

$$m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \frac{14 - (-8)}{1 - 0} = 22$$

Estudio comparativo

sobre la eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia
de los métodos de la secante y de la falsa posición
para solucionar ecuaciones no lineales de una variable

$$s(x) - \ln(x)$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

2.3418684

2

1

0

Héctor Alirio Guerrero
Oscar Mauricio Casanova Coral
Ignacio David Revelo Vivas



Guerrero, Héctor Alirio

Estudio comparativo sobre la eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia de los métodos de la secante y de la falsa posición para solucionar ecuaciones no lineales de una variable. Héctor Alirio Guerrero, Oscar Mauricio Casanova Coral e Ignacio David Revelo Vivas -- 1 ed. -- San Juan de Pasto: Universidad Cesmag, 2020

120 p.: il. color

Incluye Bibliografía p. 106-107

ISBN 978-958-5504-68-4

E-ISBN 978-958-5504-69-1

DOI 10.15658/CESMAG20.02180117

1. ANÁLISIS NUMÉRICO 2. ECUACIONES – SOLUCIONES NUMÉRICAS
3. PROGRAMACIÓN (COMPUTADORES ELECTRÓNICOS) – ECUACIONES
I. Casanova Coral, Oscar Mauricio II. Revelo Vivas, Ignacio David III. Título

CDD

515.355

22 ed.

CEP – Universidad Cesmag. Biblioteca Remigio Fiore Fortezza.

Estudio comparativo sobre la eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia de los métodos de la secante y de la falsa posición para solucionar ecuaciones no lineales de una variable.

Primera edición, 2020

© Héctor Alirio Guerrero, 2020

© Oscar Mauricio Casanova Coral, 2020

© Ignacio David Revelo Vivas, 2020

© Universidad Cesmag, 2020

Editorial UNIVERSIDAD CESMAG, 2020

Carrera 20A 14-54

Tel: +572 7216535 Ext. 377 y 265

E-mail: editorial@unicesmag.edu.co

Website: www.unicesmag.edu.co

San Juan de Pasto, Nariño, Colombia

CP: 520003

© Grupo de investigación en Ciencias Básicas SIGMA

Departamento de Ciencias Básicas

Carrera 20A 14-54

Tel: +572 7216535 Ext. 327 – 266

E-mail: haguerrero@unicesmag.edu.co

E-mail: idrevelo@unicesmag.edu.co

E-mail: omcasanova@unicesmag.edu.co

San Juan de Pasto, Nariño, Colombia

ISBN: 978-958-5504-68-4

E-ISBN: 978-958-5504-69-1

Doi: 10.15658/CESMAG20.02180115

Rector

Fray Daniel Omar Sarria Tejada OFM. Cap.

Director

Javier Alejandro Jiménez Toledo

Edición

Diana Milena Betancourth Castillo

Edición impresa y digital Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

Diseño de cubierta y diagramación

D.G. Angelica Mayag Chud - angelicamayag@gmail.com

APA:

Guerrero, H., Casanova, O. y Revelo, I. (2020). *Estudio comparativo sobre la eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia de los métodos de la secante y de la falsa posición para solucionar ecuaciones no lineales de una variable*. San Juan de Pasto, Colombia: Editorial Universidad Cesmag. doi: 10.15658/CESMAG20.02180115

El pensamiento que se expresa en esta obra es responsabilidad exclusiva del autor y no compromete la ideología de la Universidad Cesmag.

Se permite la citación del texto nombrando la fuente.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida totalmente y en partes por ningún medio mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, digital, fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la editorial o su autor.

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

Agradecimientos

Los autores del presente libro, como fruto de un proceso investigativo, están totalmente agradecidos con las personas que han contribuido en la terminación de esta obra que hacen parte de la Universidad Cesmag, tanto por su paciencia, colaboración, gestión, motivación, y observaciones acertadas en cada momento de duda, de incertidumbre, de retroalimentación que conlleva toda investigación proyectada en un tiempo determinado con varias variables controlables y otras no controlables, pero es ahí donde el investigador requiere de las experiencias y conocimientos de grandes amigos o compañeros que nos permitan hacer gratificante todo el proceso investigativo. En este sentido, un valor de suma importancia es el apoyo de nuestras familias por su comprensión, por el compartir la visión de un investigador dentro y fuera de la Institución.

$$s(x) = \ln(x)$$



$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = 0$$

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

Contenido

Introducción	11
1. Metodología para los Métodos Estudiados	13
1.1 Metodología	15
1.2 Definición Nominal o Teórica de las Variables	16
1.3 Definición Operativa o Empírica de las Variables	16
2. Método de la Secante	17
2.1 Definición de Método Abierto	19
2.2 Método de la Secante	20
2.3 Ventajas y Desventajas del Método	34
3. Método de la Falsa Posición	35
3.1 Definición de Método Cerrado	37
3.2 Método de la Falsa Posición	37
3.3 Ventajas y Desventajas del Método	58
4. Algoritmos en el Software	59
4.1 Terminología	61
4.1.1 Algoritmo	61
4.1.2 Programa	61
4.1.3 Lenguaje de Programación	61
4.1.4 Plataforma Visual Studio .NET Express	62
4.2 Algoritmo del Método de la Secante	62
4.3 Algoritmo de la Falsa Posición	64
5. Análisis y Resultados	67
5.1 Análisis De Las Variables De Estudio	69
5.2 Ejercicio 1	71
5.3 Ejercicio 2	74
5.4 Ejercicio 3	78
5.5 Ejercicio 4	81
5.6 Ejercicio 5	83
5.7 Ejercicio 6	86
5.8 Ejercicio 7	88

$$s(x) = \ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{n-1} (x_i - \bar{x})$$

6. Otros Ejercicios con el Software 91

6.1	Ejercicio 1	93
6.1.1	Solución por el Método de la Secante	93
6.1.2	Solución por el Método de la Falsa Posición	94
6.2	Ejercicio 2	95
6.2.1	Solución por el Método de la Secante	95
6.2.2	Solución por el Método de la Falsa Posición	96
6.3	Ejercicio 3	97
6.3.1	Solución por el Método de la Secante	98
6.3.2	Solución por el Método de la Falsa Posición	98
6.4	Ejercicio 4	99
6.4.1	Solución por el Método de la Secante	100
6.4.2	Solución por el Método de la Falsa Posición	100

7. Conclusiones y Recomendaciones 102

7.1	Conclusiones	104
7.2	Recomendaciones	105
	Bibliografía	106

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

$$s(x) - \ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$
$$n-1$$

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Iteraciones del algoritmo de la secante	63
Cuadro 2. Iteraciones del algoritmo de la falsa posición	66
Cuadro 3. Matriz de análisis del ejercicio $2x^2+7x-4 = 0$	74
Cuadro 4. Matriz de análisis ejercicio $5x^3+10x^2+7x-8 = 0$	77
Cuadro 5. Matriz de análisis ejercicio $e^x \cos(x)+5x^2+3x-3 = 0$	80
Cuadro 6. Matriz de análisis ejercicio $e^{-x}-x = 0$	83
Cuadro 7. Matriz de análisis ejercicio $\cos(x)-\ln x = 0$	85
Cuadro 8. Matriz de análisis ejercicio $\ln(x^2+1)-e^{\frac{x}{2}} \cdot \cos(\pi x) = 0$	87
Cuadro 9. Matriz de análisis ejercicio $e^x+x^3+2x^2+10x-20 = 0$	90

$$s(x) - \ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n = 1(x_i - \bar{x})$$
$$n-1$$

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

Lista de Figuras

Figura 1. Gráfica de la Convergencia del proceso iterativo	19
Figura 2. Construcción de la iteración x_2 del método de la secante	20
Figura 3. Gráfica de la función $f(x) = 2x^2+7x-4$	22
Figura 4. Método de la secante $f(x) = 2x^2+7x-4$	23
Figura 5. Gráfica de la función $f(x) = 5x^3+10x^2+7x-8$	23
Figura 6. Método de la secante $f(x) = 5x^3+10x^2+7x-8$	24
Figura 7. Gráfica de la función $f(x) = e^x \cos(x)+5x^2+3x-3$	25
Figura 8. Método de la secante $f(x) = e^x \cos(x)+5x^2+3x-3$	26
Figura 9. Gráfica de la función $f(x) = e^{-x}-x$	26
Figura 10. Método de la secante $f(x) = e^{-x}-x$	27
Figura 11. Método de la secante $f(x) = e^{-x}-x$	28
Figura 12. Gráfica de la función $f(x) = \cos(x)-\ln(x)$	29
Figura 13. Método de la secante $f(x) = \cos(x)-\ln(x)$	30
Figura 14. Gráfica de la función $f(x) = \ln(x^2+1)-e^{\frac{x}{2}} \cdot \cos(\pi x)$	31
Figura 15. Método de la secante $f(x) = \ln(x^2+1)-e^{\frac{x}{2}} \cdot \cos(\pi x)$	32
Figura 16. Gráfica de la función $f(x) = e^x+x^3+2x^2+10x-20$	32
Figura 17. Método de la secante $f(x) = e^x+x^3+2x^2+10x-20$	33
Figura 18. Gráfica del criterio del método cerrado	37
Figura 19. Gráfica de la descripción del método de la falsa posición	38
Figura 20. Gráfica de la función $f(x) = 2x^2+7x-4$	39
Figura 21. Ampliación de la función en el intervalo $[0, 1]$	41
Figura 22. Método de la falsa posición $f(x) = 2x^2+7x-4$	41
Figura 23. Gráfica de la función $f(x) = 5x^3+10x^2+7x-8$	42
Figura 24. Ampliación de la función en el intervalo $[0, 1]$	42
Figura 25. Método de la falsa posición $f(x) = 5x^3+10x^2+7x-8$	44
Figura 26. Gráfica de la función $f(x) = e^x \cos x+5x^2+3x-3$	45
Figura 27. Ampliación de la función en el intervalo $[0, 1]$	45
Figura 28. Método de la falsa posición $f(x) = e^x \cos x+5x^2+3x-3$	47
Figura 29. Gráfica de la función $f(x) = e^{-x}-x$	48
Figura 30. Ampliación de la función en el intervalo $[0, 1]$	48
Figura 31. Método de la falsa posición $f(x) = e^x \cos x+5x^2+3x-3$	50
Figura 32. Gráfica de la función $f(x) = \cos(x)-\ln(x)$	50

$$s(x)-\ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} = 1(x_i - \bar{x})$$

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

Figura 33. Ampliación de la función en el intervalo $[1, 2]$	51
Figura 34. Método de la falsa posición $f(x) = \cos x - \ln x$	52
Figura 35. Gráfica de la función $f(x) = \ln(x^2+1) - e^{\frac{x}{2}} \cos(\pi x)$	53
Figura 36. Ampliación de la función en el intervalo $[0, 1]$	53
Figura 37. Método de la falsa posición $f(x) = \ln(x^2+1) - e^{\frac{x}{2}} \cos(\pi x)$	55
Figura 38. Gráfica de la función $f(x) = e^x + x^3 + 2x^2 + 10x - 20$	55
Figura 39. Ampliación de la función en el intervalo $[1, 2]$	56
Figura 40. Método de la falsa posición $f(x) = e^x + x^3 + 2x^2 + 10x - 20$	58
Figura 41. Gráfica de la función $f(x) = e^{-x} - x$	63
Figura 42. Algoritmo método de la secante	64
Figura 43. Algoritmo método de la falsa posición	66
Figura 44. Método de la secante $f(x) = 2x^2 + 7x - 4$	71
Figura 45. Método de la falsa posición $f(x) = 2x^2 + 7x - 4$	72
Figura 46. Método de la secante $f(x) = 5x^3 + 10x^2 + 7x - 8$	75
Figura 47. Método de la falsa posición $f(x) = 5x^3 + 10x^2 + 7x - 8$	75
Figura 48. Método de la secante $f(x) = e^x \cos(x) + 5x^2 + 3x - 3$	78
Figura 49. Método de la falsa posición $f(x) = e^x \cos(x) + 5x^2 + 3x - 3$	78
Figura 50. Método de la secante $f(x) = e^{-x} - x$	81
Figura 51. Método de la falsa posición $f(x) = e^{-x} - x$	82
Figura 52. Método de la secante $f(x) = \cos(x) - \ln(x)$	84
Figura 53. Método de la falsa posición $f(x) = \cos(x) - \ln(x)$	84
Figura 54. Método de la secante $f(x) = \ln(x^2+1) - e^{\frac{x}{2}} \cos(\pi x)$	86
Figura 55. Método de la falsa posición $f(x) = \ln(x^2+1) - e^{\frac{x}{2}} \cos(\pi x)$	86
Figura 56. Método de la secante $f(x) = e^x + x^3 + 2x^2 + 10x - 20$	88
Figura 57. Método de la falsa posición $f(x) = e^x + x^3 + 2x^2 + 10x - 20$	89
Figura 58. Gráfica de la función $f(x) = x \cdot \log_{10}(x) - 1$	93
Figura 59. Método de la secante $f(x) = x \cdot \log_{10}(x) - 1$	94
Figura 60. Método de la falsa posición $f(x) = x \cdot \log_{10}(x) - 1$	94
Figura 61. Gráfica de la función $f(x) = 10 \cdot e^{\frac{x}{2}} \cos(2x) - 4$	95
Figura 62. Método de la secante $f(x) = 10 \cdot e^{\frac{x}{2}} \cos(2x) - 4$	96
Figura 63. Método de la falsa posición $f(x) = 10 \cdot e^{\frac{x}{2}} \cos(2x) - 4$	97
Figura 64. Gráfica de la función $f(x) = x^3 - \cos x$	97
Figura 65. Método de la secante $f(x) = x^3 - \cos x$	98
Figura 66. Método de la falsa posición $f(x) = x^3 - \cos x$	99
Figura 67. Gráfica de la función $f(x) = x^3 \cdot e^x - 0.2x^2 + 10x - 10$	99
Figura 68. Método de la secante $f(x) = x^3 \cdot e^x - 0.2x^2 + 10x - 10$	100
Figura 69. Método de la falsa posición $f(x) = x^3 \cdot e^x - 0.2x^2 + 10x - 10$	101

$$s(x) - \ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{n-1} = 1(x_i - \bar{x})$$

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

Lista de Anexos

Anexo A. Ejercicios adicionales	108
Anexo B. Manual de instalación	110
Anexo C. Manual del usuario	113
Anexo D. Instalación del software	119

$$s(x) - \ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})$$
$$n-1$$

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

Prólogo

Como en la obra anterior es un agrado volver a escribir sobre los resultados obtenidos en el proyecto de investigación realizado, por los autores que pertenecen al grupo de investigación en ciencias básicas SIGMA adscrito al Departamento de ciencias básicas de la universidad CESMAG. Este libro es una herramienta para hacer una comparación de la eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia de los métodos utilizados en la solución de ecuaciones no lineales, las cuales se las encuentra en diferentes problemáticas de las ciencias aplicadas, los autores crean una herramienta de aprendizaje para que los lectores se basen y apliquen esta obra en la solución de problemas reales, puesto que los autores, muestran una gran cantidad de ejemplos que hacen ver con gran familiaridad los métodos para la solución de ecuaciones no lineales, y además plantean ejercicios que permiten el desarrollo de habilidades en la aplicación de estos procedimientos.

También, cabe destacar la actualización del software, puesto que se ampliaron los métodos de solución de ecuaciones no lineales, facilitando aún más la realización de los procesos tediosos de cada uno de los métodos, para encontrar la solución de este tipo de ecuaciones, haciendo que los lectores tengan otra manera de aplicar estos métodos con gran versatilidad y velocidad para encontrar las raíces con confiabilidad.

Por otro lado, la estructura de esta obra tiene una forma didáctica para que el usuario identifique los métodos, estableciendo las características y requerimientos propios de cada método. De igual forma, puede ser consultado por los estudiantes que asuman la cátedra de análisis numérico o métodos numéricos dentro de las ingenierías o áreas afines en un contexto de aplicación.

Por medio de este libro resultado de investigación se complementa con el anterior, y sirve para toda aplicación en la resolución de las ecuaciones no lineales univariadas de variable real, que se pueda enfrentar el lector. Reitero las felicitaciones a los autores por las obras realizadas, puesto que son de gran ayuda para los estudiantes y docentes que se dedican a este tipo de asignaturas como son los métodos numéricos o para todo profesional que se identifique con la temática en un contexto de las ciencias aplicadas.

Ricardo Javier Hernández Revelo
Docente de Ciencias Básicas
Unicesmag

$$s(x) - \ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{n-1} (x_i - \bar{x})$$

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

Introducción

Las matemáticas aplicadas se posicionan cada día en el desarrollo de las diferentes áreas del conocimiento en un contexto de aplicación o resolución de algún problema, que como fruto del modelado de tal situación surja una fórmula o ecuación algebraica o no algebraica que en la mayoría de los casos por métodos tradicionales o exactos no se puede resolver. Es aquí donde entra la matemática numérica como los métodos numéricos a tomar gran importancia y prioridad en profundizar en ellos, por el gran aporte significativo que realizan al momento de resolver una situación de modelado matemático en procura de encontrar una solución de una situación problemática; tal vez esta solución no sea la más exacta, pero si se busca que sea la más próxima a la real, con fines de reducir el error que se puede dar al momento de dar tal aproximación.

Entonces por la gran variedad de aplicaciones que tienen los métodos numéricos en diferentes ramas de las ciencias y sus múltiples aportes en la solución de problemas matemáticos o modelado matemático, parte de estos métodos es el objetivo de la presente investigación, que compara los métodos de la secante y de la falsa posición en cuanto a eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia. Entre las temáticas mencionadas están los métodos para solucionar ecuaciones no lineales univariadas reales, cuyas características son propias de cada uno, al igual que sus requerimientos para poderse aplicar. En comparación con la investigación anterior de los métodos de bisección, punto fijo y Newton - Raphson, se busca ahora profundizar en los dos métodos de interés, en cuanto a las variables de estudio, eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia, como se comporta cada una en diferentes tipos de ecuaciones, para condensar el mayor número de variables en una función matemática que indique en lo posible cuál de los dos métodos de estudio es mejor para encontrar la solución de una ecuación no lineal. También se adicionó otro tipo de ecuaciones de mayor complejidad, más ejemplos para observar comportamientos y otros ejercicios adicionales para futuras investigaciones o recomendados para estudiantes afines a la matemática numérica como las ingenierías, la administración, entre otras.


En el capítulo uno del libro se describe la metodología de investigación, que es pieza fundamental en todo proceso investigativo, puesto que permite paso a paso como se va a realizar el estudio comparativo de los métodos de la secante y de la falsa posición para solucionar diferentes tipos de ecuaciones no lineales de una sola variable real bajo las directrices dadas.

En el segundo capítulo se explica el fundamento matemático del método de la secante, las condiciones iniciales que requiere, su soporte algebraico en el proceso iterativo para obtener la fórmula general del algoritmo del método numérico, posteriormente su validación con el desarrollo de ejemplos compuestos con diferentes funciones matemáticas para mirar el comportamiento del método y por último determinar sus ventajas y desventajas del mismo.

El tercer capítulo se presenta a detalle la parte conceptual del método de la falsa posición, como el nacimiento del método o su historia, su soporte algebraico, sus

$$s(x) = \ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = 0$$


$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

deducciones matemáticas, sus criterios, condiciones de aplicabilidad y su validación con el desarrollo de ciertos ejemplos compuestos con diferentes funciones matemáticas, la descripción gráfica, los cálculos obtenidos manualmente y la utilización del software.

En el cuarto capítulo se describe los algoritmos con su implementación desde la programación. Además, se presenta la evolución del software del grupo de investigación denominado Thomas Bayes como soporte fundamental de los procesos matemáticos, aritméticos y de graficación que requieren los métodos de estudio mencionados anteriormente.

En el quinto capítulo se presenta el análisis de la información obtenida en las pruebas, es decir, la comparación de los métodos teniendo en cuenta las variables consideradas y la operatividad de las mismas. También se hace referencia a las ventajas y desventajas de cada método y por último se aplica la función indicativa creada con el fin de determinar el mejor método para solucionar un tipo de ecuación.

En el sexto capítulo se realizan otros ejercicios para potenciar y apropiarse del software denominado Thomas Bayes, de igual manera se cambia de funciones matemáticas con un grado de dificultad mayor que en los ejemplos planteados en capítulos anteriores, para mirar el comportamiento de cada uno de los métodos.

En el séptimo capítulo se plasman las conclusiones de los métodos analizados que son el resultado del estudio comparativo en cuanto eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia de cada uno de ellos para la solución de una ecuación de una variable real y por último se formulan algunas recomendaciones de los métodos analizados para personas que estén en el ámbito de la ciencia o personas que simplemente le interese la respuesta de una ecuación matemática con otros fines aplicativos.

$$s(x) - \ln(x)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{n-1} (x_i - \bar{x})$$

$$m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \frac{6.4686 - (-2)}{1 - 0} = 8.46869$$

$$S = \frac{\sum y - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n}$$

Capítulo 1

$$f(x) = \cos(x) \ln(x)$$

Metodología para los Métodos Estudiados

- 1.1 Metodología
- 1.2 Definición Nominal o Teórica de las Variables
- 1.3 Definición Operativa o Empírica de las Variables

“Los encantos de esta ciencia sublime, las matemáticas, sólo se le revelan a aquellos que tienen el valor de profundizar en ella”.

Carl Friedrich Gauss

Descripción

La metodología de investigación es pieza fundamental en todo proceso investigativo, puesto que permite paso a paso como se va a realizar el estudio comparativo de los métodos de la secante y de la falsa posición para solucionar diferentes tipos de ecuaciones no lineales de una sola variable real bajo las directrices dadas.

1.1 Metodología

Desde el punto de vista metodológico, según Quijano¹, el estudio comparativo de los métodos de la secante y de la falsa posición, corresponde al paradigma del positivismo, basado en las características de lo real, útil, cierto, preciso y relativo; puesto que las variables de estudio son cuantificables, lo cual hace parte de la matemática aplicada y que encuentra su apoyo en la ciencia de la computación, la ingeniería, entre otras disciplinas.

Por lo cual, el método que se trabajó dentro de la investigación es el método científico o también llamado método empírico analítico que permitirá la caracterización de los diferentes métodos utilizados, desde el análisis numérico, para dar solución a una ecuación no lineal univariable.

Para el inicio del estudio fue necesario realizar una fundamentación teórica de cada método, buscando diferentes características, ventajas y desventajas de cada uno de ellos e identificando los procesos que se aplican en la solución de las ecuaciones de interés, que en la mayoría por los métodos tradicionales o exactos no se puede resolver. De igual forma fue necesario potenciar las diferencias de los métodos con la ayuda de la generación de una fórmula o función matemática que recoja el mayor número de las variables del estudio comparativo, con el fin de determinar cuál método es mejor con respecto al otro para encontrar la solución.

Así mismo, se recomienda recordar los conceptos básicos sobre la teoría del error; que se encuentran en el primer libro de investigación realizado por los autores de este texto, titulado: Estudio comparativo sobre eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia de los métodos de bisección, punto fijo y Newton - Rapshon para solucionar ecuaciones no lineales de una variable, puesto que los métodos estudiados involucran un margen de error para solucionar una ecuación, el cual se establece de acuerdo a la exactitud que se pretenda en la solución.

En este sentido, la investigación del estudio comparativo de los métodos mencionados anteriormente se enmarca en el enfoque cuantitativo y es de tipo analítico, descriptivo, porque se va a medir las variables: eficiencia, precisión, exactitud y pertinencia de los métodos, generando su algoritmo y luego llevarlo a un lenguaje de programación, desarrollando de esta manera un software propio del grupo de investigación denominado Thomas Bayes.

Para identificar el comportamiento de las variables en cada método se soluciona una misma ecuación considerando igual margen de error para cada método. Inicialmente se grafica la función, utilizando el software para visualizar el intervalo que contiene la solución y poder establecer las condiciones iniciales requeridas para el arranque del algoritmo propio de cada método. Seguidamente se aplica el algoritmo en cada método para solucionar manualmente la ecuación. Los resultados se corroboran solucionando la ecuación con el software. Los datos obtenidos se analizan de acuerdo a la definición nominal y empírica de las variables. Por último, son siete las ecuaciones que se tuvieron en cuenta para el análisis de cada método, y al final se identificaron ventajas y desventajas de cada uno.

¹ QUIJANO, Armando. *Guía de investigación Cuantitativa*. 1 ed. San Juan de Pasto: Tecnografic, 2009.p.75

Para el estudio se tuvo en cuenta la población constituida por los métodos numéricos existentes para solucionar ecuaciones no lineales univariadas, de ésta se tomó una muestra de los métodos numéricos existentes, más comunes, que tienen mayor aplicación y de cierta manera tiene menor grado de complejidad, para la solución de diferentes tipos de ecuaciones algebraicas y no algebraicas.

Dentro del proceso de investigación se destaca las siguientes variables de estudio:

- Eficiencia de los métodos.
- Precisión de los métodos analizados.
- Exactitud de los métodos analizados.
- Pertinencia de los métodos analizados.

A continuación, se relacionan las definiciones nominal o teórica y la definición operativa o empírica de las variables.

1.2 Definición Nominal o Teórica de las Variables

- **Eficiencia:** Se define como el número de operaciones necesarias para llegar a la solución de la ecuación. Desde el punto de vista algorítmico, la eficiencia se entiende como la capacidad de procesar información en el menor tiempo posible y con el menor consumo a nivel de procesamiento y memoria.
- **Precisión:** Se define como la proximidad en que está un valor medido o calculado respecto a los otros.
- **Exactitud:** Se define como la proximidad que está un valor calculado respecto al valor de la solución.
- **Pertinencia:** Se define como la conveniencia de un método para dar solución a una ecuación.

1.3 Definición Operativa o Empírica de las Variables

- **Eficiencia:** Esta variable fue medida a través del procesamiento de datos; es decir, el número de iteraciones del algoritmo.
- **Precisión:** La variable precisión se obtiene mediante la desviación estándar de los valores iterativos de cada proceso algorítmico.
- **Exactitud:** Esta variable se calculó mediante la evaluación de la ecuación de interés en la solución o raíz aproximada.
- **Pertinencia:** De acuerdo a las condiciones que exige cada uno de los métodos mencionados.

Las definiciones planteadas son necesarias en la aplicación de los métodos numéricos de interés, en este sentido según Masoud y Nafised² para el punto de comparación de la resolución de las ecuaciones no lineales univariadas de la forma $f(x)=0$ son fundamentales las variables de estudio para efectos de un análisis posterior.

² MASOUD, Allame and ÑAFIEN, Azad. On modified Newton method for solving a nonlinear algebraic equations by mid-point. [en línea]. En: World applied science journal. 2012, Vol. 17, No 12, p. 1546-1547. ISSN: 1818- 4952.