

Estrategia metodológica para la resolución de problemas numéricos con aplicaciones móviles

Methodological strategy for solving numerical problems using mobile applications

Lisette María Pedroso Carracedo¹ 

Resumen La disciplina Matemática Superior se imparte desde el primer año de las carreras de ingenierías de diversas universidades. Esta disciplina posibilita el entendimiento de disímiles fenómenos que ocurren en la formación de ingenieros, así como la resolución de problemas donde no siempre es posible obtener soluciones exactas, lo cual implica la presencia de soluciones aproximadas emanadas de la aplicación de métodos numéricos. El presente trabajo tiene como objetivo, exponer algunos elementos que caracterizan a una estrategia metodológica para la resolución de problemas de la matemática numérica, tomando como base el empleo de aplicaciones móviles. En este orden de ideas se brinda una propuesta de implementación de las cinco fases de la estrategia metodológica, que permiten visualizar los procedimientos asociados a la solución numérica de ecuaciones algebraicas.

Palabras Clave: aplicaciones móviles, ecuaciones algebraicas, métodos numéricos, solución numérica.

Abstract *The Superior Mathematical discipline is imparted from the first year of the careers of engineering of diverse universities. This discipline facilitates the understanding of dissimilar phenomena that they happen in the formation of engineers, as well as the resolution of problems where it is not always possible to obtain exact solutions, that which implies the presence of emanated approximate solutions of the application of numeric methods. The present work has as objective, to expose some elements that characterize to a methodological strategy for the resolution of problems of the numeric mathematics, taking like base the employment of mobile applications. In this order of ideas you a proposal of implementation of the five phases of the methodological strategy that they allow to visualize the procedures associated to the numeric solution of algebraic equations toasts.*

Keywords: mobile applications, algebraic equations, numerical methods, numerical solution.

Mathematics Subject Classification: 97D40, 97D50, 97C70.

¹Departamento Matemática, Instituto Técnico Militar "José Martí", La Habana, Cuba. Email: lissettepc@nauta.cu.

Editado por (Edited by): Damian Valdés Santiago, Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.

Maquetado por (Layout by): Paulo Enrique Lantigua Cuervo, Instituto de Criptografía, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.

Citar como: Pedroso Carracedo, L.M. (2024). Estrategia metodológica para la resolución de problemas numéricos con aplicaciones móviles. *Ciencias Matemáticas*, 38(2), 21–28. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15874010>. Recuperado a partir de <https://revistas.uh.cu/rcm/article/view/10816>.

Introducción

La formación de ingenieros hoy en día, demanda de un proceso docente educativo (PDE) de la disciplina Matemática Superior, visualizado desde una arista tecnológica. A su vez, dicho proceso debe posibilitar la resolución de problemas prácticos del ámbito técnico, que estén estrechamente vinculados al perfil de este profesional.

En el marco de los objetivos generales de la disciplina Matemática Superior, se busca que al finalizar el curso, los alumnos sean capaces de reconocer las distintas etapas en el

proceso de construcción de modelos de sistemas reales y los fundamentos de la teoría de errores que en ellas se introducen.

Al respecto, Jiménez [6] plantea que los métodos numéricos son procedimientos matemáticos que resuelven, de una manera sencilla, problemas que involucran ecuaciones muy complicadas.

En el caso particular de la ingeniería se tiene en cuenta la aplicación del cálculo matemático como herramienta de trabajo en el análisis, investigación y solución de las tareas de las distintas especialidades de la carrera de Ingeniería Radioelec-

trónica del Instituto Técnico Militar (ITM) “José Martí”. Una muestra de ello se pone en evidencia a partir de los objetivos reflejados en el Modelo del Profesional y el Plan de Estudio de esta carrera.

El tema Método Numéricos, como parte del cumplimiento de estos propósitos, se imparte en la disciplina Matemática Superior, considerando dentro de sus contenidos esenciales la solución numérica de ecuaciones algebraicas, la integración numérica, el ajuste de curvas y la solución numérica de ecuaciones diferenciales. Estos contenidos a su vez, tributan a asignaturas del plan de estudio de la carrera de Ingeniería Radioelectrónica como Física, Teoría de señales, Electrónica Analógica e Investigación de operaciones por mencionar sólo algunas.

Tradicionalmente, los contenidos asociados al tema Métodos Numéricos, se impartían empleando una calculadora. Más adelante, a raíz de los procesos de informatización de la sociedad y el amplio desarrollo tecnológico, se van incorporando como parte del proceso docente educativo, otros medios como las computadoras y los dispositivos móviles.

Se concuerda con Rodríguez-Cubillo [14] al expresar que una aplicación móvil con interacciones significativas y alta calidad en contenido, hace más fácil para los educadores el diseño de tareas efectivas relacionadas con la aplicación.

En tal sentido, Morales [10] propone la implementación de un simulador educativo para el aprendizaje de la asignatura Métodos Numéricos, utilizando una herramienta de software libre para la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ambato (PUCESA).

De igual forma, Ajtun [2] presenta para el tratamiento del tema, la creación de una aplicación móvil que resuelve problemas de análisis numérico. Se concuerda con este autor al considerar novedosa la creación de aplicaciones móviles en función de los intereses de los educadores y los planes y programas de estudio de una determinada carrera de ingeniería.

Lo anteriormente expuesto es una alternativa de solución ante aplicaciones de consola desarrolladas en lenguajes de programación casi obsoletos y aplicaciones móviles desactualizadas y en ocasiones no adaptables para los distintos dispositivos existentes en el mercado. No obstante, siempre es conveniente realizar una adecuada selección de aplicaciones móviles de acuerdo a los objetivos generales de cada disciplina y los objetivos específicos de cada carrera.

En Cuba, existen estudios de la incorporación de herramientas de software para la resolución de problemas de la matemática numérica. Pudiera mencionarse a Díaz [5] quien realiza un estudio sobre la integración del teléfono móvil en la didáctica de la asignatura Métodos Numéricos en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echevarría”.

Este autor propone el empleo del *Excel* para el tratamiento de los contenidos asociados al tema, lo cual es algo novedoso al incorporar la variante de *Excel* para dispositivos móviles. De acuerdo a las experiencias adquiridas de los programas de estudio de esta institución, en las carreras de Ingeniería Radio-

electrónica, Ingeniería Mecánica en Instalaciones Energéticas Navales y Construcción Naval, de las Instituciones Docentes de Nivel Superior (IDNS) de las FAR, no solo se emplea el paquete office (*Excel*), sino también la aplicación Métodos Numéricos (MN) creada en el propio centro.

De igual forma autores como Jiménez [6], Raichman [12] y Sánchez [15], proponen la impartición del tema Métodos Numéricos a partir de la programación en lenguajes computacionales como *Java*, *C++*, *Python*, *Matlab*, *Mathcad*, *Matemática*, *Maple*, *Scilab*, *Pascal*, *Javascript*, entre otros. La idea central de estos investigadores, es programar los pasos algorítmicos que se derivan de la teoría asociada a los métodos numéricos mediante las reglas sintácticas y estructurales de cada lenguaje.

En el caso particular de Jiménez [6], se realiza una propuesta empleando *Python*, que es un lenguaje muy usado para el cálculo en la ingeniería. Este lenguaje de programación se encuentra en constante evolución, y abarca otros campos de la tecnología tales como la inteligencia artificial, las redes neuronales, la ciencia de datos, los juegos y las aplicaciones móviles por mencionar sólo algunos.

Es importante destacar la variedad de tareas que pueden ser diseñadas con este programa, y como se abordan ejemplos de los contenidos del tema que pueden ser tratados con el mismo. En tal sentido, es significativo considerar que en este caso, el educando recibe como nuevo el contenido asociado a los métodos numéricos, pero si no posee un mínimo de conocimientos de programación, se dificultan los procedimientos propuestos por este autor.

De igual forma, serían dos cuestiones teóricas las que el estudiante debería dominar: la programación en *Python* y la teoría de la Matemática Numérica. Sobre esta idea se concuerda con Rodríguez-Cubillo [14] quien asume que las aplicaciones móviles a emplear con fines docentes deben ser sencillas de usar, para que los educandos centren la atención en los conceptos matemáticos, más que en la tecnología.

De forma general, el estudio de los métodos numéricos, puede ser diseñado de forma gradual debido a las bondades actuales de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Es este sentido se reconoce, que los cálculos engorrosos y el trabajo que anteriormente se realizaba con una calculadora, con el empleo de aplicaciones móviles se obtienen en un menor intervalo de tiempo.

Relevancia del estudio

Las aplicaciones móviles constituyen un recurso de apoyo para el docente, que implica una integración de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la práctica pedagógica de los educadores como estrategia metodológica activa que requiere motivación, un adecuado diseño y permita el logro de aprendizajes significativos. Los estudios realizados ponen en evidencia que el *Excel* puede ser empleado en el tratamiento de los contenidos de la Matemática Numérica, pero existen otras herramientas que fusionadas con este potente asistente matemático, enriquecen la adquisi-

ción de conocimientos relativos a esta rama de la Matemática. En el presente trabajo se muestran algunas alternativas que desde el punto de vista metodológico permiten visualizar algunos contenidos de la matemática numérica con aplicaciones móviles.

Desarrollo

En la literatura científica aparecen diversas conceptualizaciones en lo referente a las aplicaciones móviles y los dispositivos móviles. Según Berrío [3], el uso de dispositivos móviles, de una manera didáctica, en el área de las matemáticas, contribuye al proceso de enseñanza-aprendizaje de manera significativa; fomentado creatividad, motivación y entusiasmo.

De acuerdo con Acosta [1] y Campuzano [4], las aplicaciones móviles son programas que se descargan de sitios web y a los cuales se accede desde un dispositivo móvil. Según Molina [9], surgen a finales de los 90 junto a la generación de teléfonos celulares. Más adelante la transformación tecnológica en el área de la telefonía celular trajo consigo un nuevo mercado en el desarrollo de software. Las aplicaciones que se proponen para ser empleadas en la impartición del tema Métodos Numéricos, de acuerdo a esta investigación se ejecutan en el sistema de programación *Android*.

No obstante, la práctica educativa ha demostrado, que algunos educandos poseen dispositivos móviles con otros sistemas operativos, lo cual es en ocasiones una desventaja para el desarrollo del proceso docente educativo de la disciplina. En este caso hay que buscar alternativas de solución ante esta problemática tales como el trabajo en equipo o la planificación de actividades prácticas haciendo uso de un ordenador personal o de la propia institución.

A continuación se proponen cinco fases que desde el punto de vista metodológico pudieran facilitar la organización y un mejor entendimiento de los procedimientos que se subordinan a los objetivos declarados en el programa de estudio de la disciplina Matemática Superior, en lo que se refiere al tema Métodos Numéricos. Las fases propuestas y sus correspondientes caracterizaciones son las siguientes:

Fase I: Propuesta de problema matemático

1. Se formula un problema matemático que puede ser resuelto de forma analítica por los contenidos precedentes. De igual forma pueden plantearse problemas en los que se enlacen nodos cognitivos con asignaturas del currículo propio para propiciar la interdisciplinariedad.

Fase II: Identificación del contenido matemático

2. Se caracteriza el contenido matemático que brinda una solución exacta del problema planteado. Durante esta fase los educandos con la ayuda del educador formulan hipótesis y proponen procedimientos para dar solución al problema planteado.

Fase III: Análisis de una posible solución analítica

3. De no ser posible resolver el problema por un método analítico, acudir al empleo de un asistente matemático o aplicación móvil que posibilite la obtención de la solución exacta del problema planteado. Este procedimiento servirá de previa verificación del resultado obtenido al emplear posteriormente un método numérico).

Fase IV: Análisis de una posible solución numérica

4. Introducir la teoría sobre el contenido matemático asociado al método numérico que posibilite la obtención de una solución aproximada del problema planteado.
5. Utilizar el método numérico con la ayuda de una aplicación móvil o asistente matemático que minimice la complejidad de los cálculos engorrosos que se derivan de su uso. En este procedimiento no es recomendable obtener directamente la solución numérica, sino realizar una programación, con la ayuda de *Microsoft Excel*, a partir de la teoría asociada al método numérico correspondiente, para un mejor entendimiento del mismo.

Fase V: Comparación de la solución analítica y la numérica

6. Comparar la solución exacta obtenida por un método analítico con la solución aproximada que brinda el método numérico empleado a partir del cálculo del error absoluto cometido y su posterior interpretación.
7. Visualizar de forma inmediata la solución numérica de un problema matemático a partir del empleo de una aplicación móvil, elaborada con estos fines, que exija la incorporación de los datos esenciales que caracterizan la utilización del método numérico correspondiente. Este procedimiento exige de un conocimiento de la teoría relacionada con el método numérico a utilizar.
8. Ejecutar acciones en las aplicaciones móviles empleadas, que permitan variar el error y analizar cómo esta variación se relaciona con el resultado obtenido.
9. Comparar nuevamente la solución exacta obtenida por un método analítico con la solución aproximada que brinda la aplicación que visualiza la solución aproximada de forma inmediata con el método numérico empleado siempre y cuando sea posible.
10. Verificar a partir del cálculo del error absoluto cometido, la interpretación del resultado obtenido y la eficiencia del método numérico utilizado.

Como parte de la estrategia se introducen estas cinco fases que ofrecen una guía metodológica para introducir un método numérico específico. Cabe señalar, que las fases propuestas tienen aplicabilidad en todos los contenidos asociados al tema Métodos Numéricos que se imparte en la disciplina Matemática Superior de la carrera de Ingeniería Radioelectrónica del

ITM “José Martí”, lo cual no impide la posibilidad de aplicación en otra carrera afín. No obstante, se sugiere reestructurar los procedimientos planteados en la fase III, a partir de la imposibilidad de resolver el problema matemático planteado desde el punto de vista analítico.

A continuación se muestra un ejemplo de implementación de las cinco fases propuestas, como parte de la estrategia metodológica, en la solución numérica de una ecuación algebraica, para lo cual es importante el conocimiento de la teoría correspondiente a los métodos de bisección y Newton-Raphson, según autores como Lima [7], Rodríguez [13] y Luna-Fox [8].

Posteriormente, al introducir en el proceso docente el aprendizaje móvil, se recomienda el uso de la aplicación móvil *Geogebra* para obtener la solución real de esta ecuación algebraica. *Geogebra Apps* es un software gratuito y fácil de manipular, para todos los niveles educativos, que interactúa de forma dinámica a través de disímiles herramientas de álgebra, geometría, tablas y hojas de cálculo que facilitan el cálculo numérico. Al emplear los comandos entendibles por el programa, se introduce la ecuación, y se obtiene el valor de la raíz o las raíces correspondientes de la ecuación.

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos con este procedimiento para dar cumplimiento a los pasos que se derivan de las fases I y II de la estrategia metodológica. Para ello se introduce la ecuación en la aplicación, empleando los comandos correspondientes a partir de una traducción del lenguaje matemático, al lenguaje entendible por esta.

Otras vías que posibilitan la obtención de este mismo resultado, la constituyen el empleo de asistentes matemáticos como *Derive*, *Matlab* o *Mathcad*, que también viabilizan la resolución directa de ecuaciones algebraicas con un ordenador.

Los asistentes matemáticos, según Pedroso [11], son softwares profesionales que facilitan los procedimientos relacionados con la ejecución del cálculo numérico y simbólico de forma rápida y precisa, acompañado de características gráficas y de visualizaciones avanzadas aptas para el trabajo científico y la ingeniería. Estos asistentes matemáticos, al igual que las aplicaciones móviles tienen una alta capacidad gráfica y un carácter interactivo que posibilitan una retroalimentación inmediata por parte del educando, propiciándose el descubrimiento y la rectificación de los errores que puedan cometerse al realizar un ejercicio de forma inmediata. Lo anteriormente expuesto otorga valor didáctico al uso de ambas herramientas tecnológicas durante la clase o como tarea.

En el caso específico de *Geogebra*, tanto su versión como asistente matemático para el trabajo en computadora o como aplicación móvil, tiene la opción de visualizar o no la solución geométrica, en dependencia del interés del usuario. Resulta importante además el análisis del intervalo en el que se encuentra la solución de la ecuación.

De forma análoga, para ejecutar los procedimientos planteados en la fase I y II de la estrategia metodológica, se obtiene el mismo resultado al emplear la aplicación $f(x)$ *Mathematics* con la particularidad de que esta aplicación brinda automáti-

camente la solución desde el punto de vista geométrico como se muestra en la Figura 2.

Las particularidades de las líneas de entrada y edición de las aplicaciones móviles y de los asistentes matemáticos son diversas, considerando que ambos tienen una misma filosofía de trabajo. En el caso particular de la interface de la aplicación $f(x)$ *Mathematics*, no exige la incorporación de los comandos que deben introducirse en *Geogebra*, puesto que tiene una plantilla que posibilita escribir las expresiones matemáticas de una forma más sencilla. En la actualidad existen varias aplicaciones móviles que facilitan la obtención de la solución exacta de una ecuación algebraica. El educador como dirigente del proceso docente educativo, debe utilizar la que se más se adapte a los objetivos de estudio que se pretenden alcanzar.

La aplicación “Ecuaciones”, de funcionamiento online, posee al igual que la aplicación móvil $f(x)$ *Mathematics*, una interface que facilita la introducción de la ecuación algebraica. Cabe señalar que esta aplicación, no solo brinda la solución de la ecuación, sino que detalla procedimientos algorítmicos como los que se derivan de la aplicación del método de Cardano o la fórmula resolutoria para resolver ecuaciones de cuarto grado, que permiten llegar a esta solución, en dependencia del grado que posea la ecuación algebraica que se desea solucionar, como se muestra en la Figura 3.

El programa *Derive* puede ser empleado también con estos fines. Aunque a diferencia de *Geogebra*, no posee una versión para dispositivo móvil, incluso los desarrolladores no han elaborado otra versión desde hace ya algunos años.

Después de cumplir con lo declarado en las fases III y IV de la estrategia metodológica propuesta, el educador da a conocer a los educandos, los contenidos planificados en el programa de la disciplina Matemática Superior, sobre la teoría asociada a los métodos de bisección y Newton-Raphson. Posteriormente se impone una sencilla programación de las fórmulas correspondientes a cada uno de estos métodos en el *Excel*, en su versión para computadora o para dispositivo móvil. Esta última se encuentra en la aplicación *WPS Office* con las correspondientes facilidades de edición y algunas particularidades del dispositivo móvil que no difieren mucho de las secuencias a seguir en un ordenador.

Durante el tratamiento de la solución numérica de ecuaciones algebraicas, es recomendable orientar al educando en los procesos de programación con el *Microsoft Excel*, en aras de llegar a un mejor entendimiento de estos métodos.

Los procedimientos de cálculos que se derivan del método de bisección se ejemplifican en las figuras 4 y 5 con el *Excel* en sus dos variantes tecnológicas.

Durante el proceso de interpretación, fundamentación y representación de los métodos numéricos de bisección y Newton-Raphson para la resolución de ecuaciones algebraicas, a partir del uso de las fórmulas y procedimientos iterativos que se emplean en la solución de ecuaciones por estos métodos, la aplicación *Geogebra* muestra un sinnúmero de potencialidades. La misma posibilita la obtención de la solución real de la ecuación algebraica, tanto desde el punto de

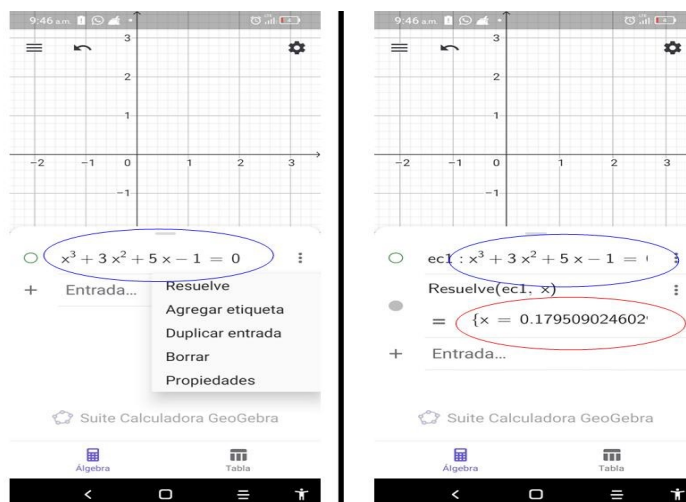


Figura 1. Solución exacta de una ecuación algebraica empleando la aplicación GeoGebra [Exact solution of an algebraic equation using the application GeoGebra].

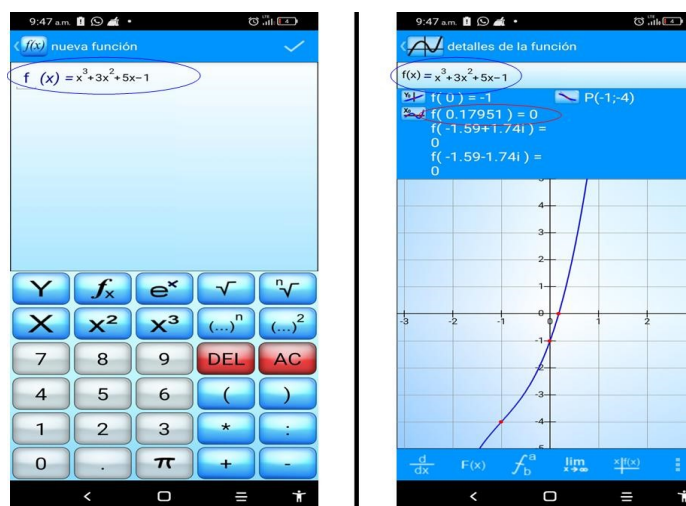


Figura 2. Solución exacta de una ecuación algebraica empleando la aplicación $f(x)$ Mathematics [Exact solution of an algebraic equation using the application $f(x)$ Mathematics].

vista analítico como geométrico como se muestra en la Figura 5.

De igual forma, la opción vinculada a creación de hojas de cálculo que aparece en la parte inferior derecha de la ventana inicial, posibilita los cálculos mencionados con anterioridad con similares procesos de programación como se muestra en la Figura 6.

Para dar cumplimiento a la fase V pueden emplearse otras aplicaciones como *Numerical Methods*. Esta aplicación, con un menú en idioma inglés, como se muestra en la Figura 7, posibilita el conocimiento de algunos términos asociados a la matemática numérica, en esta lengua. Ofrece además una interfaz que exige del conocimiento de los comandos de programación imprescindibles para introducir las ecuaciones algebraicas y llegar a entender algunos los elementos de software que permiten obtener la solución requerida. Los procesos de comparación de resultados con el empleo de esta aplicación,

se realizan de forma inmediata, llegando a un mejor entendimiento del contenido a tratar a partir de los procedimientos iterativos que se realizan.

La aplicación móvil *Numerical Methods* posibilita la obtención de la solución numérica al considerar la selección del método asumido, el intervalo en el cual se tomará la raíz, el número de iteraciones y una determinada cota de error. En este caso se refirman los elementos impartidos como parte de este proceso y se propicia la comparación entre ambos métodos desde el análisis de aquella solución aproximada más cercana a la solución exacta.

En el caso de la formas de evaluación, es recomendable elaborar tareas independientes que sean diferenciadas según el desarrollo potencial de los educandos y con un grado de complejidad de forma creciente. Es importante además, la búsqueda de vías más eficientes de solución donde medie la creatividad y el intercambio tecnológico entre los educandos.

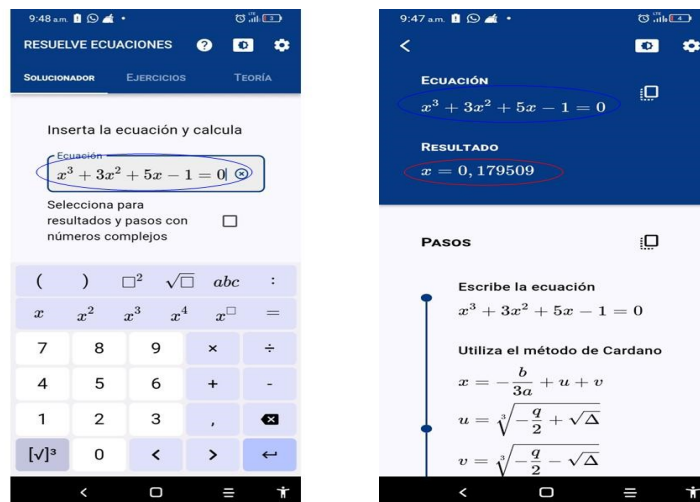


Figura 3. Solución exacta de una ecuación algebraica empleando la aplicación “Ecuaciones” [Exact solution of an algebraic equation using the application “Equations”].

Figura 4. Programaciones de los cálculos en Microsoft Excel aplicando el método de bisección [Programmings of the calculations in Microsoft Excel applying the method of bisection].

El conocimiento de la solución exacta de la ecuación algebraica posibilita la autoevaluación del estudiante en los próximos cálculos numéricos, la comparación con el valor aproximado y por consiguiente el cálculo de los errores absolutos y relativos que se cometen al hallar una solución aproximada.

La visualización de la solución gráfica de ecuaciones algebraicas, permite detectar aquellas soluciones que se encuentran en un intervalo específico, aquellas que pueden ser desechadas en dependencia del tipo de problema que se desea resolver y la correspondencia entre los componentes analítico y gráfico que siempre debe prevalecer ante la solución de un problema matemático.

Es conveniente además, realizar una comparación de un método con respecto al otro en lo referido a su efectividad y variar el número de iteraciones para visualizar lo ocurrido en cuanto a la reducción de error cometido. Igualmente se le confiere importancia a las interpretaciones que se obtengan de un modelo que se resuelve empleando un método analítico o numérico, lo cual constituye un paso más en la solución de un determinado problema.

Conclusiones

La elección de un asistente matemático o una aplicación para dispositivos móviles en la solución de un problema mediante un método numérico, depende de las necesidades de

educandos y educadores, su preparación con las TIC y el grado de complejidad del problema.

Es conveniente tener dos variantes de trabajo con la tecnología y emplear una de ellas o ambas en dependencia de las condiciones de trabajo.

Es necesario intencionar desde el trabajo metodológico en las cátedras el empleo de herramientas tecnológicas para unificar criterios en cuanto al tratamiento de los contenidos asociados al tema métodos numéricos.

Suplementos

Este artículo no contiene información suplementaria.

Conflictos de interés

Se declara que no existen conflictos de interés.



Figura 5. Programaciones en WPS Office (Excel del móvil) aplicando el método de bisección [Programmings in WPS Office (Excel) applying the method of bisection].

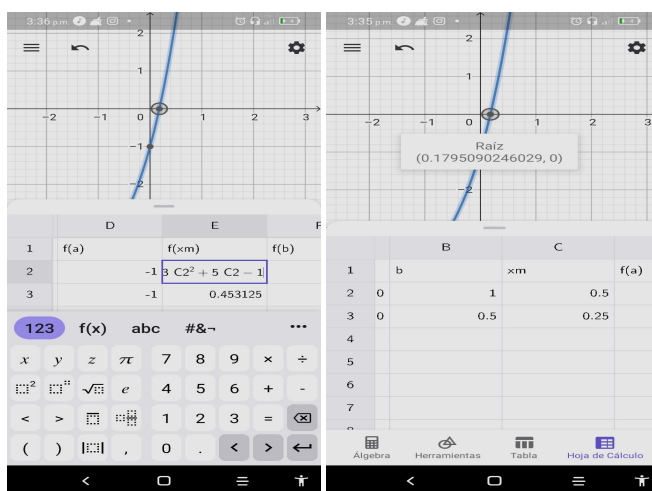


Figura 6. Algunos cálculos en Geogebra asociados a la solución numérica de una ecuación algebraica por el método de bisección [Some calculations in Geogebra associated to the numeric solution of an algebraic equation for the method of bisection].

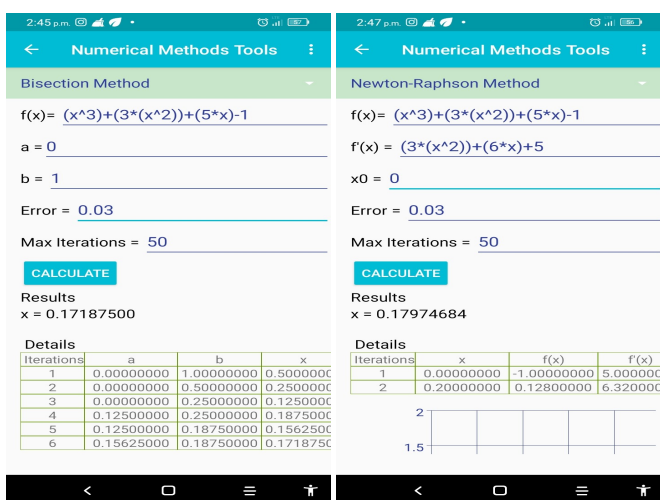


Figura 7. Resolución de una ecuación algebraica empleando la aplicación Numerical Methods [Resolution of an algebraic equation using the application Numerical Methods].

Referencias

- [1] Acosta, J., A. León y W. Sanafria: *Las aplicaciones móviles y su impacto en la sociedad*. Revista Universidad y Sociedad, 14(2):237–243, 2022. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v14n2/2218-3620-rus-14-02-237.pdf>.
- [2] Ajtun, P.: *Aplicación móvil para la resolución de problemas de cálculo mediante métodos numéricos "Applisolution"*. Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias y Sistemas, 2017. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6439/1/Pablo%20Ajtun%20%2020Fabelio%20Ajtun.pdf>.
- [3] Berrio, J.: *Enseñanza del método de bisección en la secundaria con Geogebra como medio didáctico*. Revista Boletín Redipe, 10(10):313–327, 2021. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10000510.pdf>.
- [4] Campuzano, J., M. Pazmiño y E. San Andrés: *Dispositivos móviles y su influencia en el aprendizaje de la Matemática*. Revista Científica Dominio de las Ciencias, 7(1):663–684, 2021. <http://doi.org/10.23857/dc.v7i1.1669>.
- [5] Díaz, T.: *Integración del teléfono móvil en la didáctica de la asignatura métodos numéricos de Ingeniería Química*. Revista de Referencia Pedagógica, 11(2):187–199, 2023. <http://scielo.sld.cu/pdf/rp/v11n2/2308-3042-rp-11-02-187.pdf>.
- [6] Jiménez, J.: *Métodos numéricos usando Python con aplicaciones a la ingeniería Química*. Universidad Autónoma de México, 2022. <https://librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/3416/MNPython.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [7] Lima, R., J. Cedeño y M. Padilla: *Aplicación de los métodos numéricos en la enseñanza superior*. Revista Sinapsis, 1(6), 2020. <https://www.itsup.edu.ec/myjournal/index.php/sinapsis/article/download/356/470>.
- [8] Luna-Fox, S.: *Exploración comparativa de los métodos numéricos de Newton-Raphson y bisección para la resolución de ecuaciones no lineales*. Journal Scientific Investigar, 8(2):642–655, 2024. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.642-655>.
- [9] Molina, J., J. Honores y N. Souto: *Estado del arte: metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles*. 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 10(2):17–45, 2021. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38.17-45>.
- [10] Morales, F.: *Implementación de un simulador educativo para el aprendizaje de la asignatura de métodos numéricos utilizando software libre para la Escuela de ingeniería de sistemas de la PUCESA en el año 2013*. Disertación de grado previo a la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Computación, 2014. <https://repositorio.puce.edu.ec/bitstreams/97307323-b710-4169-bb64-7962036ae713/download>.
- [11] Pedroso, L.: *Estructuración sistémica de los contenidos de la matemática en ingeniería para perfeccionar la integración de los asistentes matemáticos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, Academia de las FAR “General Máximo Gómez”, 2022.
- [12] Raichman, S.: *Estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de métodos numéricos en la carrera de Ingeniería Civil*. Revista de la Asociación Argentina de Mecánica Computacional, XXX:2363–2374, 2011. <http://venus.santafe-conicet.gov.ar/ojs/index.php/mc/article/download/3917/3834>.
- [13] Rodríguez, J. y J. Vera: *Sistema de información para la resolución y graficación de funciones por el método de bisección y falsa posición*. Revista Electrónica de Investigación de Tecnologías Educativas, 6(6):6–6, 2021. <https://comunisoft.com/revistasitfip/index.php/reite/article/download/164/157>.
- [14] Rodríguez-Cubillo, M., H. Del Castillo y B. Arteaga-Martínez: *El uso de aplicaciones móviles en el aprendizaje de las matemáticas: una revisión sistemática*. Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete, 36(1):17–34, 2021. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8468978.pdf>.
- [15] Sánchez, F.: *Matlab Mobile y Geogebra como herramientas en Métodos Numéricos*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México REDINE. Conference Proceedings CIVINEDU 2023, 2023. <https://doi.org/10.58909/ad23314866>.

