procurando que los alumnos mejoren sus habilidades cognitivas. Un buen sistema de apoyo al aprendizaje es, por lo tanto, *“un sistema de software que interactúa con los estudiantes para que aprendan algún conocimiento”* [4]. Wolf en [5] los define como: *“sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio”*.

Estos elementos (características de los estudiantes, requerimientos de la educación, nuevas tecnologías) requiere la construcción innovadora de modelos de enseñanza que permitan mejorar la calidad del aprendizaje de los estudiantes.

Por otra parte, en el campus Estado de México del Tecnológico de Monterrey se construyeron durante varios años bancos de reactivos (clasificados según la taxonomía de Bloom) para practicar y evaluar diferentes temas de Matemáticas. Estos bancos de reactivos demostraron ser un material útil particularmente para desarrollar competencias básicas en los diferentes cursos de Matemáticas, ya que fueron estructurados para conformar una ruta de adquisición de habilidades y documentación de desempeño en dichos cursos [6]. Sin embargo, los bancos no estaban en línea y requerían del trabajo presencial de alumnos y profesores.

Tenemos ahora la posibilidad de brindar a los estudiantes un recurso móvil de acompañamiento que

explote los sistemas de evaluación automatizada, pero estructurados en forma de tutorial o como un sistema de apoyo de aprendizaje con sugerencias y explicaciones detalladas. Esta ya es una práctica que comienza a constituirse en un enfoque a incluir en los recursos móviles de aprendizaje [7] ya que este tipo de recursos provee a los estudiantes de un medio automatizado para mejorar sus resultados académicos, y brinda a los profesores una descripción de desempeño y evolución de sus estudiantes.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de apoyo basado en web construido en el estándar de html5 que garantiza que puede ser visualizado tanto en computadoras de escritorio, como en computadoras portátiles o en tabletas electrónicas con casi cualquier sistema operativo. El sistema está formado por unidades didácticas de aprendizaje en los temas de Cálculo y Ecuaciones Diferenciales, cada uno de las unidades contiene algunas o todas las secciones: teoría, ejercicios, tutor, práctica, tareas, actividades y evaluación. El sistema fue construido con el uso del paquete Mathematica mediante pequeños programas base. Estos programas generan preguntas, soluciones, sugerencias y respuestas aleatoriamente escritas en formatos HTML5 y PDF. Para la notación matemática se utilizó el lenguaje LaTeX y su interpretación requirió de la incorporación de la utilería MATHJAX. El sistema de evaluación utiliza el ambiente de Google-Drive. También se presentan ejemplos de su implementación en sitios web. Se comentan al final algunas conclusiones y líneas futuras del trabajo.

2 Sistema de apoyo para el aprendizaje de las matemáticas

En el ITESM los planes de estudio en las áreas de matemáticas son sumamente ambiciosos y requieren de mucho entrenamiento de parte de los estudiantes para dominar los conceptos, leyes y algoritmos involucrados, además de que las competencias que la matemática pretende desarrollar requieren de evidencias que puedan ser mostradas en cualquier instante. El desarrollo y construcción del sistema de apoyo al aprendizaje de las matemáticas surge para responder a las necesidades de los estudiantes del ITESM y tiene como objetivo que los estudiantes adquieran las destrezas necesarias para cursos superiores en menor tiempo.

El sistema integrado de apoyo al aprendizaje consta de diferentes unidades didácticas en temas de Cálculo y Ecuaciones Diferenciales que pueden ser visualizados en casi cualquier dispositivo móvil (tableta y teléfono celular) con casi cualquier navegador web. Cada unidad consta de apartados específicos para teoría, ejercicios, tutor, práctica global, tareas y evaluación.

En el apartado de “Teoría” se presentan y discuten los conceptos y se presenta una gran variedad de ejemplos relacionados con el tema. Por ejemplo, el sitio de Ecuaciones Diferenciales contiene un libro electrónico con toda la teoría desarrollada y un buen número de ejemplos, en algunas unidades se han desarrollado pequeñas capsulas de información en forma de videos con explicaciones y ejemplos, ver figura 1.

En la sección de “Ejercicios” se promueve que los alumnos utilicen un asistente educativo para resolver ejercicios, problemas y actividades ya sea en el aula o fuera de ella. El asistente educativo es un conjunto de pequeños programas que muestran la solución de ejercicios típicos de la materia y son escritos en formato CDF o como Widgets de Wolfram-Alpha, ver figura 2.



Figura 1. Unidad didáctica típica con teoría y asistente.

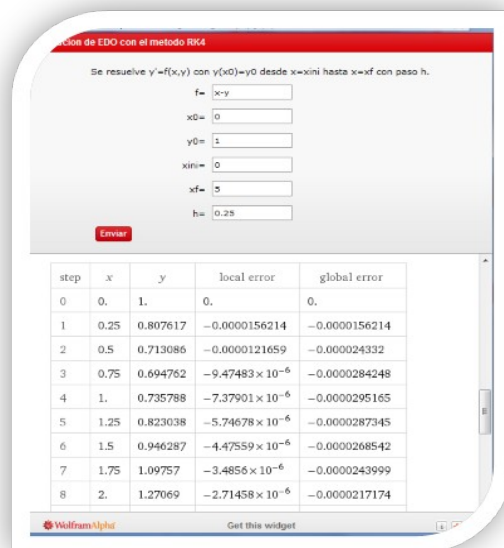


Figura 2. Asistente típico de Wolfram-Research.

En el apartado “El Tutor”, se presentan ejercicios de opción múltiple, agrupados en niveles de dificultad.

Dependiendo de la respuesta se toma la decisión de asignar ejercicios de mayor o menor grado de dificultad y se decide si se muestra o no el procedimiento de solución, ver figura 3.

El apartado “Práctica global” es un subsistema de evaluación con retroalimentación básica. En este apartado se le presentan al usuario de 5 a 10 preguntas. Después de contestar cada una de ellas se le indica al usuario si sus respuestas son o no correctas y, al terminar, se le indica si debe o no continuar con la evaluación de la unidad didáctica.

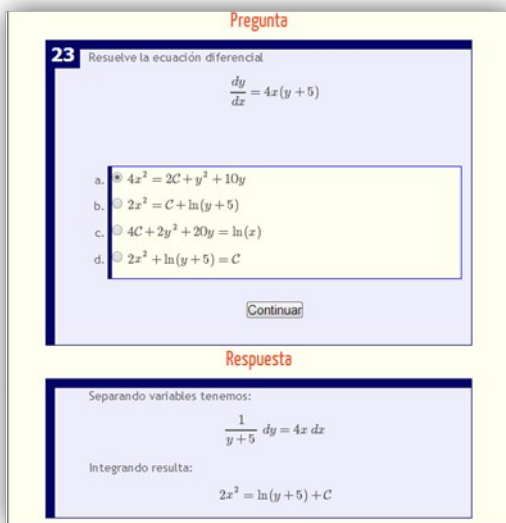


Figura 3. El tutor interactúa con preguntas de opción múltiple y respuestas.

En la sección de “Tareas se generan aleatoriamente un conjunto de ejercicios (con respuestas) que los estudiantes deben entregar al profesor en la fecha convenida entre ellos.

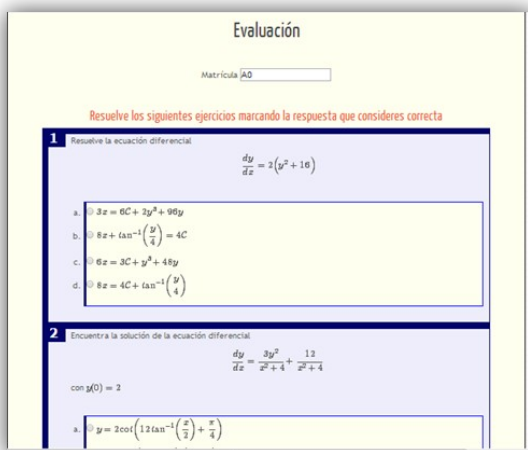


Figura 4. La evaluación.

En el apartado de “Evaluación” se genera un examen de 5 a 10 preguntas de opción múltiple, ver figura 4.

Las respuestas del usuario se envían a una base en Google-Drive para su posterior análisis estadístico. El usuario recibe en su correo institucional el resultado obtenido. Es de notar, que la estrategia seguida permite que cualquier profesor cuente con la información de sus alumnos en archivos Excel de fácil análisis, ver figura 5.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Marca Temporal	Matrícula	Examen	Opción	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
2	30/11/2012	16.56.12 AD	12345	45678 a	c	b	a
3	30/11/2012	16.58.00 AD	12345	45678 d	c		
4	30/11/2012	16.04.04 AD	12345	45678 c	b	a	
5	30/11/2012	16.19.42 AD	12345	45678 a	c	a	
6	30/11/2012	16.42.10 AD1123	12345	45678 a	b	c	

Figura 5. Los resultados en Google-Drive

3 Gentutor 1.0

Para construir el tutor, tareas y evaluaciones se construyó el sistema GenTutor 1.0. El sistema consta de diferentes módulos que permiten generar páginas web con preguntas y ejercicios. Los módulos son: tutor, práctica global, evaluación, tareas y exámenes.

El módulo del tutor es el que permite tener un sistema de preguntas, soluciones y respuestas que interactúa con los estudiantes, ver figura 6.

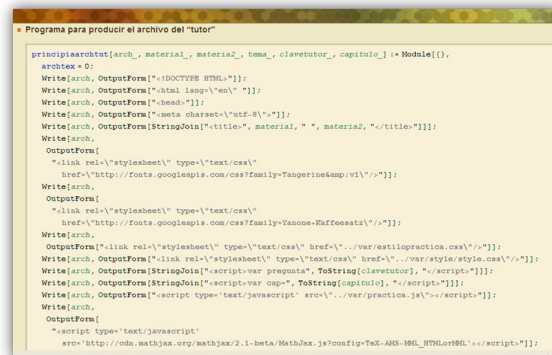


Figura 6. El programa para construir el tutor.

El módulo de práctica global permite construir aleatoriamente prácticas de ejercicios y problemas con retroalimentación basada en sugerencias sobre el avance del estudiante. Con el módulo de evaluación se construyen actividades aleatorias de resolución de ejercicios online que son enviadas a la cuenta del profesor en Google-Drive. Junto con la actividad se envía la respuesta de cada uno de los ejercicios en forma codificada. El profesor puede ahora decodificar, evaluar y retroalimentar a sus alumnos mediante un sencillo programa en Google-Drive.

Los módulos de tareas y exámenes permiten construir tareas y exámenes aleatorios que, generalmente, son usados en el aula. Las páginas web construidas utilizan la librería MathJAX (para visualizar el código matemático), el lenguaje LaTeX y pequeños

programas de evaluación y retroalimentación en JavaScript. En la figura 7 se muestra un esquema de las unidades didácticas para un curso de cálculo de varias variables.

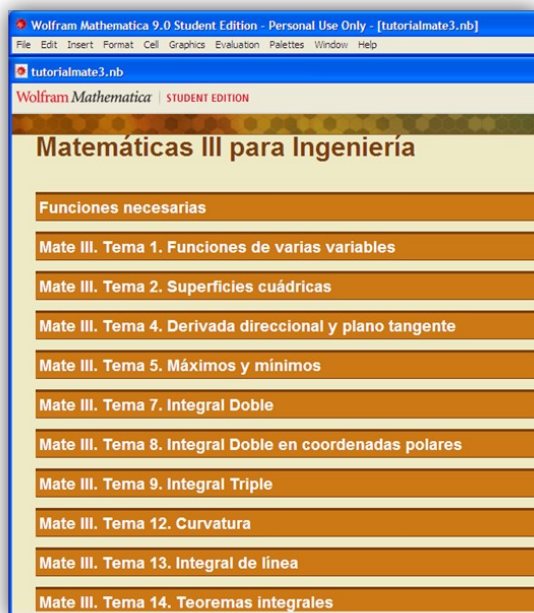


Figura 7. Las unidades de Cálculo de varias variables.

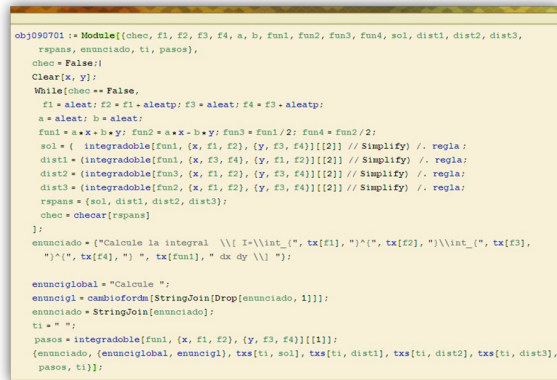


Figura 8. La unidad básica en Mathematica.

La unidad básica de construcción del sistema se muestra en la figura 8. Allí podemos ver que la unidad mezcla el lenguaje propio de Mathematica con el Lenguaje LaTeX. La unidad está optimizada para generar la pregunta, los procesos de solución con sus explicaciones, y la solución misma. Se requiere además de una unidad adicional que sirve como el motor de apoyo a la primera. Un ejemplo de la segunda unidad se muestra en la figura 8. En general, la construcción de la unidad didáctica de un tema requiere aproximadamente de 20 unidades básicas y sus 20 unidades de apoyo.

En la tabla 1 se muestran brevemente el número y características de las unidades construidas para los

cursos de Matemáticas II y III para Ingeniería y Ecuaciones Diferenciales.

4 Impacto educativo

Al terminar el periodo académico enero-junio 2012 se realizó una pequeña encuesta de 10 preguntas a 32 estudiantes del curso de Ecuaciones Diferenciales con objeto de conocer sus impresiones con respecto al uso del sistema de apoyo. En esta ocasión las preguntas se enfocaron a conocer 5 aspectos del sistema, a saber: desarrollo de habilidades operativas, tiempo de dedicación, utilidad de la interfase, beneficios de la retroalimentación y utilidad del material didáctico proporcionado. Los resultados indican que el 63% de los alumnos consideran que mejoraron sus habilidades algebraicas y algorítmicas básicas ya que tuvieron que dedicar 3.2 horas de promedio semanales al trabajo con los asistentes matemáticos y los tutores. Sin embargo, la mayoría, 57% considera que falta mejorar las interfases, 63% que se requiere mejorar el apoyo y las sugerencias y 44% que es necesario construir guías más precisas y elaboradas que consideren más pasos en la solución de los ejercicios.

5 Conclusiones

El avance la tecnología sugiere la necesidad de incorporar apoyos, asistentes y tutoriales basados en web para mejorar la calidad de la enseñanza de las matemáticas. Las nuevas tecnologías ofrecen un sinnúmero de posibilidades para potenciar el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, los docentes deben tener el conocimiento para discriminar que herramientas son ventajosas y cuales no aportan mucho al aprendizaje de los estudiantes. En el trabajo se incorporan de forma novedosa asistentes matemáticos, tutoriales y un sistema de evaluación que usa Google-Drive. El objetivo inicial de generar un producto académico de calidad que cubriera las necesidades de los estudiantes se alcanza considerando que las unidades elaboradas se caracterizan por:

- Interactividad. Los alumnos comprenden los conceptos mediante el uso de asistentes matemáticos y tutoriales generados con el paquete Mathematica.
- Fácil lectura. Se discute la teoría desde la perspectiva del que lo lee y no del que lo escribe. En la medida de lo posible los tutoriales explican con amplitud los conceptos
- Tecnología de vanguardia. Se utilizan las herramientas más actuales con objeto de que todos los apoyos sean visualizados en casi cualquier dispositivo móvil y con casi cualquier navegador web. Es de destacar la solución al problema del contenido matemático usando la paquetería MathJax y el uso del Google-Drive para el sistema de evaluación.

Table 1: Apoyos construídos

Materia	Sitio Web	Unidades didácticas	Material de Lectura	Prácticas y tareas	Widgets y CDF's	Unidades generadoras	Tutoriales
Matemáticas II para Ingeniería	Si, en Weebly	8	Libro en Formato PDF y videos	24	8	80	8
Matemáticas III para Ingeniería	Si, en Weebly	10	Apoyos en PPT y videos	30	10	200	10
Ecuaciones Diferenciales	Si en Weebly y en ItunesU	8	Libro en formato PDF y videos	24	16	80	8

Como capitalización de este trabajo podemos decir que la experiencia rescata mucho del trabajo realizado por los autores en el ITESM en los últimos años incorporando las nuevas herramientas tecnológicas. Además de permitir que, en el futuro cercano, otros profesores desarrollen sus propios materiales y apoyos. En conclusión, los apoyos didácticos basados en web son una alternativa para mejorar el aprendizaje de los alumnos, son valiosos porque aportan innumerables conocimientos a los estudiantes. Finalmente, con la metodología utilizada y con la experiencia adquirida podremos mejorar el trabajo incorporando un estudio educativo mucho más profundo que el realizado hasta ahora.

6 Agradecimientos

Este trabajo se realizó con fondos para la Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, los autores agradecen el apoyo brindado. También se agradecen las sugerencias de los profesores el departamento de Física y Matemáticas del ITESM, Campus Estado de México.

7 Referencias

- [1] D. Laurillard, *Digital Technologies and their role in achieving our ambitions for education*, Professorial Lecture. London, UK: Institute of Education, University of London (2008).
- [2] L. Johnson, S. Adams, K. Haywood, *The NMC Horizon Report: 2011 K-12 Edition*. Texas, USA: The New Media Consortium. (2011).
- [3] Y. Rojas, T. Muñoz, *Mentor, sistema tutorial inteligente para el desarrollo de habilidades en la solución de problemas matemáticos*. *Revista de Investigación* (7) 2, 235-246. Colombia (2007).
- [4] E. Wenger, *Artificial intelligence and tutoring systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Los Altos C. A. Morgan and Kaufman (1987)
- [5] B. Wolf, *Context Dependent Planning in a Machine Tutor*. Ph.D. Dissertation, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts (1984).
- [6] F. Delgado, *Un modelo de Sistema de Educación Automatizada*. Memorias de las Jornadas sobre la Enseñanza de las Ingenierías. Madrid, España (1996).
- [7] Zh. Li, Y. Sun, M. Liu, *A Web-Based Intelligent Tutorial System*. *Artificial Intelligence Applications and Innovations* (187). 583-591. USA (2005).