

# ATLANTE. CUADERNOS DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO

latindex IDEAS EconPapers Dialnet MIAR INDIcEs CSIC

## LOS MÉTODOS NÚMERICOS, EL EXCEL Y LA FÍSICA EN LA CARRERA DE INGENIERIA AGRÓNOMA

**Dayned Rega Armas.**

Auxiliar. Universidad de Sancti Spiritus: "José Martí Pérez"  
ORCID: 0000-0002-4078-2217  
e-mail: dayned.rega@nauta.cu

**Yusimí Guerra Véliz.**

Profesora Titular. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas  
ORCID: 0000 0002 1711  
5686  
e-mail: yusimig@uclv.edu.cu.

**Julio Leyva Haza.**

Profesora Titular. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas  
ORCID: 0000 0002 6616 7095  
e-mail: haza@uclv.edu.cu.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Dayned Rega Armas, Yusimí Guerra Véliz y Julio Leyva Haza: "Los métodos numéricos, el excel y la física en la carrera de ingeniería agrónoma", Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo, ISSN: 1989-4155 (vol 13, Nº 7 octubre-diciembre 2021, pp. 84-98). En línea: <https://doi.org/10.51896/atlante/CIEP6397>

### RESUMEN

Utilizar en la enseñanza de la física tanto métodos exactos como numéricos complementándose como un todo, hacen el proceso de enseñanza aprendizaje más efectivo. En este trabajo se ejemplifica un problema de la aplicación de los métodos numéricos utilizando el Excel en problemas de mecánica. El objetivo de la investigación fue implementar los métodos numéricos y el Excel de Microsoft para fortalecer la enseñanza de la física en los estudiantes de la carrera ingeniería agrónoma. En el proceso investigativo se aplicaron métodos del nivel teórico, empírico y matemático-estadístico, Después de la introducción de los métodos numéricos se observa una mejoría del aprendizaje de la física, así como una mayor motivación por el estudio de la misma.

**Palabras clave:** mecánica, matemática numérica, enseñanza, física, tecnologías de la Informática

### NUMERICAL METHODS, EXCEL AND PHYSICS IN THE AGRONOMIC ENGINEERING CAREER.

### ABSTRACT

Using both, exact and numerical methods in the teaching of physics, complementing each other as a whole, make the teaching-learning process more effective. This work exemplifies a problem of the application of numerical methods using Excel in mechanical problems. The objective of the research was to implement numerical methods and Microsoft Excel to strengthen the teaching of physics in agronomic engineering students. In the research process, methods of the theoretical, empirical and

mathematical-statistical level were applied. After the introduction of numerical methods, an improvement in the learning of physics is observed, as well as a greater motivation for the study of it.

**Keywords:** mechanics, numerical mathematics, teaching, physics, informatics technologies.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los problemas más complejos que afrontan los docentes de las universidades es proporcionar una preparación exhaustiva a sus estudiantes que responda al desarrollo vertiginoso de la ciencia en las diferentes esferas de la vida y les permita resolver las dificultades sociales.

La educación y el proceso de aprendizaje se enfocan de forma integral, con una nueva mirada al conjunto de la persona para integrar todas las inteligencias del alumno y así desarrollar aptitudes, competencias, conocimientos y valores pertinentes con el modelo de persona a educar. En este sentido, el eje fundamental de la nueva mirada y el sentido integral de la educación es la búsqueda del desarrollo del proyecto vital del alumno para que pueda disponer de las herramientas fundamentales para devenir un ciudadano activo en su entorno. (Aragay Tusell, 2017)

La educación cubana debe desarrollar las capacidades creadoras de la personalidad para asimilar, procesar y aplicar los conocimientos que se aprenden en la escuela a las situaciones de la vida. (Sánchez Rojas, 2018, p.2) En este sentido el aprendizaje de los estudiantes de la educación superior ha enfrentado elevados retos en los últimos años como consecuencia directa de los avances científicos y tecnológicos.

La Dra. Yusimí Guerra Véliz en su tesis de doctorado plantea:

Tal reto, aun cuando atañe a todas las ciencias pedagógicas, debe ser enfrentado, de acuerdo con sus características, por cada una de las disciplinas específicas que la integran; esto recae, en gran medida, en las didácticas particulares. Los especialistas de cada una de ellas han de realizar profundos análisis con dos fines fundamentales: primero, determinar cómo se manifiestan los problemas actuales en la didáctica de la ciencia que enseñan y segundo, buscarles soluciones científicas.

La Física es la rama del saber que proporciona la base del conocimiento de 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. Se dice que la matemática es el lenguaje de la física.

En la matemática existen dos grandes grupos de métodos: Los numéricos y los exactos. Los métodos más usados en la enseñanza actual son los exactos, aunque los numéricos reflejan el carácter aproximado de la realidad. Los métodos numéricos, no se usaban con tanta frecuencia debido a los muchos cálculos que en ocasiones se necesitaba realizar, pero en la actualidad con los avances tecnológicos y en especial las TIC (Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones), esto ya no constituye un problema por lo que la utilización y el conocimiento de los mismos conjuntamente con los métodos exactos es una necesidad para el ciudadano común.

Los métodos numéricos son muy importantes en los días de hoy con el avance y el desarrollo tecnológico, están detrás de cualquier equipo moderno y solucionan cualquier tipo de problema desde el más sencillo hasta el más complejo incluso aquellos problemas que no pueden ser resueltos por métodos exactos, es por ellos que es importante que el estudiante que se está formando, conozca sobre ellos, que existen y que son una herramienta muy poderosa en la rama de la ciencia.

En ocasiones no se hace ni referencia a que los problemas pudieran ser resueltos, con gran facilidad por métodos numéricos. Es por ello por lo que no se debe enseñar la física solamente utilizando métodos exactos es necesario también utilizar los métodos numéricos, para lograr un proceso enseñanza aprendizaje en el que se obtengan estudiantes preparados integralmente.

La necesidad de incluir los métodos numéricos en los cursos de Física en diversos niveles educacionales ha sido el objeto de análisis, tanto de ámbito internacional como nacional, de diferentes investigadores tales como: Walter Mora Flores (2016), Kim Gaik Tay, Sie Long Kek y Rosmila Abdul-Kahar (2013), Carlos Armando De Castro (2008), Jan Benacka (2008), Yusimí Guerra Véliz (2008) entre otros, permitiendo un análisis más profundo del tema.

Tales especialistas se han percatado de la necesidad de incluir los métodos numéricos en los cursos de Física en diversos niveles educacionales y constituye una tendencia en el ámbito internacional que se ha desarrollado en dos direcciones. La primera dirigida a la formación de científicos e ingenieros, y la segunda a los niveles de enseñanza en que se estudia la Física con menos profundidad.

En el primer caso se propone usar métodos numéricos para resolver problemas complejos que no tienen solución por otra vía. La segunda dirección, aunque concibe el trabajo con métodos numéricos más simples, tiene aún un desarrollo incipiente por lo que se limita a ofrecer ejemplos aislados de problemas físicos.

El trabajo más completo, a juicio de los autores, realizado sobre este tema es la tesis de la Dr. Yusimí Guerra Véliz, donde propone un modelo didáctico para la implementación de los métodos numéricos en el proceso docente educativo de la Física General en la especialidad de Profesor de Ciencias Exactas que lleve al desarrollo de la habilidad de resolver tareas docentes de Física aplicando métodos numéricos.

Este trabajo fue realizado para la carrera de Ciencias Exactas, que en la actualidad se dividieron las disciplinas dando la creación de dos nuevas carreras: Licenciatura en educación. Matemática y Licenciatura en educación. Física, ambas presentan otro currículo.

Es por ello que dándole continuidad al trabajo desarrollado por la doctora Yusimí Guerra Véliz, se muestran en este trabajo otro ejemplo de la inclusión de los métodos numéricos en la Física en el tema de mecánica que se imparte en la asignatura Física, en la carrera de ingeniería agrónoma segundo año.

### **Marco Teórico**

Existen razones gnoseológicas, psicológicas y sociales para incluir los métodos numéricos en la

enseñanza de la Física. En su tesis de doctorado Yusimí Guerra Véliz 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”.

A pesar de lo planteado, en la enseñanza de las ciencias, en la actualidad, predominan los métodos exactos esto trae como consecuencia que los estudiantes se hagan una idea exacta de la realidad y obvien el carácter relativo de estos conocimientos, que tan importante es para estimular la búsqueda de nuevos conocimientos y la profundización de los ya existentes

Para ello hay razones de carácter gnoseológico, psicológico y social que exigen su inclusión en los currículos escolares como un encargo social. Seguidamente serán expuestas cada una de estas razones.

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.

El conocimiento de los objetos, procesos o fenómenos físicos se obtiene a partir de modelos de la parte de la realidad estudiada. La cuantificación de dichos modelos se logra con la definición de magnitudes y dependencias entre ellas que se concretan en modelos matemáticos. En estos, cada elemento (variable, constante, signo...) y cada parte (ecuación, función, sistema de ecuaciones o funciones...) tiene un sentido físico estricto. Al tránsito de un modelo matemático a otro o a la determinación del valor de las magnitudes presentes en el modelo dado se llega a partir de operaciones matemáticas que de igual modo tienen sentido físico estricto. También, puede irse desde las magnitudes cuantificadas hasta el establecimiento del modelo. En todo este proceso la física habla a través de la matemática. Se dice que la matemática es el lenguaje de la física, no una matemática que comporta solo las estrictas formas y relaciones cuantitativas de los objetos abordados sino portadora, además, de un estricto sentido físico.

En la matemática existen dos grandes grupos de métodos: Los numéricos y los exactos. La matemática exacta se ocupa de demostrar la existencia de la solución de un problema y señalar el proceso que converge a la solución (Danilina, 1985, p10); sin embargo, para muchos problemas la segunda cuestión queda sin resolver, aun cuando se garantiza, desde el punto de vista teórico, que tal solución existe. Asimismo, puede ocurrir que se brinde el algoritmo del proceso al que converge la solución pero que este sea demasiado largo y, en consecuencia, inutilizable desde el punto de vista práctico.

En auxilio de tales dificultades aparece la matemática numérica que tiene como objetivo la búsqueda de algoritmos aproximados de cálculo para todos aquellos casos en que la existencia de la solución esté garantizada desde el punto de vista teórico, se conozca o no un algoritmo exacto para resolverlo. Para ello sustituye el problema inicial por otro más simple (Volkov, 1990, p 10), de aquí que la solución encontrada por esta vía resulte aproximada respecto al problema original. La solución por vía numérica se reduce a la realización de operaciones aritméticas y lógicas sobre los números.

La investigación en física tiene lugar a través de los métodos teórico y experimental. La matemática está presente en ambos. Unas veces predomina la exacta otras, prevalece la numérica complementándose dialécticamente.

Y. G. Véliz (2008) proyecta, el hecho de enseñar Física usando solo métodos exactos da una visión limitada de la realidad y del proceso de su conocimiento. Primero porque solo se pueden abordar aquellas manifestaciones de los fenómenos físicos cuyos modelos matemáticos son operables con métodos exactos, y segundo porque muestra solo una arista del proceso de matemátización de la Física. Así, queda enmascarado, en gran medida, el carácter relativo de la verdad objetiva, llevando a que los estudiantes asuman la ciencia como una descripción exacta del mundo que puede intercambiar su rol de reflejo de la realidad con el de la realidad misma.

Desde el punto de vista psicológico, las utilidades de los métodos numéricos son de gran ayuda en el desarrollo del pensamiento gradual del estudiante cuando transita, en lo que a matemática se refiere, de un nivel educacional medio donde se opera fundamentalmente con números a otro superior donde se trabaja con funciones.

Durante los primeros años de la enseñanza universitaria, en aquellas carreras en que se imparte la disciplina Matemática Superior, el pensamiento del estudiante debe sufrir un cambio muy profundo. Su razonamiento en Matemática debe transitar de un razonamiento fundamentalmente numérico a uno fundamentalmente funcional. Mientras que en la enseñanza media la mayoría de las operaciones se realizan con números, empleando la Matemática elemental, en la enseñanza superior predominan las operaciones sobre las funciones características de la Matemática Superior. Esto se refleja en las disciplinas particulares que emplean la matemática como herramienta, tal es el caso de Física General donde la mayoría de los contenidos se explican usando la Matemática Superior.

En consecuencia, el enfrentamiento del estudiante al aprendizaje de las disciplinas particulares que hacen uso de la matemática resulta difícil en el sentido de que a cada momento se ve precisado de asimilar conocimientos modelados a través de conceptos matemáticos que él no está en condiciones de entender. Esto se debe a que no posee los conocimientos previos imprescindibles, sobre todo porque al final de cada operación espera como resultado un número.

La situación referida lleva a la aparición de una necesidad, que *“se refleja psíquicamente, en él, como una inquietud”* (Brito, 1987: 11). La aparición de las condiciones (herramientas matemáticas que el alumno domine o que pueda dominar con ayuda de otro) conforma el motivo que conduce a la satisfacción de tal necesidad.

La selección de dichas herramientas debe hacerse pensando en que el cambio del razonamiento del estudiante de numérico a funcional ocurra de forma gradual, teniendo en cuenta los conocimientos que ya el estudiante domina y los que puede aprender con ayuda para facilitar la formación de nexos entre los contenidos aprendidos y la estructuración que, de ellos, cada estudiante, se va formando en el plano mental hasta lograr el aprendizaje deseado.

Los métodos numéricos por su particularidad de operar sobre las funciones a partir de operaciones con números se convierten en el objeto capaz de satisfacer la necesidad psicológica anteriormente declarada.

En otras palabras, puede haber otras herramientas matemáticas (como en el caso de los métodos

exactos cuando se enseña la Física General) que explican correctamente el contenido físico y en ese sentido son objeto de la actividad, pero le falta a ese objeto el ser asequible, por ello se afecta el motivo que conduce su actividad de estudio.

Los métodos numéricos sustituyen la derivación, la integración, la solución de ecuaciones diferenciales, etc. (que son operaciones que se realizan sobre las funciones, y se definen como operaciones analíticas, nuevas para el estudiante) por múltiples operaciones algebraicas que son conocidas por él desde los primeros grados escolares.

Al trabajar con métodos numéricos cada operación algebraica se realiza sobre números de forma similar a como se realiza en la Matemática elemental, por lo que el estudiante estaría usando aquello que ya conoce. Lo nuevo está en el análisis global que debe hacerse sobre el sentido de cada número o conjunto de números involucrado, de modo que se interprete el número como un valor que caracteriza de algún modo a una función o se asuma al conjunto de números como una función expresada en forma tabular.

También es nueva la interpretación que se dé al conjunto de operaciones particulares; es decir, el conjunto de sumas, restas, multiplicaciones o divisiones o la combinación de algunas de ellas debe asumirse como una nueva operación cualitativamente diferente que se realizó sobre una función (sobre el conjunto de números) y dio como resultado un valor de alguna de las variables de la función, otra función e incluso un conjunto de funciones.

Para escoger las operaciones, para interpretarlas y para comprender el resultado obtenido se precisa de la ayuda del maestro que se apoya en lo que el estudiante conoce para ir ampliando su conocimiento en la medida que se definan y realicen nuevas operaciones sobre las funciones. El maestro debe lograr que el estudiante interprete la relación de cada operación algebraica con los números involucrados en ella y que a la vez entienda el modo en que se relacionan unas operaciones algebraicas con otras y unos números con otros para dar lugar a una operación cualitativamente diferente que se realiza sobre una función. A esto es a lo que nos referimos cuando hablamos de pasar gradualmente a un razonamiento funcional.

A pesar de que estas dos razones son suficientes para la introducción de los métodos numéricos en los currículos actuales, existe otra de carácter sociológico y es el hecho de que tales métodos se empleen cada vez con más frecuencia para resolver problemas en los ámbitos científico, técnico y práctico convirtiéndose en parte de los conocimientos que debe asimilar el ciudadano común para su inserción social.

El surgimiento de los primeros métodos numéricos data, aproximadamente del año 2000 a.n.e. y la incorporación de nuevos métodos numéricos, así como el enriquecimiento de los ya existentes, ha estado ocurriendo durante todo el desarrollo de la matemática y la física. Sin embargo, hasta hace poco su uso estuvo limitado, casi exclusivamente, al plano científico producto del enorme volumen de cálculos que requiere su aplicación.

En los últimos tiempos el uso de los métodos numéricos se ha intensificado debido al desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, y específicamente de los paquetes matemáticos profesionales diseñados para las computadoras que permiten realizar los cálculos de forma automatizada. Por otra parte, el propio desarrollo científico y tecnológico alcanzado hace que

cada vez sea más frecuente la modelación a través de métodos numéricos de los problemas prácticos que se deben resolver en función del desarrollo social. Resulta entonces imprescindible, el conocimiento de los métodos numéricos en un amplio círculo de profesionales de la ciencia y la técnica.

A pesar de que en las ciencias la incorporación de los métodos numéricos ha experimentado un avance desde las últimas décadas, producto de la introducción en el ámbito científico de las diferentes generaciones de ordenadores, no ha sido posible su incorporación paralela de manera intensiva a la enseñanza, porque hasta hace muy poco tiempo las computadoras no estaban disponibles para el uso de las grandes masas sociales. Sin embargo, el impetuoso desarrollo que ha alcanzado la microelectrónica en los últimos tiempos ha llevado a la reducción del tamaño de los ordenadores y a la disminución de sus costos, a la par que aumenta vertiginosamente su capacidad para procesar la información.

Estos aspectos han provocado que desde finales de los 90 los ordenadores estén al alcance, no solo de los científicos, sino también de técnicos, especialistas, profesores e incluso de estudiantes de todos los niveles convirtiéndose en una herramienta de uso cotidiano. Este hecho hace que cada día sean mejores las condiciones para incluir los métodos numéricos en la enseñanza.

A pesar de ello, los métodos numéricos no se incluyen en los currículos, o se incluyen muy pocos de forma asistemática y parcializada. Al respecto, el Dr. Delgado Rubí señala *“El uso de los métodos numéricos y de los modelos discretos desplaza cada vez más el uso de los métodos exactos y de modelos continuos en la llamada Matemática Aplicada, sin embargo, la escuela (incluye las carreras universitarias) sigue bastante a la zaga en este terreno”* (Delgado, 1996, p 8).

Desde el punto de vista sociológico es también muy importante el conocimiento de los métodos numéricos pues ellos forman parte de la cultura que es necesario llevar a los integrantes de la sociedad actual debido a la frecuencia con que son usados para resolver problemas prácticos, así como a la disponibilidad de computadoras capaces de procesar los cálculos que tales métodos requieren.

Otro aspecto a tener en cuenta es que en la formación del alumno el enfoque con que se contribuirá a la formación de su concepción científica del mundo es muy importante. Dicho enfoque prevé que se muestre el carácter relativo de la verdad objetiva al orientar el proceso docente educativo de modo que el alumno interprete los conocimientos físicos no como algo exactamente acabado sino como una aproximación cada vez más cercana a la realidad. Es necesario que durante su aprendizaje se evidencie: que cada conocimiento es una modelación que se acerca a la realidad; que se corresponde con ella hasta un determinado grado de exactitud; que entre el conocimiento y el fenómeno real existe una diferencia dada por el error con que se construyó dicho conocimiento.

Guerra Véliz en su tesis de doctorado, plantea:

Es importante que el alumno comprenda la significación del error, pues este debe ser tan pequeño que, aun estando presente, los conocimientos sirvan para describir la realidad, pero estos últimos, al contener el error, son inexactos por naturaleza, rasgo que constituye

el motor impulsor en la búsqueda de nuevos conocimientos y del mejoramiento de los ya existentes. (2008, p.15).

La participación que tiene hoy el ciudadano medio en la sociedad exige que su concepción acerca de la ciencia sea más dialéctica por la labor que realiza y por la necesidad de poder orientarse en una sociedad en que se ve “bombardeado” diariamente por un gran cúmulo de información de todo tipo y con contenidos e intenciones diversas. Entonces, el estudio de las ciencias en que se aplica la matemática ha de concebirse considerando la unidad dialéctica entre los métodos numéricos y exactos para dar una visión más adecuada de dicha ciencia en correspondencia con la cultura de masas que exige el mundo de hoy.

Para formar un alumno con estas características se necesita que él sea consciente de su aprendizaje, de la necesidad de incorporar estos elementos a su cultura profesional. Sólo en estas condiciones se tendrá un alumno motivado que encamine todos sus esfuerzos a su formación como profesional con las características que exige de él la sociedad de este momento.

### **El Excel como software con múltiples ventajas para implementar los métodos numéricos.**

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. (Rega Armas, 2017)

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, una pantalla numérica con retroalimentación en los gráficos y cálculos de forma muy rápida.

Según A. Oliva (2017) las ventajas al operar con hojas de cálculo de Excel son variadas. Una de ellas es que nos facilita entender mejor las operaciones y fórmulas matemáticas, ya que en las celdas nos muestra todo el proceso antes de llegar a un resultado determinado. Otra ventaja es que llevan incorporadas 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.

Según J. 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.

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, M., y Nápoles, S., 2013).

Además, en los teléfonos inteligentes existe la aplicación de Excel para androide, por lo que los estudiantes y profesores, pueden usar el Excel para aplicar los métodos numéricos sin necesidad de tener una computadora.

Con esta herramienta 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 ingeniería agrónoma, poseen conocimientos básicos sobre este software debido a que en la enseñanza media cursan la asignatura informática que incluye entre sus temas el manejo de este software y en el primer año se refuerza el trabajo con el mismo como parte de la asignatura Informática.

## **METODOLOGÍA**

### **Diseño de investigación**

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: posibilitó 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 de la carrera Ingeniería Agrónoma.

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: posibilitó 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 estadísticos-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, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

Se considera como población a los 18 estudiantes de la carrera Ingeniería Agrónoma de la

Universidad de Sancti Spíritus: “José Martí Pérez”. 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 Agrónoma 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 ofrecen:

- 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.
- no siempre para la solución de las tareas se necesita relacionar los contenidos de la Física, la Matemática y la Informática.
- Ninguno de los estudiantes refiere tener conocimiento sobre los métodos numéricos, ni su aplicación en la solución de problemas.

Si fuéramos hablar de un antes de la introducción de los métodos numéricos en la enseñanza de la física en la carrera de ingeniería agrónoma, podemos decir que ningún estudiante conocía los métodos numéricos, ni su importancia ni su aplicación.

Sobre la introducción de los métodos numéricos en la enseñanza de la física es importante destacar que no se pretende que los estudiantes conozcan todos los métodos numéricos y sus diferentes aplicaciones, pues no sería objetivo de la asignatura de física, ni se cuenta con el tiempo dentro de la misma para este propósito. Por lo que se propone introducir un método numérico, el método de bisección, proporcionándoles a los estudiantes una herramienta muy valiosa para la solución de problemas, además de motivarlos y darle a conocer la importancia que juega la matemática numérica en el contexto actual.

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.

La mecánica es uno de los temas de la asignatura Física y es la encargada de describir el movimiento de los cuerpos en movimiento y en reposo. En la mecánica el estudiante encuentra la explicación utilizando los modelos de la física y la matemática a una gran cantidad de problemas que aparecen en su vida diaria, tanto en la ciencia y la tecnología como formando parte del entorno que rodea al estudiante.

El problema que se muestra de ejemplo en este trabajo es tomado del libro, Ecuaciones Diferenciales aplicadas del autor: Murray R. Spiegel.

Problema:

Si se sabe que la altura máxima alcanzada por un cuerpo de masa **250g**, que parte con velocidad inicial de **4.42m/s**, suponiendo que la resistencia del aire es proporcional a la velocidad instantánea, viene dada por la expresión:

$$h_{\text{máx}} = \frac{mv_0}{k} - \frac{gm^2}{k^2} \ln\left(1 + \frac{kv_0}{mg}\right)$$

¿Si la altura máxima es de **1m** cuál sería el valor de la constante de proporcionalidad  $k$ ?

Con este problema se puede motivar al estudiante, preguntándole ¿Podrían ustedes calcular el valor de  $k$ ? Calcúlenlo. Para ellos será imposible pues solo conocen métodos exactos y este problema no tendría solución aparente para ellos. Este momento sería el aprovechado por el profesor para introducir los métodos numéricos y explicarles que si tiene solución pero no por la vía que ellos conocen y que existen otros métodos de solución igual de importantes que son los métodos numéricos.

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 empleará para dar solución al problema. La bibliografía recomendada fue la siguiente:

- 1- Matemática numérica, segunda edición de los autores, Manuel Álvarez, Alfredo Guerra y Rogelio Lau. En este libro contiene problemas aplicados cuya solución solo es posible aplicando métodos numéricos.
- 2- Revisar en la tesis de doctorado de Yusimí Veliz Guerra, 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. El anexo 3, donde se explica el método analítico de bisección y el anexo 10, en el cual se muestra muy detalladamente y de una manera muy asequible para los estudiantes, un ejemplo de problema físico resuelto por métodos numéricos usando el método de bisección.
- 3- buscar en el sitio web <http://numericalmethods.eng.usf.edu> , donde se encuentran ejemplos del método que se empleará en la solución del problema que se muestra, este sitio se encuentra en idioma inglés, lo que le permitirá a los estudiantes que practiquen este idioma.
- 4- 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 empleara para dar solución del problema, es más factible, porque automatiza el método ahorrando tiempo.
- 5- Estudiar con detenimiento un video tutorial realizado por la profesora: Msc.Dayned Rega Armas, donde se explica el método numérico que se va a emplear, en este caso el método numérico bisección, y además el video contiene un ejemplo de un problema resuelto utilizando el método de bisección y el Excel.

Como ya hemos 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.

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 nos brinda y que han sido explicadas anteriormente en este artículo.

Según Mora (2016), 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  $[a, b]$ .

Para utilizar el método de bisección es preciso determinar el intervalo  $(k_1; k_2)$ , esto fue muy sencillo con la utilización del Excel de Microsoft, se igualo la función a cero y posteriormente se evaluó la misma para los valores de  $k$  desde cero con un incremento de 0.1 hasta que se encontró en el valor de la función un cambio de signo obteniendo el intervalo necesario para aplicar el método numérico de bisección

### Figura 1

Foto tomada de la hoja del Excel para conocer el intervalo.

$h_{m\acute{a}x} = \frac{mv_0}{k} - \frac{gm^2}{k^2} \ln\left(1 + \frac{kv_0}{mg}\right)$	
$m=$	0,25kg
$hm=$	1m
$g=$	9,8m/s <sup>2</sup>
$v_0=$	4,42m/s
	#DIV/0!
0	9,26864013
0,1	3,33603054
0,2	1,25176996
0,3	0,15762848
0,4	-0,52980206
0,5	-1,00864133
0,6	-1,36531963
0,7	-1,64380262
0,8	-1,86892929
0,9	-2,05584998
1	-2,2143624
1,1	-2,35110252
1,2	

Nota. En la foto del Excel se resalta el intervalo y se observa claramente la diferencia de signo de la función, lo que indica al menos una raíz en este intervalo.

El intervalo encontrado fue (0.4; 0.5), con él y tomando como error 0.001% se aplicó el método de bisección para encontrar el valor de la constante de proporcionalidad, con la utilización del Excel.

Tomamos  $k_1 = 0.4$  y  $k_2 = 0.5$

Evaluamos la ecuación para  $k_1$  y  $k_2$  pudiéndose obtener los siguientes casos:

- 1) Si  $k_1 = 0$  o  $k_2 = 0$  entonces esta es la solución buscada. Considerando la exactitud de dicha solución a partir de la de los datos.
- 2) Si  $k_1 \neq 0$ , se compara su signo con el de  $k_2 = 0$  como ya se comprobó el intervalo

mediante el gráfico el signo debe ser contrario por tanto se calcula  $a_{12} = \frac{k_1 + k_2}{2}$  y  $E1 = \left| \frac{X_2 - X_1}{X_2 + X_1} \right| * 100\%$ ;

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

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  $k_{12}$  haga  $f(k_{12}) = 0$ , pero esto no significa que la solución sea exacta como sí ocurre en Matemática donde las magnitudes representan cantidades exactas.

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 ya que ella a partir de una condición, devuelve un valor falso y uno verdadero en la casilla especificada; en este caso si  $f(k_{12}) > 0$  o  $f(k_{12}) < 0$ , se sustituye el valor de  $k_{12}$  por la casilla que posee  $k_1$  o  $k_2$  en dependencia del cambio de signo. Esta función facilita la utilización del método, automatizando el proceso búsqueda de la raíz.

Recordemos que 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:

**Figura 2**

Foto tomada de la hoja del Excel con el problema resuelto utilizando el método numérico de bisección.

Determinar el valor de la constante de proporcionalidad k con un error de 0,001%								
Iteración	k1	f(k1)	k2	f(k2)	k12	f()	E1	E2
1	0,4	0,15762848	0,5	-0,52980206	0,45	-0,22048931		11,11111111
2	0,4	0,15762848	0,45	-0,22048931	0,425	-0,04149141	-5,88235294	5,88235294
3	0,4	0,15762848	0,425	-0,04149141	0,4125	0,05533278	-3,03030303	3,03030303
4	0,4125	0,05533278	0,425	-0,04149141	0,41875	0,00626633	1,49253731	1,49253731
5	0,41875	0,00626633	0,425	-0,04149141	0,421875	-0,01777262	0,74074074	0,74074074
6	0,41875	0,00626633	0,421875	-0,01777262	0,4203125	-0,0057936	-0,37174721	0,37174721
7	0,41875	0,00626633	0,4203125	-0,0057936	0,41953125	0,0002262	-0,18621974	0,18621974
8	0,41953125	0,0002262	0,4203125	-0,0057936	0,41992188	-0,00278624	0,09302326	0,09302326
9	0,41953125	0,0002262	0,41992188	-0,00278624	0,41972656	-0,00128065	-0,04653327	0,04653327
10	0,41953125	0,0002262	0,41972656	-0,00128065	0,41962891	-0,00052739	-0,02327205	0,02327205
11	0,41953125	0,0002262	0,41962891	-0,00052739	0,41958008	-0,00015064	-0,01163738	0,01163738
12	0,41953125	0,0002262	0,41958008	-0,00015064	0,41955566	3,777E-05	-0,00581903	0,00581903
13	0,41955566	3,777E-05	0,41958008	-0,00015064	0,41956787	-5,6435E-05	0,00290943	0,00290943
14	0,41955566	3,777E-05	0,41956787	-5,6435E-05	<b>0,41956177</b>	-9,3331E-06	-0,00145474	0,00145474

*Nota.* En la foto del Excel se observa el método de bisección paso por paso y la solución encontrada con un error muy pequeño.

Con 14 iteraciones se obtiene la respuesta del problema con un error de 0.001, debemos 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 hoy podemos obtener errores del orden de los  $10^{-12}$ .

La exactitud de la solución depende de la exactitud con que sea factible medir la magnitud física que representa dicha solución de acuerdo con el fenómeno en que ella se manifieste y los instrumentos de medición que puedan usarse para medir la magnitud en el fenómeno dado. Recordemos lo importante que es desde el punto de vista físico que el estudiante entienda que los resultados en la Física son una aproximación de la realidad y no un cien por ciento de exactitud.

Después de la aplicación de los métodos numéricos en la enseñanza de la física, en la carrera de ingeniería Agrónoma, se realizó una entrevista a los 18 estudiantes, que fueron considerados como población. A continuación, se presenta una síntesis de las respuestas que estos ofrecen:

- para la solución de algunos problemas en física, se necesita relacionar los contenidos de la Física, la Matemática y la Informática.
- Los estudiantes refieren conocer el método de bisección, como parte de los numéricos, y aplicarlos en problemas de física que no tienen solución por métodos exactos.

Si fuéramos hablar de un después de la introducción de los métodos numéricos en la enseñanza de la física en la carrera de ingeniería agrónoma, podemos decir que los estudiante conocen y saben aplicar un método numérico, bisección, para la solución de problemas que no tienen respuesta por vía exacta. Por lo que los estuantes tendrán no solo una vía para resolver problemas sino dos: la numérica y la exacta y por consiguiente comprenderán la situaciones físicas con mayor claridad mejorando así el aprendizaje de esta asignatura Además los estudiantes, ahora, conocen la importancia de los métodos numéricos y su aplicación en la vida cotidiana.

## CONCLUSIONES

Los estudios realizados en la sustentación teórica de este trabajo evidencian el impacto de la inclusión de los métodos numéricos en la enseñanza de la ciencia a partir del uso del Excel, en la sociedad contemporánea que exige que resulte indispensable orientar el aprendizaje de la Física hacia la excelencia, buscando la formación integral del estudiante de la carrera de ingeniería Agrónoma.

## REFERENCIAS

- Aragay Tusell, X. (2017) Tendencias internacionales emergentes para la transformación de la educación: aportes y reflexiones. Revista Propuesta Educativa, 48(12), 28-33. Buenos Aires, Argentina
- Baker, J. y J. Sugden, J. S. (2007). Spreadsheets in Education –The First 25 Years. En la Revista Spreadsheets in Education (eJSiE). Vol1 Iss.1, Art 2.
- Benacka, J. (2013). “Three Spreadsheet Models of a Simple Pendulum”. En Spreadsheet in education (eJSiE). Vol 3, Iss.1, Art.5.
- Brito Fernández, Héctor. (1987): “Psicología General para los Institutos Superiores Pedagógicos”. Editorial Pueblo y Educación, La Habana.

- Danílina, N. I. (1990): "Matemática de Cálculo". Editorial Mir, Moscú.
- De Castro, C. A. (2008b). "Métodos Numéricos Básicos para Ingeniería, con implementaciones en MATLAB y Excel" (1era. edición). Colombia.
- Delgado Rubí, Juan Raúl. (1996): "La enseñanza de la Matemática en el umbral del siglo XXI". En memorias del II Taller Internacional sobre enseñanza de la Matemática para Ingeniería y Arquitectura. La Habana: ISPJAE. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=403056015003>
- Gaik Tay, K., Long Kek, S. y Abdul-Kahar, R. (2013). "Three Spreadsheet Models of a Simple Pendulum". En Spreadsheet in education (eJSiE). Vol 6, Iss.2, Art.5.
- Kaw, A. (2014). Bisection Method - More Examples. Recuperado de: <http://numericalmethods.eng.usf.edu>
- Labarrere, Alberto. (1996): "Pensamiento. Análisis y autorregulación de la actividad cognoscitiva de los alumnos". Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana.
- Manuel Sánchez Rojas (2018): "Aproximaciones teóricas de la creatividad en el proceso de enseñanza aprendizaje de la historia en la educación secundaria básica", Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo (enero 2018). En línea: <http://www.eumed.net/rev/atlante/2018/01/creatividad-ensenanza-aprendizaje.html>
- Mora Flores, W. (2016). Introducción a los métodos numéricos. Implementaciones en Basic (Libre Office, Excel), Recuperado de: <http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/revistamatematica/>. Consultado en 16/08/2019 a 9:30
- Oliva, A. (2017): "Uso de Hojas de cálculo de Excel", ¿Ventajas o desventajas? Recuperado de: <https://excelfull.com/funcion/uso-hojas-calculo-excel-ventajas-desventajas>. Consultado en 15/02/2020 a 12:30
- Oliveira, C. y Nápoles, S. (2013). Using a spreadsheet to study the oscillatory movement of a mass-spring system. En: Spreadsheet in education (eJSiE). Vol.3 Iss.3 Art.2
- Rega Armas, D., Guerra Véliz, Y. y Leiva Haza, J. (mar. – jun. 2017). Empleo de los métodos numéricos y el excel en la solución de problemas de termodinámica. Pedagogía y Sociedad, 20 (48), 20-37. Disponible en: <http://revistas.uniss.edu.cu/index.php/pedagogia-y-sociedad/article/view/444>
- Spiegel, M. (1968): "Applied Differential Equations". Editorial Pueblo y Educación, Habana.
- Veliz Guerra, 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 en opción al título de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Santa Clara: Instituto Superior Pedagógico." Félix Varela".
- Volkov, E. A. (1990): "Métodos numéricos". Editorial Mir, Moscú.