



ARTICULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Fecha de presentación: 02-06-2019 Fecha de aceptación: 10-01-2020 Fecha de publicación: 10-03-2020

LA MATEMÁTICA NUMÉRICA EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA UNIVERSITARIA

NUMERICAL MATHEMATICS IN THE TEACHING OF UNIVERSITY PHYSICS

Dayned Rega-Armas¹, Yusimí Guerra-Véliz², Julio Leiva-Haza³

¹MSc. en Ciencias Pedagógicas. Profesora Asistente de la Facultad de Ciencias Pedagógicas. Universidad de Sancti Spíritus: "José Martí Pérez", Cuba. Correo: drega@uniss.edu.cu ORCID ID: <https://0000-0002-4078-2217>, ²Licenciada en Educación, especialidad, Física y Astronomía y Máster en Matemática Aplicada y Doctora en Ciencias Pedagógicas Profesor Titular del departamento de Ciencias Exactas. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara, Cuba Correo: yusimig@uclv.edu.cu ORCID ID: <https://0000-0002-1711-5686> ³Licenciado en Educación, especialidad, Física y Astronomía y Doctor en Ciencias Pedagógicas Profesor Titular del departamento de Ciencias Exactas. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara, Cuba Correo: haza@uclv.edu.cu ORCID ID: <https://0000-0002-6616-7095>

¿Cómo citar este artículo?

Rega Armas, D., Guerra Véliz, Y. y Leiva Haza, J. (marzo-junio, 2020). La matemática numérica en la enseñanza de la física universitaria. *Pedagogía y Sociedad*, 23(57), 307-322. Recuperado de <http://revistas.uniss.edu.cu/index.php/pedagogia-y-sociedad/article/view/867>

RESUMEN

Introducción: En la actualidad una educación universitaria de excelencia es nuestra principal exigencia. Por ello se hace cada vez más necesario, el estudio de los métodos numéricos como herramienta matemática para la enseñanza de la Física. En el presente artículo se muestra un

ejemplo de cómo resolver un problema, al aplicar el método de bisección utilizando el Excel.

Objetivo: Mejorar el aprendizaje del tema óptica en el segundo año de la carrera de ingeniería informática.

Métodos: En el proceso investigativo se aplicaron métodos del nivel teórico, empírico y matemático-estadístico,

estos fueron seleccionados y desarrollados a partir de las exigencias del enfoque dialéctico-materialista.

Resultados: A partir de la puesta en práctica de pruebas pedagógicas y encuestas realizadas a los estudiantes; se demostró una mejora en el aprendizaje de la física, al incluir en esta asignatura la aplicación de los métodos numéricos.

Conclusiones: Se evaluaron los problemas, demostrando que estos, contribuyen a mejorar el aprendizaje de la óptica en la asignatura de física.

Palabras clave: física; matemática numérica; óptica; problemas

Abstract:

Introduction: Currently, a university education of excellence is our main requirement. Therefore, the study of numerical methods as a mathematical tool for the teaching of Physics is increasingly necessary. This article shows an example of how to solve a problem by applying the bisection method using Excel.

Objective: To improve the learning of the theme dealing with optics as part of the subject of Physics in the second year of the engineer in computer sciences major.

Methods: In the research process, theoretical, empirical and mathematical-statistical methods were applied. These were based on the dialectical-materialist approach.

Results: From the implementation of pedagogical tests and surveys conducted to students; an improvement in the learning of physics was demonstrated, by including in this subject the application of numerical methods.

Conclusions: The problems were evaluated, demonstrating that these contribute to improving the learning of optics in the physics subject.

Keywords: physics; numerical mathematics; optics; problems

INTRODUCCIÓN

La formación de la concepción del mundo de los ciudadanos es un problema cardinal de cualquier sociedad, que depende de la ideología imperante en ese momento. La inclusión de las ciencias en los planes de estudio educacionales persigue el objetivo gnoseológico encaminado a la formación de la concepción científica del mundo de los estudiantes.

Beatriz Macedo, representante de la UNESCO para la enseñanza de las

ciencias en América Latina y el Caribe, planteó en la conferencia de apertura del II Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias (La Habana, 2002), que en los currículos actuales la enseñanza de las ciencias se concibe de forma tal que provoca que el alumno se haga una representación de sus contenidos como algo acabado, como un conjunto de conocimientos que describen exactamente la realidad.

Asumir los conocimientos científicos de este modo implica que no se tome una posición marxista leninista en cuanto a la posibilidad de conocer el mundo. De acuerdo con la gnoseología materialista dialéctica el mundo es cognoscible a través de la práctica siendo los conocimientos un reflejo aproximado de la realidad. Es decir, la verdad objetiva posee carácter relativo.

Esta forma de manifestarse la verdad objetiva se hace más evidente en aquellas ciencias en las que la matemática es una herramienta para la conformación e interpretación de sus teorías. Los métodos matemáticos empleados pueden o no comportar el carácter aproximado de dichos conocimientos. Entre los que permiten

valorar las aproximaciones se hallan los métodos numéricos. En otra clase se ubican los métodos exactos que no tienen en cuenta el carácter aproximado de los conocimientos respecto a la realidad que representan.

En el hecho de que los métodos numéricos permitan juzgar acerca de la eficiencia del resultado radica su valor gnoseológico pues, al hacer evidente la naturaleza inexacta de las representaciones o conocimientos que se obtienen, las construcciones científicas se asumirán con el carácter aproximado que les es inherente y se entenderá que estas, aunque correctas, son susceptibles de ser mejoradas.

Especialistas de diferentes países se han percatado de la necesidad de incluir los métodos numéricos en los cursos de Física en diversos niveles educativos y constituye una tendencia en el ámbito internacional: Baker, 2007; Guerra Véliz, 2008; De Castro, 2008; Benacka, 2008; Gaik, 2013; Mora, 2013; Benacka, 2013; Kaw, 2014), entre otros, lo que ha permitido un análisis más profundo del tema.

A juicio de los autores, el trabajo que más se adecua a la aplicación de los métodos numéricos a la enseñanza de la física universitaria en Cuba, es el realizado por Yusimí Guerra Véliz, en opción a su título de Doctor en Ciencias Pedagógicas, donde propone un modelo didáctico para la implementación de los métodos numéricos en el proceso docente educativo de la Física General.

Este trabajo fue realizado para la carrera de Ciencias Exactas, que en la actualidad presenta otro currículo y nombre: carrera de Matemática-Física. La autora presenta un conjunto de tareas docentes, elaboradas sobre el tema de Mecánica, pero no aborda ningún otro tema de la disciplina Física General. Es por ello que dándole continuidad al trabajo desarrollado por la Dra. C. Yusimí Guerra Véliz, este artículo tiene como objetivo mostrar en un ejemplo la inclusión de los métodos numéricos, con la utilización de las TIC para mejorar el aprendizaje de la Física.

MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALES

En su tesis de doctorado Guerra Véliz (2008, p.11) explica: “Durante la

construcción del aparato teórico de las ciencias exactas los métodos numéricos y exactos son igualmente importantes, se excluyen y complementan conformando una unidad dialéctica”.

Mientras que los métodos exactos posibilitan arribar a importantes generalizaciones teóricas, los numéricos permiten pasar de los datos obtenidos en las mediciones al modelo matemático que expresa sus relaciones y comprobar en la práctica el modelo teórico propuesto.

Sin embargo, actualmente en la enseñanza de las ciencias predominan los métodos exactos. En consecuencia, los estudiantes asumen los conocimientos científicos como una descripción exacta de la realidad y obvian el carácter relativo de dichos conocimientos, que tan importante es para estimular la inconformidad que lleva a la búsqueda de nuevos conocimientos y a la profundización de los existentes. Esta dificultad puede resolverse incluyendo en la enseñanza de las ciencias los métodos numéricos conjuntamente con los exactos.

Los métodos numéricos sustituyen operaciones tales como: la derivación, integración y solución de ecuaciones diferenciales, que son operaciones matemáticas complejas que se realizan sobre funciones, por operaciones algebraicas simples como suma, resta, multiplicación y división que se realizan sobre números.

Los métodos numéricos no se usaban con tanta frecuencia, a pesar de la exactitud de sus soluciones y las múltiples ventajas que poseen, debido a los muchos cálculos que requieren cada uno de ellos. Pero al comenzar el vertiginoso avance de las tecnologías y el uso de las computadoras, el empleo de los métodos numéricos se hizo mucho más factible.

Según Rega (2016) para implementar los métodos numéricos y aprovechar los múltiples beneficios que ellos nos brindan, es necesaria la utilización de las computadoras. Existen múltiples programas que pueden ser usados para trabajar los métodos numéricos, uno de ellos es el Excel de Microsoft que posee varias ventajas con respecto a otros programas.

El Excel es un programa muy versátil tanto para profesores como para estudiantes, en él la manera de introducir los datos es asequible y directa. Además, como programa proporciona por sí mismo una pantalla de gráficos, fácil manipulación de datos y una pantalla numérica con retroalimentación en los gráficos.

Según Benacka (2013) este software posee un enorme conjunto de funciones matemáticas y además se le puede agregar nuevas funciones. Dentro de sus posibilidades se incluyen: el cálculo, graficado de funciones, creación de fórmulas, resolución de ecuaciones y muchas funciones matemáticas que pueden ser usadas en determinadas aplicaciones.

Según Oliva (2017) las ventajas al operar con hojas de cálculo de Excel son variadas. Una de ellas es que facilita entender mejor las operaciones y fórmulas matemáticas, pues en las celdas muestra todo el proceso antes de llegar a un resultado determinado. Otra ventaja es que llevan incorporado fórmulas que nos ahorran la elaboración de cálculos largos y complejos para llegar a una respuesta, esto a su vez lleva a un

aumento de la productividad, minimizando la necesidad de personal altamente calificado; plantillas y formatos predeterminados que facilitan la presentación u organización de datos.

Microsoft Office es una de las aplicaciones más usadas en la actualidad y Cuba no está excluida de esto. Excel es parte del paquete de este sistema.

Aunque Excel es probablemente la hoja de cálculo más utilizada en el mundo debemos resaltar que dentro del llamado software libre existe una aplicación: Open Office.org que equivale al Excel de Microsoft Office ya que contiene características similares y se pueden adaptar al Excel (Oliveira y Nápoles, 2013, p. 2).

La Física es una de las ciencias que estudia la naturaleza. Esta ciencia compone la realidad a partir de modelos y necesariamente tiene una estrecha relación con la matemática. En todo este proceso la física habla a través de la matemática.

Existen problemas de física que no pueden ser resueltos por métodos exactos, que sus soluciones no son seguras o que además las soluciones de estos problemas son muy engorrosas usando los métodos exactos. Estos problemas se pueden encontrar en muchos libros de física, además los métodos numéricos se pueden usar para resolver situaciones problemáticas en casi la totalidad de los libros de física que se usan en la universidad y todos son resueltos por métodos exactos y en ocasiones no se hace ni referencia a que los problemas pudieran ser resueltos, con gran facilidad por métodos numéricos.

Con el Excel se logra vincular la asignatura de Física con la informática y matemática a partir de la realización de problemas en las clases de esta asignatura, además los estudiantes que cursan el segundo año de la carrera de informática poseen conocimientos básicos sobre este software debido a que en primer año cursan la asignatura informática que incluye entre sus temas el manejo de este software.

METODOLOGÍA EMPLEADA

En el desarrollo de la investigación se aplicaron diversos métodos, estos fueron seleccionados y desarrollados a partir de las exigencias del enfoque dialéctico materialista. Entre los métodos teóricos utilizados se destacan:

El analítico-sintético: permitió determinar las partes componentes del proceso de aprendizaje y su integración como un todo, para la implementación del problema ejemplo con la utilización del Excel, en los estudiantes que cursan la Física en el segundo año de la carrera Ingeniería Informática.

Inductivo-deductivo: permitió procesar la información, establecer las generalizaciones y valorar el estado inicial en que se expresa el aprendizaje de la física, así como determinar los factores vinculados a este y las relaciones e interrelaciones existentes entre dichos factores.

Entre los métodos empíricos utilizados se encuentran:

La observación: se empleó sistemáticamente, lo que permitió apreciar la evolución de los estudiantes antes y después de la utilización de los métodos numéricos y

el Excel en la solución de problemas de física.

El análisis de documentos: permitió analizar los escritos normativos: Modelo del Profesional, programas, orientaciones metodológicas, libros de texto, expediente de asignatura, sistemas de clase y libretas de los estudiantes para constatar las carencias y potencialidades con vistas a contribuir mejoramiento del aprendizaje de física en la carrera Ingeniería Informática.

La entrevista: permitió conocer cómo transcurre el aprendizaje de la física.

De los métodos estadístico-matemáticos se utilizó la estadística descriptiva para corroborar la efectividad de la utilización de los métodos numéricos utilizando el Excel para la solución de problemas físicos, al comparar los resultados antes y después de su aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se considera como muestra a los 18 estudiantes de la carrera Ingeniería Informática de la Universidad de Sancti Spíritus: "José Martí Pérez" en el curso 2018-2019. Las características del grupo segundo año

de informática en relación con su extensión y ubicación, posibilitaron la interacción de la investigadora con todos los sujetos.

Antes de introducir en la resolución de problemas físicos la utilización de las TIC y los métodos numéricos se realizó una entrevista y una prueba pedagógica con el objetivo de comprobar el nivel de conocimientos.

La entrevista grupal aplicada a los 18 estudiantes que cursaban el segundo año de la carrera Ingeniería Informática propició obtener información de los estudiantes que integran la muestra acerca del aprendizaje de los contenidos de la Física. A continuación, se presenta una síntesis de las respuestas que estos ofrecieron:

- Todos los entrevistados plantean que para la solución de las tareas consultan las notas de clases, en ocasiones el libro de texto, pero asisten a los laboratorios de computación, pues casi nunca se les orienta tareas que requieran del uso de las TIC y la hoja de cálculo Excel.

- No utilizan con frecuencia los conocimientos de las demás asignaturas.
- En ocasiones hacen búsquedas de otras bibliografías como revistas, periódicos, entre otros.
- No siempre para la solución de las tareas se necesita relacionar los contenidos de la Física, la Matemática y la Informática.

Se aplicó una prueba pedagógica para conocer el estado en que se encontraba el aprendizaje de la Física, se obtuvieron los siguientes resultados:

Siete estudiantes (38.8%), lograron enunciar y formular correctamente las ecuaciones y leyes de los temas preguntados.

Diez de los estudiantes (55.5%) seleccionaron correctamente las vías de solución a las problemáticas planteadas.

En síntesis, las principales limitaciones en el aprendizaje de la Física se expresan en:

- Los estudiantes tienden a memorizar y no a aplicar los conocimientos.
- Tienden a solucionar las tareas reproductivas que requieran de poco esfuerzo intelectual.
- No se implican de forma reflexiva en la búsqueda del conocimiento.

A continuación, se muestra un ejemplo de uno de los problemas de física sobre el tema óptica, que no se pueden resolver por métodos exactos y que usando los métodos numéricos y el Excel se puede hacer en breve tiempo. Este ejemplo aparece en el libro de texto básico de los estudiantes universitarios: *Física Universitaria* de los autores Zemansky, et al. (2008).

La intensidad de la luz en el patrón de difracción de Fraunhofer de una sola ranura es $I = I_0 \left(\frac{\text{sen}\gamma}{\gamma} \right)^2$ donde

$$\gamma = \frac{\pi a \text{sen}\theta}{\lambda}$$

- a) Demuestre que los valores de γ a los que I es un máximo es $\tan\gamma = \gamma$

Se conoce que está garantizada la continuidad de la función $f(\gamma) =$

$\tan\gamma - \gamma$ para el intervalo $(0; \frac{\pi}{2})$. La existencia de su solución en un tramo se puede garantizar a partir teorema de Bolzano que plantea que si una función $f(x)$ continua en un intervalo $[a, b]$ tal que $f(a)f(b) < 0$ entonces existe $c \in [a, b]$ tal que $f(c) = 0$. Este teorema no garantiza la unicidad de la raíz, solo garantiza que al menos hay una.

Para la realización de este problema el docente debe orientar a sus estudiantes previamente el estudio de bibliografía referente a los métodos numéricos y muy especialmente aquella que explica con detalle el método numérico que se empleara para dar solución al problema. Es conveniente puntualizar que los estudiantes de segundo año de la carrera de ingeniería informática cursan en el mismo semestre la asignatura Física y Cálculo 4, en esta última reciben temáticas sobre los métodos numéricos y dentro de ellos reciben conocimientos sobre el método que se usará para resolver el problema ejemplo. En la resolución de este problema el estudiante empleará los conocimientos de Física, Cálculo 4

e informática vinculando así las tres asignaturas.

La bibliografía recomendada fue la siguiente:

1- Revisar en el libro de Mora Flores, W. *Introducción a los métodos numéricos* (2013) página 98 un ejemplo del empleo del método numérico de bisección.

2- Estudiar en el artículo, Empleo de la matemática numérica y el Excel en la solución de problemas de electricidad y magnetismo de Rega Armas, (2016) publicado en la revista *Pedagogía y Sociedad*, Vol. 19, no 45; revisar el ejemplo que aparece allí.

3- Revisar en la ayuda del Excel la función lógica SI, debido a que con ella el uso del método de bisección, que es el método numérico que se empleará para dar solución al problema es más factible, porque automatiza el método ahorrando tiempo.

Como ya se ha abordado anteriormente este problema, necesita una solución por métodos numéricos, existen varios métodos numéricos, para la resolución de este problema, el método de bisección para la

determinación de raíces fue el método numérico seleccionado. Además de un método sencillo es un método ya abordado por la asignatura Cálculo 4, por lo que el estudiante tiene conocimiento del método numérico seleccionado para darle solución al problema.

Según Rega Armas, (2017): Al resolver este problema utilizando Matemática Numérica se realizan muchos cálculos, que con lápiz y papel sería muy engorroso y el estudiante se centrarían más en hacer los cálculos que en lo que realmente importa, el aprendizaje de la física.

Es por esta razón que se utiliza el Excel de Microsoft por todas las posibilidades que brinda y que han sido explicadas anteriormente en este artículo.

Según Mora (2013), este es uno de los métodos más sencillos y de fácil intuición, para resolver ecuaciones en una variable. Se basa en el Teorema de los Valores Intermedios, el cual establece que toda función continua f en un intervalo cerrado $[a, b]$ ($f \in C[a, b]$) toma todos los valores que se hallan entre $f(a)$ y $f(b)$. Esto es, que todo valor entre $f(a)$ y $f(b)$ es la

imagen de al menos un valor en el intervalo $[a, b]$.

En la resolución de este problema solo buscaremos la primera raíz, usando el método de bisección es preciso determinar el intervalo $(\gamma_2; \gamma_1)$, para ello se pone en unas de las casillas de Excel, la ecuación y se le da valores a las variables con un incremento pequeño en este caso de 0.01, cuando aparezca el primer

cambio de signo, para determinar este cambio de signo aplicamos unas de las facilidades de Excel que es el formato condicional. El intervalo encontrado fue (1.57; 1.58), con él y tomando como error 0.001% se aplicó el método de bisección para encontrar la primera raíz de la ecuación.

En la figura se muestra cómo quedaría la página de Excel para determinar el intervalo.

$f(\gamma) = \text{tang}\gamma - \gamma$		
γ	$\text{tang}\gamma$	$\text{tan}\gamma - \gamma$
1,4	5,797883715	4,39788372
1,41	6,165356145	4,75535614
1,42	6,581119456	5,16111946
1,43	7,055463766	5,62546377
1,44	7,601826062	6,16182606
1,45	8,238092753	6,78809275
1,46	8,988607602	7,5286076
1,47	9,887374892	8,41737489
1,48	10,98337931	9,50337931
1,49	12,34985644	10,8598564
1,5	14,10141995	12,6014199
1,51	16,4280917	14,9180917
1,52	19,66952782	18,1495278
1,53	24,49841044	22,9684104
1,54	32,46113891	30,9211389
1,55	48,07848248	46,5284825
1,56	92,62049632	91,0604963
1,57	1255,765592	1254,19559
1,58	-108,649204	-110,229204
1,59	-52,0669697	-53,6569697
1,6	-34,2325327	-35,8325327

Fig.1 Determinación del intervalo para el método de bisección en Excel.

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el método de bisección ecuación $\text{tang}\gamma = \gamma$, con la utilización para encontrar la primera raíz de la del Excel.

Se toma $\gamma_1 = 1.57$ y $\gamma_2 = 1.58$. Se evalúa la ecuación para γ_1 y γ_2 y se pueden obtener los siguientes casos:

1) Si $f(\gamma_1) = 0$ o $f(\gamma_2) = 0$ entonces esta es la solución buscada. Considerando la exactitud de dicha solución a partir de la de los datos.

2) Si $f(\gamma_1) \neq 0$, se compara su signo con el de $f(\gamma_2)$ como ya se comprobó el intervalo mediante el gráfico, el signo debe ser contrario por tanto se calcula $\gamma_{12} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$ y $E1 = \left| \frac{X_2 - X_1}{X_2 + X_1} \right| * 100\%$; $E1 = \left| \frac{X_{12}^{nuevo} - X_{12}^{viejo}}{X_{12}^{nuevo}} \right| 100\%$

2.2.1) Si se obtiene $E_1 < e$ o $E_2 < e$ entonces se toma como la solución. Aquí puede darse el caso en que γ_{12} haga $f(\gamma) = 0$, pero esto no significa que la solución sea exacta como sí ocurre en la matemática exacta.

2.2.2) Si se obtiene $E_1 > e$ o $E_2 > e$, entonces se repite el proceso.

Tomando, de los dos intervalos en que quedó dividido, aquel en que la función cambia de signo. Para la realización de este paso en el Excel se utiliza la función SI, pues ella a partir de una condición, devuelve un valor falso y uno verdadero en la casilla especificada; en este caso si $f(\gamma_{12}) > 0$ o $f(\gamma_{12}) < 0$, se sustituye de forma automática el valor de γ_{12} por la casilla que posee γ_1 o γ_2 en dependencia del cambio de signo. Esta función facilita la utilización del método, automatizando el proceso búsqueda de la raíz.

El Excel brinda dentro de sus ventajas escribir las ecuaciones y obtener las respuestas en las casillas especificadas, debido a que cada una tiene un identificador. La hoja de Excel en la que se usó el método de bisección y se encontró la respuesta queda como se muestra en la figura.

$$f(\gamma) = \tan(\gamma) - \gamma$$

Iteración	Y ₁	f(Y ₁)	Y ₂	f(Y ₂)	Y ₁₂	f(Y ₁₂)	E1	E2
1	1,57	1254,19559	1,58	-110,229204	1,575	-239,460787		0,31746032
2	1,57	1254,19559	1,575	-239,460787	1,5725	-588,538961	-0,15898251	0,15898251
3	1,57	1254,19559	1,5725	-588,538961	1,57125	-2205,8009	-0,07955449	0,07955449
4	1,57	1254,19559	1,57125	-2205,8009	1,570625	5835,22794	0,03979308	0,03979308
5	1,570625	5835,22794	1,57125	-2205,8009	1,5709375	-7085,06807	0,01989258	0,01989258
6	1,570625	5835,22794	1,5709375	-7085,06807	1,57078125	66325,5237	0,00994728	0,00994728
7	1,57078125	66325,5237	1,5709375	-7085,06807	1,57085938	-15862,4506	0,00497339	0,00497339
8	1,57078125	66325,5237	1,57085938	-15862,4506	1,57082031	-41693,0698	0,00248676	0,00248676
9	1,57078125	66325,5237	1,57082031	-41693,0698	1,57080078	-224495,92	0,00124339	0,00124339
10	1,57078125	66325,5237	1,57080078	-224495,92	1,57079102	188280,864	0,0006217	0,0006217
11	1,57079102	188280,864	1,57080078	-224495,92	1,5707959	2334497,63	0,00031085	0,00031085
12	1,5707959	2334497,63	1,57080078	-224495,92	1,57079834	-496760,504	0,00015542	0,00015542
13	1,5707959	2334497,63	1,57079834	-496760,504	1,57079712	-1262076,91	7,7712E-05	7,7712E-05
14	1,5707959	2334497,63	1,57079712	-1262076,91	1,57079651	-5494683,2	3,8856E-05	3,8856E-05

$$E1 = \left| \frac{x_{12}^{nuevo} - x_{12}^{viejo}}{x_{12}^{nuevo}} \right| 100\%$$

$$E1 = \left| \frac{x_2 - x_1}{x_2 + x_1} \right| 100\%$$

Fig.2 Hoja del método de bisección en Excel.
Fuente: Elaboración propia

Con 14 iteraciones se obtiene la respuesta del problema con un error de 0.001, se debe tener en cuenta que este error depende de las condiciones del problema, quien lo determina es la exactitud que se necesite en la solución de un determinado problema y se fija por el investigador, como es el caso, con el desarrollo de las tecnologías, se pueden obtener errores del orden de los 10^{-12} .

Al concluir el problema ejemplo se realizó una prueba pedagógica para comparar los resultados antes y después de la aplicación de los

problemas, a continuación, se muestran los resultados:

Quince estudiantes (83.3%) lograron enunciar y formular correctamente las ecuaciones y leyes de Óptica.

Catorce de los estudiantes para el (77.7%) seleccionaron correctamente las vías de solución a las problemáticas planteadas sobre la ecuación de difracción de Fraunhofer.

Es importante señalar que en el artículo se muestra solo un ejemplo de lo problemas que se aplicaron, para de esta manera enseñar, cómo se pueden incluir los métodos

numéricos en el aprendizaje de la física.

Del análisis de los resultados al aplicar los problemas con el empleo de la matemática numérica y el uso del Excel, en el segundo año de la carrera ingeniería informática, se infiere que hubo un avance cuantitativo en el nivel de aprendizaje de los contenidos de la Física, pues la mayor cantidad de estudiantes logran solucionar los problemas con la utilización de la matemática numérica y el uso del Excel, integrando de esta manera los contenidos físicos, matemáticos e informáticos.

CONCLUSIONES

La introducción de los métodos numéricos en la enseñanza de la física en la universidad constituye una necesidad para lograr que los estudiantes comprendan el lugar de la matemática numérica en el método científico y contribuir a la formación de su concepción científica del mundo.

El problema ejemplo tiene como objetivo contribuir al mejoramiento del aprendizaje de la Física en el segundo año de la carrera de Ingeniería informática, se caracteriza

por la utilización del Excel de Microsoft, el empleo de los métodos numéricos, la objetividad, el desarrollo y la interdisciplinariedad.

La evaluación obtenida después de la aplicación de estos problemas en los estudiantes que cursan segundo año de la carrera de Ingeniería informática, permite considerar que el empleo de los métodos numéricos en la enseñanza de la Física es factible y pertinente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, J. y J. Sugden, J. S. (2007). *Spreadsheets in Education – The First 25 Years. Spreadsheets in Education, 1* (1).
- Benacka, J. (2008). Spreadsheet Numerical Modeling in Secondary School Physics and Biology. *Spreadsheets in education, 2* (3).
- Benacka, J. (2013). Three Spreadsheet Models of a Simple Pendulum. *Spreadsheets in education, 3*(1), Art.5.
- De Castro, C. A. (2008). *Métodos Numéricos Básicos para*

- Ingeniería, con implementaciones en MATLAB y Excel (1era edición). Colombia. <https://excefull.com/funcion/uso-hojas-calculo-excel-ventajas-desventajas>
- Gaik Tay, K. y Long Kek, S. (2013). Three Spreadsheet Models of a Simple Pendulum. *Spreadsheet in education*, 6 (2), Art.5.
- Kaw, A. (2014). *Bisection Method - More Examples*. Recuperado de <http://numericalmethods.eng.usf.edu>
- Macedo, Beatriz. Conferencia de apertura del II Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias. La Habana, febrero, 2002.
- Mora Flores, W. (2013). *Introducción a los métodos numéricos: Implementaciones en Basic (Libre Office, Excel)*, Recuperado de <http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/revistamatematica/>
- Oliva, A. (2017). *Uso de Hojas de cálculo de Excel, ¿Ventajas o desventajas?* Recuperado de
- Oliveira, C. y Nápoles, S. (2013). Using a spreadsheet to study the oscillatory movement of a mass-spring system. *Spreadsheet in education*, 3 (3), Art.2.
- Rega Armas, D. (2016). Empleo de la matemática numérica y el Excel en la solución de problemas de electricidad y magnetismo. *Pedagogía y Sociedad*, 19 (45). Recuperado de <http://revistas.uniss.edu.cu/index.php/pedagogia-y-sociedad>
- Rega Armas, D. (marzo-junio, 2017). Empleo de los métodos numéricos y el Excel en la solución de problemas de termodinámica. *Pedagogía y Sociedad*, 20(48).
- Guerra Véliz, Y. (2008). *Modelo didáctico para la implementación de los métodos numéricos en el proceso educativo de la Física General en la especialidad de profesor de Ciencias Exactas*

(tesis doctoral). Instituto Superior Pedagógico “Félix Varela”, Villa Clara, Cuba.

Zemansky, M, y otros. (2008). *Física Universitaria*. La Habana: Editorial Félix Varela.

Pedagogía y Sociedad publica sus artículos bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

