

Sistema de evaluación automática como apoyo en el aprendizaje de las matemáticas del nivel superior

Nancy Daniela Pacheco, Gilberto López
*Departamento de Ciencias de la Computación, CICESE,
Ensenada B.C., México*
npacheco@cicese.com, glopez@cicese.com

Resumen: Resultados de investigaciones nacionales e internacionales dejan ver el bajo nivel académico con el que cuentan los estudiantes mexicanos en áreas como las matemáticas. Numerosas investigaciones se han realizado con la finalidad de incorporar tecnologías de la información como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas del nivel superior. Estudios recientes ha identificado la importancia de la evaluación formativa en el aprendizaje de las matemáticas. En este proyecto se presenta el diseño de un sistema de evaluación automática que permita la evaluación y retroalimentación de cada uno de los pasos necesarios para realizar un ejercicio matemático. Por las características del sistema propuesto, se ha puesto especial atención a en buscar métodos que faciliten el ingreso de ecuaciones matemáticas en la Web.

Palabras Clave: Evaluación, matemáticas preuniversitarias, Sistemas de Álgebra Computacional

Introducción

Por más de dos décadas, las tecnologías de información y comunicaciones (TICs) se ha percibido como herramientas de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en todos los niveles de la educación formal. En particular, en la educación de las matemáticas en el nivel superior se han realizado grandes esfuerzos para incorporar la tecnología en cursos formales (e.g. Papanastasiou, 2008; SEP, 2004; Andrade-Aréchiga, 2008) y se han producido numerosos trabajos de investigación al respecto. Sin embargo, los resultados educativos aún no son completamente claros. Al respecto, en el 2006 la Fundación Nacional para la Ciencia en los Estados Unidos (NSF por sus siglas en inglés) estableció (NSF, 2006) que:

“Al momento de realizar este reporte, la efectividad de las Tecnologías de la Información en la enseñanza no se ha demostrado a pesar de

la sofisticación tecnológica y no se perciben mejoras en la educación de las matemáticas y las ciencias”

Por otra parte, una serie de reportes internacionales sitúan a México como uno de los peores países en la producción de suficiente capital humano de calidad preparado en Ciencias e Ingeniería. (Potter & Schwab, 2009; CONCACyT, 2006; NSF, 2006; OECD, 2006). En consecuencia, hemos dirigido nuestros trabajos de investigación al estudio, desarrollo e implementación de sistemas computacionales como apoyo a los cursos de matemáticas en las ciencias y la ingeniería.

El sistema PIAC (Plataforma Interactiva para Aprendizaje del Cálculo) ha sido incorporado en la currícula de la carrera de Ingeniería en Telemática de la Universidad de Colima en cursos de Cálculo desde el 2008 (Andrade-Aréchiga, 2008). Este sistema se compone de objetos de aprendizaje que buscan ayudar a superar las dificultades asociadas al aprendizaje del Cálculo. Entre estos objetos se encuentran lecturas y un conjunto de ejercicios que permiten que el estudiante aplique el conocimiento adquirido.

En el periodo 2008-2009 se aplicó una encuesta a nivel nacional a profesores de matemáticas del nivel superior con la finalidad de:

- Conocer su percepción sobre el nivel académico de los estudiantes de nuevo ingreso a las facultades de ciencias e ingeniería del país.
- Conocer su percepción sobre las causas relacionadas con la alta deserción.
- Establecer los temas del área de matemáticas que requieren conocer los estudiantes antes de ingresar a la universidad.
- Establecer la importancia y factibilidad de incorporar un curso de regularización en esta área.

Los resultados obtenidos sentaron las bases para el desarrollo del Curso de Matemáticas Preuniversitarias (CMPU) (Pacheco, 2009). La estructura del curso se realizó de acuerdo a las opiniones de los profesores que participaron en el estudio, mientras que el diseño curricular siguió el modelo basado en competencias, el cual incluye el uso de tecnología como parte de las clases presenciales. De esta forma, el sistema tiene tres componentes principales. El visor del curso, que es una aplicación que permite interactuar con el contenido, los objetos de aprendizaje y los ejercicios de cada uno de los temas que integran el curso. El editor de contenido y el editor de ejercicios que permiten ingresar y/o modificar el contenido y los ejercicios del curso de forma sencilla y clara. El contenido se encuentra agrupado en cinco unidades en las

que se retoman las áreas básicas de las matemáticas: álgebra, trigonometría, geometría analítica, probabilidad y funciones. Cada unidad se encuentra dividida en temas y subtemas los cuales se componen de tres módulos: planteamiento, objeto auxiliar y ejercicios.

Si bien los sistemas desarrollados han servido de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, falta mucho trabajo por hacer. En particular se ha establecido la importancia que tiene el proceso de resolución de ejercicios por parte de los estudiantes.

En este trabajo, se presenta parte del desarrollo de un sistema de evaluación automático como apoyo al proceso de resolución de ejercicios de las matemáticas que se presentan en las carreras de ciencia e ingeniería. En este proyecto se busca que los estudiantes resuelvan ejercicios matemáticos sobre el sistema tratando de emular lo más posible la manera que lo harían en los cursos tradicionales. Es decir buscamos que todos los pasos algebro-aritméticos necesarios para llegar a la respuesta final, queden plasmados en el sistema. Por su parte el sistema, evaluará el desarrollo completo del estudiante. De esta manera, el estudiante contará con una evaluación de su desarrollo y retroalimentación detallada de su trabajo.

Proceso de evaluación

Con la evaluación se inicia el proceso de enseñanza-aprendizaje estableciendo un punto de partida que permitirá conocer la evolución de los estudiantes. En una primera instancia, los profesores monitorean el proceso de los estudiantes tomando como base los objetivos establecidos en el curso y las calificaciones obtenidas por cada estudiante. Esta evaluación, conocida como evaluación sumativa, es la que se practica comúnmente en el nivel superior. Otro tipo de evaluación es la que se centra en apoyar el aprendizaje de los estudiantes informando a cada uno de ellos los avances obtenidos en un periodo determinado. Royer (2009), establece que es importante definir claramente estos dos conceptos e identificar las diferencias entre ellos. El College Board Mathematical Sciences Academic Advisory Committee en los Estados Unidos (Briggs, 2007), expresa el valor de incorporar la evaluación formativa en cursos universitarios al expresar la importancia de la comunicación en el salón de clases para conocer el pensamiento de los estudiantes, el uso de retroalimentación para informar al estudiante los progresos alcanzados y la necesidad de desarrollar programas que implementen la evaluación formativa dentro de su plan curricular.

En un esquema tradicional de los cursos de matemáticas del nivel superior, el profesor expone el tema y resuelve una serie de ejercicios en los que se aplican los conceptos expuestos. La mayoría de las veces, estos ejercicios se realizan con la participación de los estudiantes estableciéndose una línea de comunicación entre el profesor y el estudiante mediante la cual se evalúan y corrigen las ideas expuestas.

Al finalizar estas actividades, los estudiantes deben enfrentarse de forma individual a un conjunto de ejercicios que les ayudarán a reforzar el tema visto en clase. Durante este proceso el estudiante expone sus ideas, se enfrenta a dudas y requiere de la ayuda de otros compañeros o del profesor para resolver exitosamente la tarea asignada.

Lo anterior permite identificar las principales características de la evaluación en cursos de matemáticas del nivel superior.

- Los profesores deben conocer y documentar el progreso de cada estudiante.
- Las actividades a asignar en el salón de clases deben ser diseñadas y desarrolladas con una finalidad y de acuerdo a las necesidades de cada grupo.
- Los estudiantes deben realizar una evaluación que les permita llevar un seguimiento de su progreso.
- El trabajo en pares ayuda a los estudiantes a exponer y defender sus ideas y conocimientos.

No es equivocado pensar en el uso de tecnología para apoyar las buenas prácticas de evaluación en el salón de clases.

Evaluación Asistida por Computadora (CAA)

Numerosas investigaciones han establecido el impacto de la evaluación en la calidad del aprendizaje de las matemáticas (e.g. Briggs, 2007; Ball, 2003). Recientemente, muchas de ellas se han orientado al estudio y desarrollo de sistemas de evaluación asistida por computadora enfocándose en evaluar el proceso en lugar de la respuesta final, dejando atrás los sistemas de opción múltiple. A continuación se presenta una revisión los esfuerzos mas sobresalientes de CAA utilizados en cursos de matemáticas universitarias.

WebPA creado por ingenieros del Centro de Excelencia en la Enseñanza y el Aprendizaje (engCETL) en la Universidad de Loughborough (Loddington, 2008), es un ejemplo de un sistema que establece comunicación entre profesor y estudiante mediante la cual se realiza una evaluación y seguimiento del proceso de cada

estudiante. Realizar una evaluación no es fácil, el uso de la tecnología es una herramienta que se puede adaptar a estas necesidades y apoyar en este proceso.

Un punto importante en el proceso de evaluación es el diseño de los exámenes, esto requiere la selección cuidadosa de ejercicios que se adapten a los temas vistos en clase y que permitan “medir” el aprendizaje de los estudiantes. El proyecto CAS-CAT de Alberta, Australia (Evans & Norton, 2005; Flynn, 2007) es un proyecto que muestra un ejemplo del uso de la tecnología para el diseño y desarrollo de una serie de materiales didácticos que sirvan como herramienta para realizar la evaluación de los estudiantes; la solución a estos materiales puede requerir el uso de CAS, aplicación de métodos numéricos y gráficos.

El proyecto WebAssign (<http://www.webassign.net/>) de la universidad de Georgia (Townsend, 2009), es un sistema web que contiene una serie de problemas prácticos cuya respuesta puede ser de opción múltiple, valores simbólicos o algebraicos. Esta es una herramienta que puede ser utilizada como apoyo en el proceso de evaluación, además de que permite la comunicación entre profesor y estudiantes.

A pesar de que los sistemas mencionados dan soporte a diferentes aspectos de la evaluación, hay restricciones que se deben tomar en cuenta:

- Es limitado el tipo de matemáticas que se pueden ingresar.
- Los sistemas se enfocan en el resultado final del ejercicio dejando de lado el proceso para llegar a ese resultado.
- La alta complejidad de los sistemas para ingresar nuevos ejercicios y soluciones.

Se requiere pensar en nuevas tecnologías que den soporte a estos problemas y que apoyen el proceso de evaluación.

Sistemas de álgebra computacional (CAS)

Un sistema de álgebra computacional (CAS, por sus siglas en inglés) es un paquete de software que provee rutinas para resolver problemas de matemática simbólica. Estos sistemas permiten el desarrollo de operaciones aritméticas con gran precisión, facilitan el cálculo integral y diferencial, permiten el cálculo de operaciones algebraicas, la solución de sistema de ecuaciones, el análisis estadístico, además cuentan con la posibilidad de graficar en dos y tres dimensiones, entre otros.

El desarrollo de los CAS se inició en la década de 1970, siendo introducidos en las aulas en 1980. Desde entonces, se han introducido exitosamente diferentes CAS en

cursos de matemáticas del nivel superior (Velichová, 2008; Ball, 2003; Schramm, 1998). Importantes resultados se han obtenido utilizando el CAS como herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, aspectos generales de este proceso han sido bien documentados (e.g. Lavicza, 2007).

Sin embargo, el uso de estos sistemas no ha quedado exento de inconvenientes al ser utilizado en cursos formales (Schwenk, 2010; Tiffany, 2002).

Existen CAS comerciales como Maple™ (<http://www.maplesoft.com/>) y Mathematica (<http://www.wolfram.com/>), estos sistemas están equipados con una amplia gama de herramientas para la exploración interactiva y la simulación que apoyen la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas de la universidad. Estos incluyen la oportunidad de integrar documentos multimedia con texto, matemáticas, animaciones, sonido, enlaces, documentos pdf, entre otros, apoyar el desarrollo de cursos, la integración sencilla con sistemas de gestión de cursos, la interoperabilidad con otros lenguajes de programación como Java y la creación de interfaces interactivas.

Además, existe una serie de CAS completamente desarrollados que son de código libre. Las razones para considerar su uso van más allá de lo obvio, el hecho de que el coste de propiedad es mucho menor que el software comercial. En términos realistas, no se puede esperar que las instituciones y/o departamentos académicos de algunos países compren software. Desde el punto de vista del sistema hay varias cosas a considerar, los sistemas comerciales han sido dotados de un gran número de elementos, esta complejidad puede no ser adecuada para fines específicos de educación o tecnología dificultando su aplicación.

La disponibilidad del código fuente y el derecho de modificar es crucial en la evolución de proyectos con objetivos específicos. Además, esto permite ajustar y mejorar el software, especialmente en la búsqueda de la adaptabilidad y la interoperabilidad con otros sistemas. Estos factores suelen influir positivamente en el proceso de depuración y en la duración de la aplicación.

Programadores hábiles en todo el mundo se han dedicado a desarrollar CAS de código libre, entre ellos sobresalen Axiom, Euler, Maxima, OpenAxiom y SAGE.

Maxima (www.ptc.com/products/mathcad/) es el descendiente de código abierto del primer sistema de álgebra computacional Macsyma, inicialmente desarrollado por el Departamento de Defensa de EE.UU., más tarde comercializado. Pero a finales de 1990 fue publicado bajo una licencia de código libre por el Grupo de Numerical Algorithms. El informe de la Universidad de Cádiz en España, muestra una investigación realizada sobre software matemático de código libre CAS y realiza una comparación de entre ellos (Rodríguez, 2005). Sus resultados señalan a Maxima como

la opción más viable debido a su capacidad, robustez y la interfaz. Además señala a Axiom como uno de los CAS mejor documentados (Libro de Axiom - Daly, 2005 -).

Al respecto del uso de software de código libre para propósitos educativos, (Wick, 2009) hace hincapié en las capacidades de SAGE como paquete de álgebra computacional. Este sistema desarrollado en Python hace uso de paquetes existentes de código libre como Maxima que conforman los módulos de conocimiento necesarios para realizar las diferentes operaciones algebraicas.

CAS y evaluación

Importantes resultados se han observado en el uso de CAS en el aula y su integración como herramientas de auto regulación del aprendizaje (por ejemplo, Kramarski, 2003). Por lo cual su estudio ha aumentado y nuevas áreas de investigación han sido establecidas. Investigaciones recientes han iniciado el uso de CAS como una herramienta para lograr la evaluación automática.

Una aplicación indirecta de CAS embebidos en CAA es la expuesta por (Blyth & Lobovic, 2009), donde una hoja de trabajo de Maple que contiene ejercicios matemáticos es subida a Internet. Las soluciones a estos ejercicios se encuentran en un archivo adjunto, de tal manera que las soluciones proporcionadas por los estudiantes pueden ser evaluadas automáticamente por el CAS. Estos ejercicios pueden ser resueltos como parte de la clase o de forma independiente.

STACK (<http://stack.bham.ac.uk/>) es un sistema que corre dentro del sistema manejador de aprendizaje Moodle y realiza evaluación automática de ejercicios algebraicos. Esta evaluación se realiza utilizando Maxima para hacer una equivalencia de ecuaciones, ingresadas por el estudiante en formato LaTeX. Sangwin (2007), establece la importancia de contar con un sistema que ofrezca evaluación y retroalimentación automática. STACK cumple con estas dos metas; sin embargo, la complejidad para ingresar nuevos ejercicios, soluciones y retroalimentaciones hace de este un sistema poco amigable.

Un sistema comercial basado en web que contiene ejercicios matemáticos es MapleT.A. (www.maplesoft.com/products/mapleta/). Este sistema utiliza Maple para ofrecer evaluación y retroalimentación automática de cada uno de los ejercicios. Jones (2008), muestra los resultados obtenidos al implementar MapleT.A. en clases de matemáticas del nivel superior. Los resultados observados muestran los problemas que los estudiantes tienen al ingresar ecuaciones, en algunos casos porque no

conocen la sintaxis y en otros porque la ecuación ingresada no es interpretada correctamente.

Una aplicación directa de un CAS en un sistema de evaluación automática puede observarse en el Digital Mathematics Environment (DME). DME contienen un conjunto de ejercicios en un applet de Java. El estudiante puede resolver los ejercicios ingresando cada uno de los pasos necesarios para llegar a la solución. Cada paso es evaluado haciendo una comparación entre ecuaciones utilizando Mathematica, la evaluación consiste en indicar si el paso es correcto o incorrecto.

MapleT.A. y DME son dos sistemas similares, en ambos casos el principal problema se encuentra en el ingreso de ecuaciones en la web. Es sin duda, un punto importante a considerar en la propuesta de proyectos similares.

Sistema de evaluación automática

De esta manera se vuelve evidente la importancia que tiene la evaluación formal en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. Además se ha establecido la tendencia por el uso de sistemas de álgebra computacional para el diseño de sistemas de evaluación automática, en este sentido se han expuesto los sistemas sobresalientes y se ha señalado el problema existente para incorporar ecuaciones en la web.

Con la finalidad de atacar los problemas anteriores, se está llevando a cabo un proyecto que se centra en el desarrollo de un sistema que permita la evaluación automática de ejercicios matemático haciendo especial énfasis en la forma como se ingresan ecuaciones matemáticas.

Se ha realizado un análisis de los diferentes CAS de código libre. Los resultados de este estudio señalan a SAGE como el CAS más viable para ser utilizado para realizar las evaluaciones de cada paso. La principal razón de esta decisión es que SAGE puede comunicarse con los CAS más utilizados en educación como son Mathematica, Maple, Maxima Y Axiom.

El sistema consiste de las siguientes partes: navegador, servidor Web y un servidor. La arquitectura del sistema se muestra en la Figura 1. Dentro del servidor se encuentra un banco de ejercicios con sus respectivas soluciones y los dos módulos principales, el que desplegará los ejercicios y el que realizará la evaluación comunicándose con el CAS.

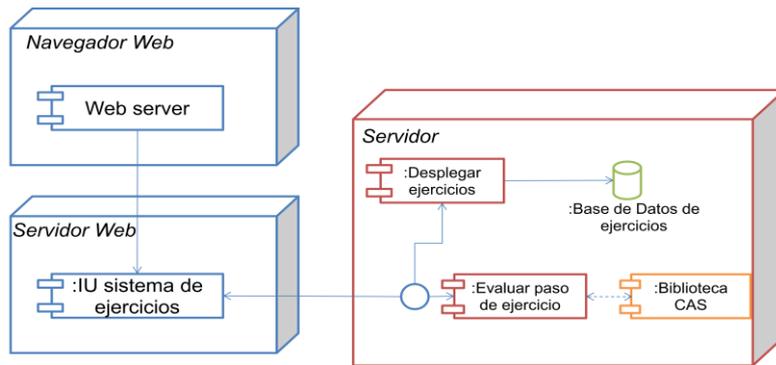


Figura 1. Se observa la arquitectura del sistema de evaluación automática y los principales módulos que la componen.

El módulo de evaluación realizará una comparación (equivalencia) entre ecuaciones consecutivas, para ello hará uso de SAGE. Las respuestas que sean correctas son marcadas con una “paloma” y las respuestas incorrectas con una “x”. Figura 2.

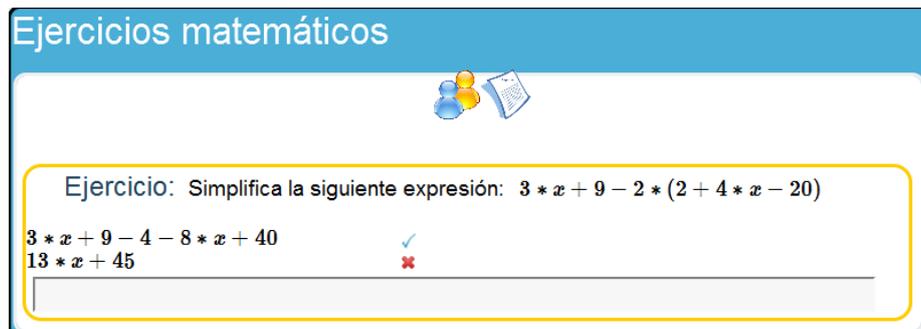


Figura 2. Muestra un ejemplo del sistema de evaluación desarrollado. En él se observa la forma de evaluación que se está utilizando para paso ingresado por el estudiante.

Para que esta evaluación se realice, el estudiante debe ingresar cada paso necesario para llegar a la respuesta final; esto implica que el estudiante deba desplegar un conjunto de ecuaciones en la web.

Esto resulta ser uno de los principales retos a enfrentar para que el sistema sea amigable. Son tres las opciones consideradas: utilizar código para ingresar la ecuación que se desea escribir, utilizar botones que indiquen cada operación o escribir de forma natural como si se estuviera escribiendo en un cuaderno. Ver Figura 3.

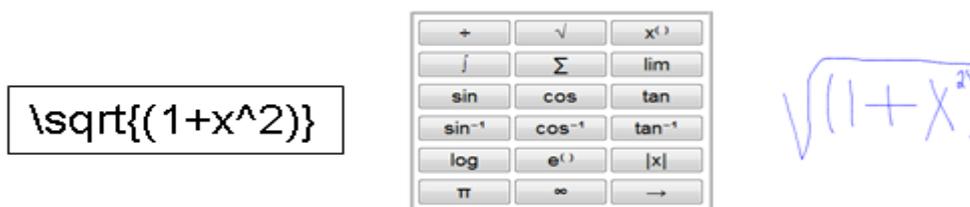


Figura 3. Muestra las diferentes formas en las que se puede ingresar una ecuación en la web.

Implementar la primer opción, dentro del sistema, requiere que el estudiante aprenda una sintaxis específica para que pueda hacer uso del mismo. Es claro que esto es un requerimiento que difícilmente se podrá cumplir. En el segundo caso, los botones son una de las principales herramientas utilizadas en editores de ecuaciones matemáticas, sin embargo cuando el número de ecuaciones se incrementa escribirlas puede ser muy cansado. Lo ideal sería que el estudiante no tuviera que aprender una sintaxis y que la escritura de la ecuación fuera lo más sencillo posible.

Se ha decidido incluir las dos últimas opciones dentro del sistema. Para ingresar ecuaciones de forma manual, se ha considerado el uso de una tableta gráfica por su bajo costo. Mediante el uso de esta tableta el estudiante ingresará las ecuaciones necesarias, estas serán recibidas e interpretadas por un programa especial el cual las convertirá a formato LaTeX y las enviará al CAS para que se realice la evaluación correspondiente. La arquitectura del sistema queda como se muestra en la *Figura 4*.

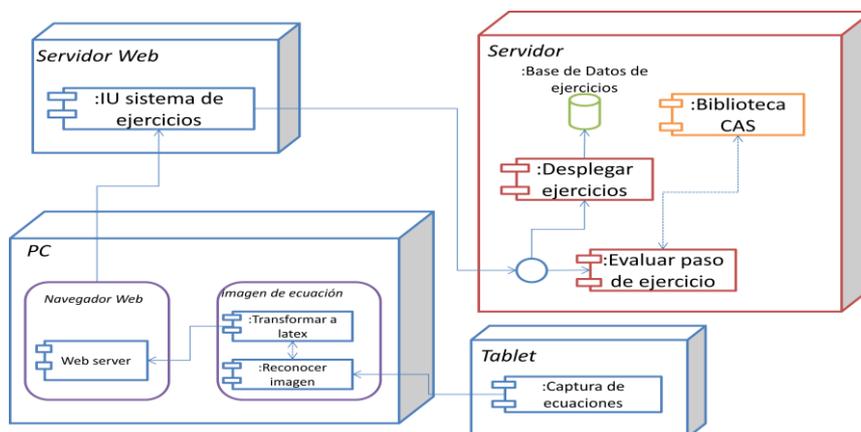


Figura 4. Muestra la arquitectura del sistema de evaluación automática colaborando con una tableta gráfica que permite la incorporación de ecuaciones matemáticas.

El siguiente paso en el desarrollo es la incorporación de la tableta gráfica al sistema propuesto, tanto la parte tecnológica como los elementos de diseño.

Conclusiones

La enseñanza y aprendizaje de las matemáticas son uno de los grandes retos de México especialmente en las carreras de ciencias e ingeniería. La incorporación de tecnología en el salón de clases se presenta como una opción viable para ayudar a mejorar el bajo nivel académico de los estudiantes. En este trabajo se analiza la importancia de la evaluación y la retroalimentación en el proceso de resolución de problemas, el cual es considerado un elemento esencial en el aprendizaje de las matemáticas. Se muestran resultados del diseño de un sistema de evaluación automática que apoye al proceso de resolución de problemas.

Bibliografía

Andrade-Aréchiga, M. L.-M. (2008). Using technology to teach college-level mathematics. *Paper presented at the 11th International Congress on Mathematical Education*. Monterrey, México.

Ball, D. (2003). Mathematical proficiency for all students. *RAND Corporation*.

Blyth, B., & Lobovic, A. (2009). Using Maple to implement eLearning integrated with computer aided assessment. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 975-988.

Briggs, A. e. (2007). *The college Board Mathematical Sciences Framework*. College Board.

CONCACyT. (2006). *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología*. México, D.F.: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Daly, T. (2005). *Axiom. The 30 Year Horizon*. Lulu.com.

Diseño y desarrollo de una plataforma interactiva para un curso de matemáticas preuniversitarias. 2009 *Tesis de Maestría en Ciencias* Ensenada, Baja California Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Evans, M., & Norton, P. &.-I. (2005). The Victorian Curriculum and Assessment Authority Mathematical Methods Computer Algebra System Pilot Study Examinations 2003. *Proceedings of the 26th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australia* (págs. 223-230). Mathematics Education Research: Innovation, Networking, Opportunity.

Flynn, P. (2007). CAS in Australia: A brief Perspective. *V CAME Conference*. Hungary.

Jones, I. S. (2008). Computer-aided assessment questions in engineering mathematics using Maple T.A. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 341-356.

Kramarski, B. &. (2003). Using computer algebra system in mathematical classrooms. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35-45.

Lavicza, Z. (2007). Exploring the current and future roles of Computer Algebra Systems in teaching mathematics at the university level – A work in progress. *MSOR Connections*, (págs. 35-45).

Loddington, S. (2008). *Peer assessment of group work: a review of the literature*. eLearning Capital Programme.

NSF. (2006). A companion to science and engineering indicators-2006. 22 (1) p. 12.

OECD. (2006). *Education at glance 2006: OECD indicators*. París.

OECD. (s.f.). *OECD.StatExtracts*. Recuperado el Abril de 2011, de <http://stats.oecd.org/Index.aspx>

Papanastasiou, E. &. (2008). Evaluating the Use of ICT in Education: Psychometric Properties of the Survey of Factors Affecting Teachers Teaching with Technology (SFA-T 3). *Educational Technology & Society* , 69-86.

Potter, M., & Schwab, K. (2009). *Global Competitiveness Report*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum, committed to improving the state of the world.

Rodriguez, R. (2005). Matemáticas y Software libre para la docencia en la Universidad de Cádiz. 1-20.

Royer, J. (2009). *Mathematical Cognition*. Information Age Publishing.

Sangwin, C. (2007). Assessing elementary algebra with STACK. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* , 987-1002.

Schramm, T. (1998). Computer Algebra System in Engineering Education. *Global J. of Eng. Educ.* , 187-194.

Schwenk, A. &. (2010). Does CAS at school help freshmen in engineering sciences? . *15th SEFI SEMINAR AND 8th WORKSHOP GFC*, (págs. 187-194). Germany.

SEP. (2004). *Programa Enciclomedia. Documento Base, 2004*. México, D.F.: http://www.oei.es/quipu/mexico/documento_enciclomedia.pdf.

Tiffany, P. &. (2002). Lesson learned: a decade using a computer algebra system, five years using course management system. *Electronic Proceedings of the Fifteenth Annual International Conference on Technology in Collegiate Mathematics*, (págs. 303-307).

Townsley, L. (2009). Testing across precalculus sections using webassign. *Electronic Proceedings of the Twenty-first Annual International Conference on Technology in Collegiate Mathematics*, (págs. 275-279).

Velichová, D. (2008). Multivariable Calculus with Understanding and How to Assess It. *Mathematical Education of Engineers Proceedings* .

Wick, D. (2009). Free and Open-source Software Applications for Mathematics and Education. *ICTM21* , 300-304.