

Análisis comparativo de software matemático para la formación de competencias de aprendizaje en cálculo diferencial*

MAURICIO ANDRÉS MOSQUERA RÍOS¹,
SANDRA JULIANA VIVAS IDROBO²

Resumen

Este trabajo de investigación se centró en la búsqueda y evaluación de software educativo, utilizado en el desarrollo de estrategias metodológicas y didácticas para procesos enseñanza y aprendizaje del cálculo diferencial. Se aplicaron criterios de selección que permitieron valorar la parte técnica, la interfaz y usabilidad, y las funcionalidades matemáticas para fortalecer las competencias matemáticas asociadas a esta asignatura. Como resultado de la evaluación se obtuvo tres software que cumplieron con el porcentaje de calidad global mayor al 80%, que fueron MalMath, Symbolab y Grapher. Se concluye que existen en la actualidad varias alternativas de aplicaciones móviles que permiten reforzar las competencias matemáticas y conceptos adquiridos en el área del cálculo, pero dependiendo de la especificidad que se requiera respecto a los contenidos la calidad del software.

Palabras clave: Software matemático, cálculo diferencial, competencias de aprendizaje, criterios de evaluación de software

Abstract:

Comparative analysis of mathematical software for the formation of learning competences in differential calculus

This research focused on the search and evaluation of educational software, used in the development of methodological and didactic strategies for teaching and learning processes of differential calculus. Selection criteria were applied that allowed to evaluate the technical part, the interface and usability, and the mathematical functionalities to strengthen the mathematical competences associated to this subject. As a result of the evaluation, three software were obtained that met the global quality percentage greater than 80%, which were MalMath, Symbolab and Grapher. It is concluded that there are currently several alternatives of mobile applications that allow to reinforce the mathematical skills and concepts acquired in the area of cal-

* Recibido: 09 de abril de 2017. Aceptado: 30 de mayo de 2017.

- 1 Mauricio Andrés Mosquera Ríos. Ingeniero Electrónico, Msc. en TIC's. Coordinador y Docente Departamento de Ciencias Básicas, Corporación Universitaria Comfacaucá. – Popayán, Colombia- Correo electrónico: mmosquera@unicomfacaucá.edu.co
- 2 Sandra Juliana Vivas Idrobo. Especialista en Bioingeniería; Ingeniera Física. Docente Departamento de Ciencias Básicas, Corporación Universitaria Comfacaucá. –Popayán, Colombia- Correo electrónico: svivas@unicomfacaucá.edu.co



ulation, but depending on the specificity required with respect to contents the quality of software.

Keywords: Mathematical software, differential calculus, learning competences, software evaluation criteria

Introducción

En la actualidad, con el uso de las nuevas tecnologías informáticas, entre ellas el software matemático o las aplicaciones matemáticas, los docentes y los estudiantes encuentran en ellas, herramientas que permiten mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de forma eficaz en esta área del conocimiento. Estos software, para explicar los conceptos matemáticos se apoyan en representaciones geométricas y gráficas de los mismos, acompañados de desarrollos de procedimientos detallados para brindar mayor claridad en los cálculos y facilitar la metodología con la que se orienta la asignatura.

Una vez que el estudiante conoce y manipula los conceptos y sus operaciones, puede aplicarlos empleando estas herramientas didácticas. Es entonces, cuando el software a través de un código y una interfaz enlaza al estudiante con los cálculos y le permite mediante el uso del computador o dispositivos móviles, explorar las representaciones de los conceptos (en su parte cuantitativa y cualitativa), conjeturar, buscar estrategias para resolver problemas, comunicar y discutir sus resultados.

El propósito del presente artículo es identificar herramientas software, ya diseñadas, para ser utilizadas como apoyo didáctico en la asignatura de cálculo diferencial. Se revisó el estado del arte del uso de recursos software en la enseñanza de las matemáticas, específicamente del cálculo diferencial, asignatura en la que se presenta mayor dificultad de aprendizaje en muchos estudiantes que cursan los primeros semestres en las Universidades. Posteriormente, en el

apartado de la metodología se proponen los criterios de inclusión para la selección de la herramienta. Finalmente, se seleccionarán tres de los recursos software presentes en el mercado actual, para realizar un análisis comparativo de sus funcionalidades orientadas al desarrollo de competencias matemáticas de aprendizaje para este curso.

Estado del arte

La matemática es una actividad en el transcurso de los siglos ha sido empleada con diferentes fines. Se consideró como un medio de aproximación a una vida más profundamente humana y como camino de acercamiento a la divinidad, entre los pitagóricos. Fue utilizada como un importante elemento disciplinador del pensamiento, en el Medievo. Ha sido la más versátil e idónea herramienta para la exploración del universo, a partir del Renacimiento.

Muchos aspectos de la geometría responden en sus orígenes históricos, a la necesidad de resolver problemas de agricultura y de arquitectura. Los diferentes sistemas de numeración evolucionan paralelamente a la necesidad de buscar notaciones que permitan agilizar los cálculos aritméticos. La teoría de la probabilidad se desarrolla para resolver algunos de los problemas que plantean los juegos de azar.

Las matemáticas constituyen el armazón sobre el que se construyen los modelos científicos, toman parte en el proceso de modelización de la realidad, y en muchas ocasiones han servido como medio de validación de estos modelos. Por ejemplo, han sido cálculos matemáticos los que permitieron, mucho antes de



que pudiesen ser observados, el descubrimiento de la existencia de los últimos planetas de nuestro sistema solar. (Godino y Batanero, 2003)

Emplear la tecnología en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, ha sido una tarea que procede desde hace un poco más de 20 años y tiene su auge en la actualidad debido a la creación de dispositivos móviles que facilitan a través de aplicaciones educativas dichos procesos que pueden fortalecer o debilitar el aprendizaje. (Abrate & Pochulu, 2005) explicó que el uso del software permite conectar las matemáticas a las diferentes áreas del conocimiento, abriendo las puertas al estudiante para la exploración e inferencia de fenómenos desencadenando en la construcción activa de conceptos y conocimientos. En el proceso el estudiante recibe del software retroalimentación y aprende de sus errores y finalmente potencia sus competencias matemáticas en cuanto al razonamiento lógico. El proceso de articulación entre la matemática y el software requiere de un docente motivador, de lo contrario los estudiantes no encontrarán interesante el ejercicio y no tendrán la necesidad de verificar su conocimiento con la ayuda de la herramienta.

Se observa que países como México, en el Instituto Politécnico Nacional ESCOM, los docentes reconocieron la problemática creciente en los estudiantes respecto al aprendizaje del Cálculo, específicamente al concepto asociado a la definición de función y su interpretación a partir de la representación gráfica. Argumentaron que una de las causas principales de dicha problemática, es que las competencias matemáticas de los estudiantes son bajas al momento de ingresar a las instituciones de Educación Superior y que a pesar de que se cuenta con grandes avances tecnológicos no se logra una aplicación continua para despertar el interés de los estudiantes y mejorar sus procesos de aprendizaje (Ruiz Ledesma, Hernández González, & Gutiérrez García, 2014)

En la investigación, (Ruiz Ledesma, Hernández González, & Gutiérrez García, 2014) explicó que las personas manifiestan adicción por el uso de dispositivos móviles y los alumnos no son ajenos a esta cultura móvil. Aprovechando esta situación, desde el Instituto se propuso una situación problema a los estudiantes que involucre el término función, para que ellos la solucionen a partir de la construcción de conceptos. La muestra estuvo conformada por 69 estudiantes que cursaban primer semestre de Ingeniería en la jornada diurna, con edades entre los 18 y 19 años. Se observó y categorizó en tres grupos de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de ingreso, luego debieron contestar una encuesta sobre dispositivos móviles, se aplicó un cuestionario sobre funciones. Diseñaron una aplicación móvil que fue instalada en los dispositivos de los estudiantes con la situación a resolver y el impacto que tuvo el trabajar con dispositivos móviles fue que al estudiante le permitió además de resolver la actividad, adquirir la capacidad de dibujar el plano cartesiano y la gráfica que correspondía a una parábola que se producía. Como resultado de la investigación se destacó la usabilidad de los celulares y se concluyó que la aplicación les permitió desarrollar diferentes habilidades como la de reflexión, comunicación, descubrimiento y en relación al aprendizaje fue más significativo, alejado del proceso memorístico usual (Ruiz Ledesma, Hernández González, & Gutiérrez García, 2014)

Otro antecedente sobre el desarrollo de aplicaciones para la enseñanza de la matemática con dispositivos móviles tiene lugar en la ciudad de Santa Rosa, en Argentina, en donde estudian algunas aplicaciones móviles gratuitas existentes en Google Play Store (2017) para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Posteriormente desarrollaron aplicaciones propias, aprovechándose de la condición que tanto docentes como estudiantes usan en



su vida cotidiana un dispositivo móvil (Ascheri, y otros, 2015).

Como herramienta para la enseñanza de las matemáticas, particularmente en el caso del Cálculo Diferencial, en la actualidad, ha tenido gran impacto el software Geogebra que cuenta con una interfaz que facilita el uso simultáneo de representación simbólica y gráfica. El propósito al introducir este aplicativo es realizar una mejora en los procesos de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes. El resultado de aplicar el software fue positivo, observaron que los estudiantes mejoraron su actitud hacia el aprendizaje del cálculo diferencial motivados por el uso de GeoGebra en el proceso de aprendizaje, generando mayor comprensión de los conceptos e incrementando los índices de aprobación de la asignatura, (Villalón Guzmán, Calderón Ramírez, Gasca Figueroa, & Ramos Beltrán, 2012).

(Falsetti, Favieri, Scorzo, & Williner, 2013), en un estudio transeccional descriptivo sobre el desarrollo de habilidades matemáticas y la relación de éstas con actividades matemáticas y contenidos específicos, se analizaron experiencias donde se emplea el software Mathematica®. Su trabajo, describe los criterios considerados para la clasificación de las actividades y habilidades a desarrollar con el uso del software, los instrumentos para la evaluación y el procesamiento de los datos. Se concluyó que la herramienta permite desarrollar habilidades como Explorar, Comparar, Generalizar y Fundamentar a partir de los gráficos realizados con la herramienta porque proporcionan visualizaciones rápidas y claras de las funciones, resaltando la potencialidad didáctica de la misma.

Marco teórico

A. Software matemático

Una herramienta de apoyo a los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática se presenta en el software

educativo; el cual, sí está bien elaborado y se hace un uso adecuado de él, puede mejorar notablemente el interés y la construcción de conocimiento matemático en los estudiantes. No obstante, es necesario que todo docente conozca algunas normas y criterios para la selección de un buen software de matemáticas, puesto que de ello dependerá que se fortalezca el aprendizaje de los estudiantes.

Existen varias categorías de software matemático:

- El software para resolución de problemas estadísticos
- El software de análisis numérico que simula procesos matemáticos complejos aplicados a procesos del mundo real
- El software de cálculo simbólico que trabaja con ecuaciones y fórmulas simbólicamente, no numéricamente.
- El software para desarrollo de geometría dinámica

Según Abrate y Pochulu(2005), entre las fortalezas o ventajas que ofrece, se tienen:

- Enlaza la matemática con otras áreas del saber a través de la virtualización de los objetos conceptuales matemáticos
- Permiten el control del tiempo libre y la secuencia del aprendizaje en el estudiante, fomentando el trabajo individual o grupal y la participación activa en la construcción de conocimiento
- Admite que el estudiante pueda aprender de sus errores, a través de retroalimentación inmediata y efectiva.
- Tiene precisión científica: en cuanto a la presentación de los hechos y principios, y al empleo de la terminología técnica.
- Inicia al estudiante en el ejercicio de la modelización matemática de situaciones reales
- Introduce al estudiante en el ejercicio

continuo de la experimentación matemática, en tanto permite explorar cómodamente regularidades y pautas de comportamientos de los objetos matemáticos, induciéndolo a conjeturar sobre su propia naturaleza.

Macías Ferrer (2007) remarca que la matemática se vale de la semiótica y la visualización para representar los objetos matemáticos, y que ésta no es un fin en sí mismo sino un medio para mejorar la comprensión de dichos entes abstractos. Este proceso de visualización puede realizarse con lápiz y papel, pero el uso de tecnología lo torna más ágil y efectivo.

Según (Ortiz & Arias, 2012) “el simple hecho de introducir una herramienta computacional en un entorno escolar motiva al estudiante a buscar y construir su conocimiento, y este aprendizaje es mayor y más significativo”.

El papel o rol del docente en la forma en que integra los recursos software a los procesos de enseñanza aprendizaje de las matemáticas con los estudiantes, es muy importante ya que define la forma en la que dichos estudiantes se enfrentan a la solución de un problema. Utilizan el software para corroborar resultados o como ayuda gráfica para inferir estrategias de solución.

B. Software Libre

Es cualquier programa cuyos usuarios gocen de estas libertades tales como la de redistribuir copias con o sin modificaciones, de forma gratuita o cobrando por su distribución, a cualquiera y en cualquier lugar, introducir modificaciones y utilizarlas de forma privada, sin siquiera tener que mencionar su existencia. La libertad para utilizar un programa significa que cualquier individuo u organización podrán ejecutarlo desde cualquier sistema informático, con cualquier fin y sin la obligación de comunicárselo subsiguientemente ni al desarrollador ni a ninguna entidad en concreto (Stallman, 2004)

C. Validación Software Educativo

Cataldi (2000), define la evaluación (o validación) de programas educativos como: un proceso que consiste en la determinación del grado de adecuación de dichos programas al contexto educativo. Cuando el programa llega al docente, es de suponer que ha sido analizado y evaluado tanto en sus aspectos pedagógicos y didácticos, como en los técnicos (Fallas Monge & Chavarría Molina, 2010).

D. Competencias matemáticas

La noción de competencia está vinculada con un componente práctico: “Aplicar lo que se sabe para desempeñarse en una situación” (Estándares básicos de calidad en matemáticas y lenguaje). Para el caso particular de las matemáticas, ser competente está relacionado con ser capaz de realizar tareas matemáticas, además de comprender y argumentar por qué pueden ser utilizadas algunas nociones y procesos para resolverlas. Esto es, utilizar el saber matemático para resolver problemas, adaptarlo a situaciones nuevas, establecer relaciones o aprender nuevos conceptos matemáticos. Así, la competencia matemática se vincula al desarrollo de diferentes aspectos, presentes en toda la actividad matemática de manera integrada:

- Comprensión conceptual de las nociones, propiedades y relaciones matemáticas: se relaciona con el conocimiento del significado, funcionamiento y la razón de ser de conceptos o procesos matemáticos y de las relaciones entre éstos. En los Lineamientos curriculares se establecen como conocimientos básicos: Pensamiento numérico y sistemas numéricos, pensamiento espacial y sistemas geométricos, pensamiento métrico y sistemas de medidas, pensamiento aleatorio y sistemas de datos, pensamiento variacional y sistemas algebraicos y analíticos.



- **Formulación, comparación y ejercitación de procedimientos:** se refiere al conocimiento de procedimientos matemáticos (como algoritmos, métodos, técnicas, estrategias y construcciones), cómo y cuándo usarlos apropiadamente y a la flexibilidad para adaptarlos a diferentes tareas propuestas.
- **Modelación:** entendida ésta como la forma de describir la interrelación entre el mundo real y las matemáticas, se constituye en un elemento básico para resolver problemas de la realidad, construyendo modelos matemáticos que reflejen fielmente las condiciones propuestas, y para hacer predicciones de una situación original.
- **Comunicación:** implica reconocer el lenguaje propio de las matemáticas, usar las nociones y procesos matemáticos en la comunicación, reconocer sus significados, expresar, interpretar y evaluar ideas matemáticas, construir, interpretar y ligar representaciones, producir y presentar argumentos.
- **Razonamiento:** usualmente se entiende como la acción de ordenar ideas en la mente para llegar a una conclusión. Para este caso particular, incluye prácticas como justificar estrategias y procedimientos, formular hipótesis, hacer conjeturas, encontrar contraejemplos, argumentar y exponer ideas.
- **Formulación, tratamiento y resolución de problemas:** todos los aspectos anteriores se manifiestan en la habilidad de los estudiantes para éste. Está relacionado con la capacidad para identificar aspectos relevantes en una situación para plantear o resolver problemas no rutinarios; es decir, problemas en los cuales es necesario inventarse una nueva forma de enfrentarse a ellos.
- **Actitudes positivas en relación con las propias capacidades matemáticas:**

este aspecto alude a que el estudiante tenga confianza en sí mismo y en su capacidad matemática, que piense que es capaz de resolver tareas matemáticas y de aprender matemáticas; en suma, que el estudiante admita y valore diferentes niveles de sofisticación en las capacidades matemáticas. También tiene que ver con reconocer el saber matemático como útil y con sentido.

- Tomado de: Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. MEN(2006)

Llegar a ser matemáticamente competente es un proceso largo y continuo que se perfecciona durante toda la vida escolar, en la medida que los aspectos anteriores se van desarrollando de manera simultánea, integrados en las actividades que propone el maestro y las interacciones que se propician en el aula de clase. El maestro de matemáticas debe ser consciente de esto al planificar su enseñanza y al interpretar las producciones de sus estudiantes, pues sólo así logrará potenciar progresivamente en ellos las aptitudes y actitudes que los llevará a tener mejores desempeños en su competencia matemática. Las competencias matemáticas no son un asunto de todo o nada.

Villanueva (2006) ha identificado dos tipos diferentes de competencias que en el área de matemáticas es preciso desarrollar, las de carácter transversal y las específicas del área. Entre las competencias transversales están:

Interpretativa: Se refieren a procesos cognitivos, actitudinales y motrices necesarios para entender y comprender una determinada situación, problema, esquema gráfico o tabla, relacionados con elementos lógicos, numéricos, algebraicos propios de una actividad matemática del aula.

Argumentativa: Son procesos que le permiten al estudiante exponer las razones para justificar determinados razona-



mientos o procedimientos matemáticos, lo cual exige razonamiento lógico y de análisis.

Propositiva: Son procesos mediante los cuales el estudiante propone hipótesis, procedimientos, cuestionamientos, problemas, preguntas y soluciones a problemas teniendo como base los conceptos y habilidades del área de matemáticas.

Y en el grupo de las competencias específicas están:

Lógica: Proceso mediante el cual la persona construye proposiciones y establece valores de verdad.

Numérica: Proceso general de comprensión de los sistemas de número y sus operaciones asociadas.

Geométrica: Proceso asociado con el reconocimiento, la descripción y la comprensión de la direccionalidad y la orientación de formas u objetos construyendo modelos de representación bidimensional y tridimensional.

Métrica: Proceso mediante el cual se lleva a cabo el manejo del sistema internacional de medidas que permite la determinación de longitudes, volúmenes, capacidades y masas de los objetos de la realidad.

Algebraica: Proceso mediante el cual se realiza operaciones con variables para representar procesos de la realidad.

Estadística: Proceso mediante el cual se implementa métodos y procedimientos para recolectar, sistematizar y analizar diferentes tipos de datos

Resolución de problemas: Este proceso se encamina a desarrollar en los estudiantes las habilidades tendientes a que identifiquen, analicen y definan los elementos significativos que constituyen un problema para resolverlo con criterio y de manera efectiva.

Por su parte Yániz Álvarez (2006), señala que para proporcionar una formación que permita adquirir determinadas competencias es necesario diseñar situaciones de aprendizaje que promuevan la

adquisición de habilidades, de actitudes y conocimientos que componen esas competencias.

Metodología:

En la actualidad existen en el mercado gran cantidad de ofertas respecto a software educativo para el cálculo diferencial, se debe realizar una selección de dicha oferta. Para ello, se emplean diversas maneras de clasificar instrumentos para la evaluación de aprendizajes. Entre ellas puede realizarse una evaluación referida a criterios, que a partir de comparación permite el establecimiento de un puntaje relacionado con el resultado de puntaje individual orientado a evaluar conocimientos, competencias o habilidades (Covacevich, 2014).

Como primera etapa de esta metodología, se inició la investigación con las palabras claves, introducidas en los motores de búsqueda que permitieron encontrar aplicaciones móviles para la enseñanza del cálculo diferencial. Se encontraron 23 aplicaciones relacionadas con el cálculo diferencial (Math Ref, Algeo Graphing Calculator, WolframAlpha, Fórmulas Free, Mathe Experte, GeoGebra, Fx Math Solver, Derive 5.0 – 6.0, FreeMat, Padowan Graph, Cálculo Diferencial e Integral, Calculus Course Assistant, GNU Octave, Winplot, Software Mathematica, Formule, Symbolab, Cálculo e Algebra solucionador, Grapher, Cálculo e Algebra solucionador, Derivative Step by step Derivatives, Calculadora Gráfica de Matlab, MalMath).

Para la selección de tres de estas herramientas, (Fallas Monge & Chavarría Molina, 2010) explica que se requiere un proceso de validación para determinar la pertinencia y calidad de las mismas. La validación se realiza a través de modelos de evaluación de software educativo que contiene una cantidad de criterios de inclusión asociados a las características técnicas de cada software (análisis estructural de



los elementos que componen el programa (Fallas Monge & Chavarría Molina, 2010)) y criterios de inclusión respecto a las competencias matemáticas requeridas en el curso de cálculo diferencial, para la determinación de elementos didácticos - pedagógicos, (Rada Cadenas). Estos modelos sirven para ayudar en la toma de decisiones en cuanto a selección de software se refiere para identificar las fortalezas y debilidades de los mismos frente a los contenidos que se requieren reforzar (Cova, Arrieta, & Aular de Duran, 2008).

Antes de realizar la evaluación, se hace una jerarquización de los factores a evaluar de acuerdo al grado de importancia tanto a nivel técnico como a nivel educativo, de acuerdo con (Abud Figueroa, 2005). Como instrumentos de evaluación para las aplicaciones educativas se emplean cuestionarios de valoración con una escala entre rangos de valores o por el grado de conformidad del usuario con las afirmaciones propuestas (Fallas Monge & Chavarría Molina, 2010).

Posteriormente se evalúa la calidad del software y para ello, dentro de los cuestionarios se debe realizar una clasificación de acuerdo al factor de importancia. Para el caso de esta investigación, se asignó un peso del 40% al factor de las competencias matemáticas, el 36% para el factor que evalúa interfaz y usabilidad, 24% para el aspecto técnico, siguiendo la propuesta realizada por (Abud Figueroa, 2005) .

Según (Abud Figueroa, 2005), la calidad global del software se evalúa mediante un modelo de atributos múltiples a partir de la función:

$$U = \sum_{k=1}^n W_k A_k \quad (1)$$

donde es el valor de la calidad local, es el peso de cada factor y A es el puntaje obtenido para cada alternativa.

Criterios de Inclusión técnicos (asociados a la calidad del software y requerimientos de funcionamiento)

1. Portabilidad del software (Dispositivos móviles)
2. Análisis de requisitos del sistema: Sistema Operativo Android (mayor facilidad de adquisición por parte de docentes y estudiantes). (Cataldi, Lage, Pessacq, & García Martínez), (Cataldi Z. , 2000)
3. Software Libre
4. Facilidad de instalación y operación del mismo sin manual (Fallas Monge & Chavarría Molina, 2010)
5. Idioma
6. Según (Hernández B., 2007), debe seleccionarse un software teniendo en cuenta los elementos básicos de presentación y funcionamiento
 - a. Interfaz gráfica, que no requiera desarrollo de código de programación por el estudiante (diseño de la pantalla, diseño de las ventanas, diseño de los botones, uso de colores, uso de tipo de letra, símbolos matemáticos, menús.), (Fallas Monge & Chavarría Molina, 2010). Se debe evaluar el entorno visual y los elementos multimedia que componen al software, hace referencia a la calidad de las imágenes, los gráficos, animaciones, fotografías e iconos de operación del mismo (Hernández B., 2007).
 - b. Usabilidad: Es la medición de calidad de la facilidad de uso que tiene un usuario cuando interactúa con un producto o sistema, como aplicaciones de software. Esta se mide a través de la composición y relación de las herramientas (Sistema de navegación, funcionalidades y el contenido ofrecido), para determinar la eficiencia de su uso de cada uno de los elementos ofrecidos en el producto o sistema (Gutiérrez Bobadilla & Herrera Moreno, 2013)
7. Sistema de evaluación y seguimiento al estudiante para evaluar lo aprendido errores cometidos (Marquès Graells)

En la siguiente etapa de la metodología, se filtró los software evaluando los primeros 5 criterios de inclusión técnicos

propuestos, obteniendo un total de 11 de los 23 software encontrados. Posteriormente se evaluó el criterio que considera la interfaz y usabilidad del software.

Finalmente se debió evaluar los software por criterios de inclusión acorde a las competencias matemáticas que pueden desarrollar los estudiantes con la aplicación. Son aspectos que recogen elementos responsables del éxito del proceso de E/A asociados a las temáticas a desarrollar durante el curso de cálculo diferencial, deben ser considerados al momento de elegir la herramienta, teniendo claros los objetivos que se desean alcanzar con implementación del software, por lo tanto se debe revisar la calidad del material educativo del software, (Hernández B., 2007) . Como requisito importante de la evaluación. el software debe incluir las competencias matemáticas para afrontar un curso de cálculo diferencial, esto garantizará la eficacia del proceso E/A favoreciendo la construcción del conocimiento (Hernández B., 2007).

Criterios de Inclusión de Competencias Matemáticas (objetivos, contenidos, actividades, ventajas respecto a otros (Fallas Monge & Chavarría Molina, 2010))

Para la determinación de estos criterios matemáticos, se tuvieron en cuenta los objetivos de aprendizaje en un curso de Cálculo diferencial:

1. Calidad de los contenidos: Información veraz que esté de acuerdo a la teoría que el docente enseña en la clase, no debe presentarse errores ortográficos. (Fallas Monge & Chavarría Molina, 2010).
2. Reconocer cuando una función es continua y saber clasificar las discontinuidades que esta tenga.
3. Conocer y aprender el concepto de límite y analizarlo desde los puntos de vista: gráfico, numérico, y algebraico.
4. Conocer y aplicar los teoremas sobre límites y los métodos para calcularlos
5. Entender el concepto de la derivada

como función y conocer las diferentes reglas de derivación

6. Interpretar y resolver problemas de razón de cambio aplicados física, química, biología y otras ciencias
7. Modelar los fenómenos presentados, identificando las magnitudes involucradas, estableciendo relaciones entre éstas; y determinación de los valores de dichas magnitudes que resuelven los problemas.

Y además, las competencias específicas que debe adquirir el estudiante:

1. Construye e interpreta modelos matemáticos mediante la aplicación de procedimientos aritméticos algebraicos, geométricos y variacionales, para la comprensión y análisis de situaciones reales, hipotéticas o formales.
2. Analiza las relaciones entre dos o más variables de un proceso social o natural para determinar o estimar su comportamiento.
3. Argumenta la solución obtenida de un problema, con métodos numéricos, gráficos, analíticos o variacionales, mediante el lenguaje verbal, matemático y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación
4. Formula y resuelve problemas matemáticos aplicando diferentes enfoques.
5. Interpreta tablas, gráficas, mapas, diagramas y textos con símbolos matemáticos y científicos

Con esto, se definen las funcionalidades matemáticas que deben tener las aplicaciones software que contribuyen a la consecución de dichos objetivos y competencias.

Evaluación de las aplicaciones matemáticas

El total de cada componente se obtiene de la suma de los valores para cada pregunta de los cuestionarios consignados en las Tablas 1, 2 y 3. El cálculo de la utilidad por componentes se obtiene al multiplicar

el peso porcentual de la componente por la suma total de los ítems evaluados.

La escala de evaluación trabajada consideró valores:

Bajo: tomó el valor de 1 para indicar que el software no cumplió con dicho criterio.

Medio: se asignó el valor 3 para indicar que cumple con el criterio pero no completamente, porque faltó dentro del mismo criterio el cumplimiento de alguno de los conceptos evaluados.

Alto: se eligió el valor 5 para indicar que el software cumplió a cabalidad con el criterio evaluado.

Tabla 1. Cuestionario de Evaluación de las funcionalidades matemáticas asociadas a los objetivos y competencias del cálculo diferencial que permite desarrollar cada aplicación

Funcionalidades Matemáticas	FX Calculus problem solver	GeoGebra	Formule	Symbolab	Cálculo e Algebra solucionador	Algeo Graphing Calculator	MalMath	Derivative Step by step	Grapher	Derivatives	Calculadora gráfica de Matlab
Permite la graficación de funciones con coordenadas y tablas de valores	3	3	1	3	5	5	5	3	3	1	5
Calcula límites algebraica y numéricamente con procedimientos paso a paso	3	3	1	3	3	1	5	3	1	1	1
Calcula derivadas algebraica y numéricamente con procedimientos paso a paso	3	3	1	3	3	3	5	5	1	3	1
Permite hacer modelación matemática	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	10	10	4	10	12	10	16	12	6	6	8
Cálculo de la utilidad componente de funcionalidades matemáticas	4	4	1.6	4	4.8	4	6.4	4.8	2.4	2.4	3.2

Tabla 2. Cuestionario de Evaluación de los criterios técnicos que posee cada software

Técnico	FX Calculus problem solver	GeoGebra	Formule	Symbolab	Cálculo e Algebra solucionador	Algeo Graphing Calculator	MalMath	Derivative Step by step	Grapher	Derivatives	Calculadora gráfica de Matlab
Portabilidad del Software (dispositivos móviles)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Requisitos del sistema: Sistema operativo Android	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Software Libre	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Facilidad de Instalación	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Idioma	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TOTAL	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Cálculo de la utilidad componente técnico	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Tabla 3. Cuestionario de Evaluación de la Interfaz gráfica y usabilidad de cada software

Interfaz y Usabilidad	FX Calculus problem solver	GeoGebra	Formule	Symbolab	Cálculo e Algebra solucionador	Algeo Graphing Calculator	MalMath	Derivative Step by step	Grapher	Derivatives	Calculadora gráfica de Matlab
El diseño de la interfaz de usuario permite flexibilidad de navegación por las actividades (Marqués Graells)	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5
La terminología utilizada por el software, coincide con la terminología usada por el docente (Floria Cortés, 2001)	5	5	3	5	5	5	5	3	5	3	5
Mensajes de error (Floria Cortés, 2001)	5	5	1	5	5	5	5	3	5	5	5
Entorno audiovisual: presentación, pantallas, sonido, letra.(Marqués Graells)	5	5	3	5	5	5	5	3	5	3	5
Calidad y estructuración de los contenidos (Marqués Graells)	5	1	1	3	5	5	5	3	5	3	5
Ejecución fiable, velocidad de acceso adecuada (Marqués Graells)	3	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5
Presentación de temática por esquemas (Marqués Graells)	5	3	3	5	3	5	5	3	5	3	3
El software trae ejemplos ilustrativos de funcionamiento (Marqués Graells)	5	3	5	5	1	3	5	3	3	1	1
Contiene Actividades de autoevaluación (Marqués Graells)	1	3	1	5	5	1	3	1	3	1	5
Realiza los cálculos paso a paso	3	1	1	5	1	1	5	5	1	1	1
El software refuerza el RAZONAMIENTO (deductivo, inductivo, crítico) (Marqués Graells)	3	5	1	5	3	3	5	3	5	3	3
Facilidad para entender qué datos se deben ingresar y los resultados proporcionados (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	5	5	1	5	5	3	5	3	5	5	5
Desde cualquier punto un usuario puede salir de la herramienta (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Se dan indicaciones para completar campos problemáticos (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	1	5	1	5	1	5	5	3	3	1	5
Se identifican fácilmente las figuras, las tablas, las zonas activas y el tipo de acción que se debe ejecutar (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5
El acceso a la ayuda está en una zona visible y reconocible (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	1	5	1	1	5	5	5	1	5	1	1
La herramienta está diseñada para necesitar el mínimo de ayuda y de instrucciones (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	5	3	5	5	5	3	5	3	5	5	3
Es fácil de recordar cómo ejecutar una tarea en la herramienta (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Los tipos y tamaños de letra son legibles y distinguibles (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Los títulos son descriptivos y distintivos (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	5	1	3	5	1	5	5	5	5	5	5
En los menús desplegables, los elementos de las listas son suficientemente explicativos y se visualizan todos a la vez (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	1	1	1	5	1	5	5	5	5	3	5
La apariencia de la herramienta es agradable y sencilla (Ferrari Alve & Mariño, 2014)	5	5	1	5	5	5	5	3	5	3	5
TOTAL	86	86	62	104	86	94	108	74	100	72	92
Cálculo de la utilidad componente de interfaz y utilidad	30.96	30.96	22.32	37.44	30.96	33.84	38.88	26.64	36	25.92	33.12

Luego de evaluar cada uno de los criterios con los cuestionarios propuestos en las tablas 1, 2 y 3, se procedió a aplicar la ecuación (1), con la que se obtuvo la calidad global de cada software. Los resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Evaluación con la calidad global de cada software

Calidad global de cada software										
FX Calculus problem solver	Geo Gebra	Formule	Symbolab	Cálculo e Algebra solucionador	Algeo Graphing Calculator	MalMath	Derivative Step by step	Grapher	Derivatives	Calculadora gráfica de Matlab
40.96	40.96	29.92	47.44	41.76	43.84	51.28	37.44	44.4	34.32	42.33

La puntuación máxima de la calidad global de un software correspondió a 53.6, en el cual todos los ítems tienen puntuación máxima de 5. Este puntaje correspondió al 100% de la calidad global, por lo tanto se encontró el porcentaje para cada uno de los resultados de la tabla 4. Los resultados se observan en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de la calidad global de cada software

Porcentaje de calidad global de cada software										
FX Calculus problem solver	Geo Gebra	Formule	Symbolab	Cálculo e Algebra solucionador	Algeo Graphing Calculator	MalMath	Derivative Step by step	Grapher	Derivatives	Calculadora gráfica de Matlab
76%	76%	56%	89%	78%	82%	96%	70%	83%	64%	79%

Análisis de resultados

De los resultados obtenidos en la Tabla 4 se observó que los software FX Calculus problem solver, Geogebra, Symbolab, Cálculo e Algebra solucionador, Algeo Graphing Calculator, MalMath, Grapher y la Calculadora gráfica de Matlab superaron los 40 puntos de calificación, cumpliendo con la mayoría de los ítems evaluados.

Se obtuvo también, de este proceso, tres software que no cumplen con dichos criterios obteniendo calificación inferior a 40 puntos, entre ellos Formule, que

resultó ser una aplicación con la que los estudiantes no pueden interactuar, ya que se encuentra la información a manera de presentación en formato pdf, contiene fórmulas para los diferentes temas del cálculo diferencial pero no guía a los estudiantes por procesos de razonamiento inductivo, deductivo o crítico. Otra desventaja de este software es que no permite la realización de gráficas, ni el desarrollo de los procesos de cálculo de límites y derivadas, no presenta mensajes de error ni tiene ayuda de operación disponible al usuario. Al evaluar la estructuración



de los contenidos se observó que solamente estaban jerarquizados por temas principales dentro del Cálculo Diferencial: Derivadas, Límites y Funciones, sin contar con subjerarquías, en el momento de la visualización se presentaba cualquier tema sin títulos para orientar al usuario.

Derivative step by step, si bien permite graficar funciones, no muestra las tablas de valores de las mismas. Y si bien hace cálculo de límites, no enseña el procedimiento paso a paso. Además, no tiene un espacio para ayudas.

La aplicación Derivatives, solo permite el cálculo de derivadas sin procedimiento paso a paso. No hace graficación ni cálculo de límites.

Los software que aseguran un porcentaje de calidad global, superior al 80% son los siguientes: Algeo Graphing Calculator con el 82%, Grapher con el 83%, Symbolab con un 89% y MalMath con el 96%.

Algeo Graphing Calculator : Presenta un muy buen diseño de interfaz gráfica, con facilidad de navegación, con ejemplos ilustrativos de funcionamiento. Capacidad para hacer graficación de funciones y tablas de valores. Además de cálculo de derivadas enseñando el procedimiento paso a paso

Grapher : Es capaz de crear gráficos en 2D y 3D a partir de simples y complejas ecuaciones. También soporta múltiples ecuaciones en un gráfico, las ecuaciones de exportación a formato LaTeX. Está disponible una amplia gama de funciones predefinidas, incluyendo funciones trigonométricas e hiperbólicas, diferenciación y más. Todo lo que escriba será procesado y visualizado instantáneamente por un poderoso motor matemático

MalMath : Hace solución de derivadas y límites con descripción paso a paso y análisis gráfico. Ver la gráfica de dos expresiones funcionales al mismo tiempo. Permite practicar cálculos mediante un generador de problemas integrado, en el espacio de Ayuda, con niveles de dificultad fácil, intermedio y avanzado. Excelente interfaz gráfica que ofrece fácil navegabilidad y una apariencia agradable y sencilla.

Al hacer clic en “Mostrar pasos”, la aplicación resuelve el problema paso a paso y muestra el proceso de resolución con animación (si la animación está activada en la página de configuración). También puede elegir la velocidad de animación, en la página de configuración.

Cuando tiene un problema, puede resolver el problema (y ver los pasos necesarios para ese problema) o ver la gráfica de ese problema. En ambos lugares puedes usar la opción de compartir (que se encuentra en el botón “más” - los tres puntos), y puedes compartir el Gráfico o los Pasos de Resolución, con quien quieras. Elige el método de uso compartido, según las aplicaciones que utilices en tu teléfono. Puede enviarlo por correo electrónico, compartirlo con diferentes medios de comunicación social o enviarlo con cualquier otra aplicación.

Para el caso del software Symbolab puede decirse que es una aplicación completa, en la parte de evaluación de la componente interfaz y usabilidad obtuvo excelentes resultados, exceptuando ítems como la calidad y estructuración de los contenidos que no estaban presentes en la herramienta porque funciona a modo calculadora, la operación del software es intuitiva y tiene ayuda para el usuario si así lo requiere. En la componente donde se evalúan las competencias matemáticas para la asignatura cálculo diferencial obtuvo calificación media en todos los ítems, porque desarrolla los cálculos o algoritmos ingresados, pero no se observa el paso a paso en ningún tema, tiene la opción pero debe comprarse la versión premium, realiza gráficas de las funciones que se ingresan pero no permitió la visibilización de las tablas con los valores que la generaron, se desconocen las coordenadas. Es importante mencionar que al ser un aplicación gratuita, aparece gran cantidad de propaganda, cada vez que se le solicita realizar un cálculo. Es una buena herramienta porque permite al usuario ingresar funciones para ser sometidas a diversas operaciones, contiene ejemplos



y está jerarquizada por temas y subtemas. No solamente contiene información para Cálculo sino que incluye Trigonometría, Álgebra, Pre-álgebra, Matrices y vectores. El software fortalece competencias matemáticas específicas como comprensión conceptual de las nociones, propiedades y relaciones matemáticas, obliga al estudiante a la formulación, comparación y ejercitación de procedimientos porque no incluye el paso a paso de los cálculos, a desarrollar un lenguaje propio a través de la comunicación y lo fundamental el razonamiento que lo orienta a conclusiones.

Finalmente de este último filtro se eligió 3 de los software con mayor porcentaje de calidad global. El primero fue MalMath, posee el mayor porcentaje, con un total de 51.28 puntos. La segunda herramienta es Symbolab con un puntaje de 47.44 y Grapher con 44.4 puntos de calidad global.

Conclusiones y recomendaciones

Los estudiantes que ingresan hoy a la educación superior son conocidos como nativos digitales, que prefieren recibir la información de forma rápida, trabajar multitarea, prefieren aprender a partir de las imágenes y juegos sin considerar grandes extensiones de texto y su principal característica es que requieren de un teléfono celular para el desarrollo de sus actividades. Por lo tanto el desarrollo e implementación de aplicaciones móviles para la enseñanza y aprendizaje en las

aulas es necesario, para facilitar estos procesos a las nuevas generaciones.

Existen actualmente aplicaciones desarrolladas para el fortalecimiento de las competencias matemáticas, dependiendo de criterios como la calidad y estructuración del contenido, las características técnicas del software que se requieran y la calidad en cuanto a la interfaz y usabilidad de cada herramienta, permitirán la selección de una herramienta que cubra dichas necesidades.

Los software evaluados se caracterizan porque tenían publicidad, demorando con ello los procesos de cálculo. Por lo tanto a manera de recomendación se sugiere a las Instituciones Universitarias iniciar con el desarrollo de software propio para Educación, que pueda ser usado sin publicidad por sus estudiantes y docentes.

Se espera usar estas tres herramientas software móviles en el aula de clase, en la asignatura Cálculo diferencial en la Corporación Universitaria Comfacauca como apoyo metodológico y didáctico dentro del proceso de formación en los estudiantes de la Facultad de Ingenierías.

Se observó durante el proceso investigativo que no hay aplicaciones desarrolladas en el área del Cálculo Diferencial que sean juegos interactivos en donde los estudiantes puedan reforzar los conocimientos vistos en clase, por lo tanto se recomienda a los diseñadores de software crear aplicaciones móviles de este tipo. Teniendo en cuenta que son nativos digitales y aprenden mejor jugando.

Bibliografía

Abrate, R., & Pochulu, M. (2005). El software educativo en la enseñanza y aprendizaje de la matemática: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. V Congreso Internacional Virtual de Educación (págs. 1-24). Provincia de Córdoba, Argentina: CiberEduca.com 2005. Obtenido de CiberEduca.com. Psicólogos y pedagogos al servicio de la educación.

Abud Figueroa, M. (Diciembre de 2005). MECSE: Conjunto de Métricas para Evaluar Software Educativo. UPIICSA en línea. Tecnologías, Ciencia y Cultura, 39(XIII), 7-10.

Ascheri, M., Testa, O., Pizarro, R., Camiletti, P., Díaz, L., & Di Martino, S. (2015). Desarrollo de aplicaciones para la enseñanza de la matemática con dispositivos móviles. IV Jornadas de Enseñanza e Investigación

- Educativa en el campo de la Ciencias Exactas y Naturales, (págs. 1-9). Ensenada, Argentina. Recuperado el 7 de Noviembre de 2016, de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8045/ev.8045.pdf
- Cataldi, Z., Lage, F., Pessacq, R., & García Martínez, R. (2000). Ingeniería de Software Educativo. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería. 1-16. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de <http://laboratorios.fi.uba.ar/lsi/c-icie99-ingenieriasoftwareeducativo.pdf>
- Cataldi, Z., García-Martínez, R., & Pessacq, R. (2000). Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo. Tesis de Magíster en Informática. (versión resumida). Facultad de Informática UNPL, 1-74. Argentina. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de <http://www.iidia.com.ar/rgm/tesisatas/cataldi-tesisdemagistereninformatica.pdf>
- Cova, Á., Arrieta, X., & Aular de Duran, J. (2008). Revisión de Modelos para Evaluación de Software Educativos. Revista Electrónica de Estudios Telemáticos, V 7(1), 93-114. Recuperado el 25 de Noviembre de 2016, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2954394.pdf&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Covacevich, C. (2014). Cómo seleccionar un instrumento para evaluar aprendizajes estudiantiles. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo, 1-40. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6758/C%C3%B3mo-seleccionar-un-instrumento-para-evaluar-aprendizajes-estudiantiles.pdf>
- Fallas Monge, J. J., & Chavarría Molina, J. (2010). Validación de Software Educativo. VII Festival Internacional de Matemática, Sede San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica, (págs. 1-8). Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de <http://www.cientec.or.cr/matematica/2010/ponenciasVI-VII/Validacion-Fallas-Jeffrey.pdf>
- Falsetti, M., Favieri, A., Scorzo, R., & Williner, B. (2013). Actividades de Cálculo Diferencial con Computadora: Estudio de Habilidades Matemáticas Desarrolladas. Revista digital — Matemática, Educación e Internet, 1-35. Recuperado el 25 de Noviembre de 2016, de https://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/ARTICULOS_V13_N2_2013/Revis-taDigital_falsetti_V13_n2_2013/Screen_RevistaDigital_falsetti_V13_n2_2013.pdf
- Ferrari Alve, S. I., & Mariño, S. I. (2014). Guía de evaluación de la usabilidad para herramientas de minería de datos. Recuperado el 7 de Diciembre de 2016, de No solo usabilidad: revista sobre personas, diseño y tecnología: http://www.nosolousabilidad.com/articulos/usabilidad_mineria_datos.htm
- Floría Cortés, A. (Diciembre de 2001). Manual de Técnicas para el Diseño Participativo de Interfaces de Usuario de Sistemas basados en Software y Hardware. Zaragoza, España: 1-173. Recuperado el 25 de Noviembre de 2016, de http://www.disenomovil.mobi/multimedia_un/01_intro_ux/Manual_de_Tecnicas_para_el_Disenio_Participativo-usabilidad_corregido.pdf
- Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2003). Fundamentos de la Enseñanza y el Aprendizaje de las Matemáticas para Maestros. (D. d. Matemática, Ed.) Matemáticas y su didáctica para Maestros. Manual para el Estudiante, 1-151. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de http://www.pucrs.br/famat/vialit/tic_literatura/livros/fundamentos.pdf
- Google Play Store. (2016). (Versión 7.7.31.) [Aplicación Móvil].
- Gutiérrez Bobadilla, P. A., & Herrera Moreno, S. V. (2013). Modelo de Evaluación de Usabilidad y correspondencia didáctica de un Software Lúdico. Bogotá, 1-154. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1025/2/MODELO%20DE%20EVALUACION%20Y%20CORRESPONDENCIA%20DIDACTICA%20DE%20UN%20SOFTWARE%20LUDICO.pdf>
- Macías Ferrer, D. (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. Revista Iberoamericana de Educación, 1-17. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IFeZE7Mu5uAJ:rieoei.org/deloslectores/1517Macias.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Marquès Graells, P. (2002). Evaluación y selección de software educativo. Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos, (185), 31-37. Obtenido de <http://>



- diversidad.murciaeduca.es/tecnoneet/docs/2002/62002.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. Bogotá D.C., Colombia, 6-17. Recuperado el 13 de Diciembre de 2016, de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-116042_archivo_pdf.pdf
- Muñoz Carril, P. C., & González Sanmamed, M. (Julio - Diciembre de 2011). Conocimientos del profesorado universitario en herramientas telemáticas. CPU-e, *Revista de Investigación Educativa*(13), 1-27. Recuperado el 7 de Diciembre de 2016, de <http://www.redalyc.org/pdf/2831/283121730004.pdf>
- Ortiz, A., & Arias, R. (7 al 9 de Junio de 2012). *GeoGebra como herramienta para la Enseñanza de la Matemática: Resultados de un curso de Capacitación*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2016, de <http://www.cientec.or.cr/matematica/2012/ponencias-VIII/Andres-Ortiz.pdf>
- Rada Cadenas, D. M. (15 de Abril de 2009). Instrumento para el análisis y evaluación de los Software Multimedia Educativos. *Boletín Red Educativa Mundial*, 1-9. Obtenido de http://www.redem.org/boletin/files/Instrumento_para_Multimedia.pdf
- Ruiz Ledesma, E. F., Hernández González, J. D., & Gutiérrez García, J. J. (Septiembre de 2014). Aplicaciones en dispositivos móviles enfocadas al estudio de los conceptos de cálculo. *El Cálculo y su Enseñanza.*, 6, 123-144.
- Stallman, R. M. (2004). Software libre para una sociedad libre. (J. Rowan, D. Sanz Paratcha, & L. Trinidad, Trads.) Madrid, España: Traficantes de Sueños, 1 - 318. Obtenido de https://www.gnu.org/philosophy/fsfs/free_software2.es.pdf
- Villalón Guzmán, M. T., Calderón Ramírez, M., Gasca Figueroa, D., & Ramos Beltrán, J. A. (2012). Geogebra en la enseñanza del Cálculo Diferencial. *Instituto Geogebra de Celaya*, 1-6. Obtenido de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:selwVEaTRgcJ:geogebra.itc.mx/docs/articulos/GeoGebra_e.cd.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co
- Villanueva Aguilar, G. (2006). Las Matemáticas por Competencias. 1-10. Obtenido de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:RMxSqOGSJdQJ:dcb.fi-c.unam.mx/Eventos/Foro3/Memorias/Ponencia_67.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co
- Yániz Álvarez de Eulate, C. (2006). Planificar la enseñanza universitaria para el desarrollo de competencias. *Educatio siglo XXI*(24), 17-34. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-zB6ftwy74wJ:revistas.um.es/educatio/article/download/151/134+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>