



**Metodología innovadora con enfoque STEM para mejorar el proceso de
aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio
Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025**

TESIS DOCTORAL

que, para obtener el Grado de PhD.

DOCTOR EN EDUCACIÓN E INNOVACIÓN

PRESENTA

Lizeth Johanna Montero Cortés

ASESOR

Dra. Lyzzi Coromoto Davalillo Bolívar

México, 2026

La presente Tesis Doctoral debe ser citada como:

Montero Cortés, Lizeth Johanna (2026). Metodología innovadora con enfoque STEM para mejorar el proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025. [Tesis de Doctorado de la Universidad de Investigación e Investigación de Mexico - UIIX]



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Se permite la reproducción total o parcial y la comunicación pública de la obra con reconocimiento de la autoría y mención de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX.

No se permite el uso comercial ni la creación de obras derivadas.

Resumen

La presente investigación tiene como propósito diseñar e implementar una metodología innovadora basada en el enfoque STEM que favorezca el aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes de educación básica. El estudio surge ante la necesidad de mejorar los niveles de comprensión matemática y fortalecer habilidades de razonamiento en contextos educativos públicos. Metodológicamente, se enmarca en un enfoque cuantitativo con alcance aplicado y un diseño cuasi experimental con grupo control y grupo experimental, a través de la aplicación de pruebas pretest y posttest. La intervención se desarrolló mediante micro proyectos STEM contextualizados. Para el análisis de los resultados, se emplearon indicadores como la ganancia de aprendizaje de Hake y el factor de concentración de Hake, con el fin de medir el impacto de la intervención en el desempeño académico de los estudiantes. Los resultados evidencian una mejora significativa en el razonamiento proporcional, la resolución de problemas y la apropiación de conceptos matemáticos en el grupo experimental en comparación con el grupo control. Se concluye que la integración del pensamiento computacional con el enfoque STEM constituye una estrategia efectiva para fortalecer el aprendizaje significativo y transformar las prácticas pedagógicas en matemáticas.

Palabras clave: *enfoque STEM, pensamiento computacional, aprendizaje de las matemáticas, ganancia de aprendizaje de Hake, razonamiento matemático, metodología innovadora.*

Abstract

This research aims to design and implement an innovative methodology based on the STEM approach to enhance mathematics learning through the development of computational thinking in basic education students. The study arises from the need to improve mathematical understanding and strengthen reasoning skills in public educational contexts. Methodologically, the study follows a quantitative approach with an applied scope and a quasi-experimental design, including control and experimental groups, using pre-test and post-test assessments. The intervention was implemented through contextualized STEM micro-projects. Data analysis included the use of Hake's learning gain and Hake's concentration factor to evaluate the impact of the intervention on students' academic performance. The results show a significant improvement in proportional reasoning, problem-solving skills, and the understanding of mathematical concepts in the experimental group compared to the control group. It is concluded that integrating computational thinking with the STEM approach is an effective strategy to enhance meaningful learning and transform teaching practices in mathematics.

Keywords: *STEM approach, computational thinking, mathematics learning, Hake learning gain, mathematical reasoning, innovative methodology.*

Agradecimientos.

A Dios, por ser guía constante en este proceso, por brindarme fortaleza en los momentos de dificultad y sabiduría para culminar esta etapa tan significativa de mi vida. A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación permanente. Su acompañamiento ha sido fundamental para alcanzar este logro académico.

Expreso un especial y profundo agradecimiento a mi tutora, la Doctora, Lyzzi Coromoto Davalillo, por su orientación experta, dedicación, paciencia y valiosos aportes a lo largo de todo el proceso investigativo. Su acompañamiento académico y humano fue determinante para la consolidación de esta investigación.

A la UIIX y a mis compañeros que hicieron parte de este estudio, por su disposición, compromiso y participación activa durante la formación doctoral. Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo de esta investigación, brindando apoyo, conocimientos y motivación para seguir adelante.

Dedicatorias

A mi hija, Paula Sofía, luz de mi vida y fuente infinita de amor e inspiración. Cada paso que doy es pensando en el ejemplo que quiero dejarte y en el futuro que deseo construir a tu lado. A mi futuro bebé, que, aun antes de llegar a este mundo, ya llena mi vida de esperanza, ilusión y fortaleza. Este logro también es para ti, como símbolo del amor que te espera y de los sueños que comenzamos a construir juntos.

A mi familia, por ser mi mayor apoyo y el pilar fundamental en este camino. Su amor, confianza y acompañamiento han sido esenciales para alcanzar este logro.

A todos aquellos que creen en la educación como herramienta de transformación y que, desde su labor diaria, contribuyen a construir un mejor futuro.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO 1. Proyección de la investigación.	18
1.1. Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su ámbito de estudio.	18
1.2. Planteamiento del problema.	21
1.3. Formulación del problema (Pregunta de investigación).	22
1.4. Justificación.	23
1.4.1 Desde la Teoría	23
1.4.2 Desde la práctica	24
1.4.3 Desde el impacto social	24
1.4.4 Desde lo metodológico	24
1.4.5 Desde lo profesional	25
1.5. Objeto de estudio.	25
1.6. Campo de acción.	25
1.7. Objetivos.	26
1.7.1. Objetivo General.	26
1.7.2. Objetivos específicos.	26
1.8. Hipótesis.	26
1.9. Alcance temático.	27
En el plano teórico	27
Desde el plano Metodológico	27

Desde el plano práctico	28
1.10. Delimitación Espacial y Temporal.	28
Delimitación espacial	28
Delimitación temporal	28
CAPÍTULO 2. Fundamentos teóricos referenciales.	29
2.1. Estado del arte (Marco Histórico y Actual).	29
2.1.1 Marco Histórico	29
2.1.2 Marco Actual	33
2.2. Marco Teórico.	38
2.2.1 Teorías de Aprendizaje	38
2.2.2 Metodologías de aprendizaje	44
2.2.3 Métodos de enseñanza y aprendizaje	49
2.2.4 Fundamentos Teóricos y pedagógicos	51
2.2.5 Técnicas de evaluación de la metodología	56
2.3. Marco Conceptual.	62
2.4 Marco Contextual	63
2.5 Marco Legal y Normativo.	66
CAPÍTULO 3. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.	69
3.1. Cuadro Operacionalización de variables.	69
3.2. Diseño metodológico.	73
3.2.1. Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis.	73
3.2.2. Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos.	75
Técnicas	76
3.2.3 Determinación de la población y muestra. criterio de selección.	78

	8
3.3. Trabajo de campo.	79
3.4. Aplicación de los instrumentos.	81
3.5. Procesamiento de la información.	81
3.6. Análisis de los resultados en los datos obtenidos.	82
3.7. Redacción de resultados y discusión.	90
Análisis del Factor de Concentración (C):	90
Triangulación de Datos y Análisis Integrado:	92
CAPÍTULO 4: Propuesta de transformación	96
4.1. Fundamentación de propuesta de transformación	99
4.2. Estructura de la propuesta de transformación	100
Título de la propuesta:	100
Fundamentación teórica-conceptual de la propuesta:	100
Objetivo general de la propuesta	102
Objetivos específicos de la propuesta	103
Representación teórica y/o práctica de la propuesta	103
4.3. Valoración/ evaluación / validación de la propuesta de transformación	111
1. Valoración de la pertinencia: Método Delphi	112
2. Validación estadística de la propuesta	114
Escala Likert: Percepción de los estudiantes del grupo STEM	117
Guía de Observación.	119
Escala Likert sobre Evaluación de Pensamiento Computacional y Matemático con enfoque STEM	122
4.4 Discusión de los Resultados en la implementación de la propuesta.	126
Análisis Estadístico Descriptivo Inicial:	126
Ganancia de Aprendizaje de Hake:	132
Análisis del Factor de Concentración (C):	133

Resultados de la Escala Likert sobre Uso de Herramientas Tecnológicas:	137
Resultados de la Guía de Observación:	138
Triangulación de Datos y Análisis Integrado:	142
 CONCLUSIONES	 144
 RECOMENDACIONES	 148
 BIBLIOGRAFIA	 150
 ANEXOS	 156
ANEXO 1. Cuestionario pre y post intervención.	156
ANEXO 2. Escala Likert Evaluación de Pensamiento Computacional y Matemático con enfoque STEM	160
ANEXO 3. Guía de Observación. Línea de Investigación de matemáticas con enfoque STEM	163
ANEXO 4. Escala Likert Herramientas y plataformas educativas	165

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Teorías de aprendizaje relacionadas con el aprendizaje de las matemáticas	34
Figura 2. Teoría de aprendizaje en relación a la enseñanza por indagación	40
Figura 3. Relación de las teorías de aprendizaje en el trabajo colaborativo	41
Figura 4. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).	42
Figura 5. Componentes del enfoque STEM	43
Figura 6. Distribución de las regiones PC (Puntuación vs Concentración).	56
Figura 7. Cronograma de Actividades de la investigación representada mediante un diagrama de Gantt	75
Figura 8. Diagrama PC pre intervención	87
Figura 9. Triangulación de datos en la investigación	88
Figura 10. Propuesta transformadora	99
Figura 11. Fases de la propuesta transformadora en el Colegio Cundinamarca IED	100

Figura 12. Diseño y aplicación de la metodología innovadora basada en el enfoque STEM	101
Figura 13. Comparación de los resultados del grupo experimental	123
Figura 14. Comparación de los resultados del grupo control	124
Figura 15. Diagrama de dispersión PC pre la intervención	132
Figura 16. Diagrama de dispersión PC post la intervención	133
Figura 17. Triangulación de los datos de la investigación	140

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Rangos de la concentración de Hake.	54
Tabla 2. Puntuación P Vs Concentración C	55
Tabla 3. Modelos y patrones PC (Puntuación vs Concentración)	55
Tabla 4. Análisis de Fiabilidad del cuestionario 1 por medio del Alfa de Cronbach	78
Tabla 5. Resultados de la aplicación del cuestionario sección Pensamiento Lógico.	79
Tabla 6. Resultados de la aplicación del cuestionario sección Representación de la Información	80
Tabla 7. Resultados de la aplicación del cuestionario sección Modelación Matemática	81
Tabla 8. Resultados de la aplicación del cuestionario sección Pensamiento Computacional	82

Tabla 9. Alfa de Cronbach para el análisis de fiabilidad de la guía de Observación para las 5 clases	83
Tabla 10. Resultados de la observación de 5 clases: Fase Diagnóstica	83
Tabla 11. Concentración de los grupos experimental y control pre y post la intervención.	86
Tabla 12. Matriz de Triangulación de datos diagnóstico.	89
Tabla 13. Diseño y planificación de las 12 semanas de intervención en el aula integrando el enfoque STEM con el pensamiento computacional y el desarrollo y aprendizaje de las matemáticas.	103
Tabla 14. Ronda 1 – Resultados	107
Tabla 15. Medidas de tendencia central y dispersión (Ronda 1):	107
Tabla 16. Ronda 2 – Resultados tras retroalimentación	108
Tabla 17. Medidas de tendencia central y dispersión (Ronda 2):	109
Tabla 18. Datos del Post-Test en la competencia de Pensamiento Lógico en los grupos experimental y control	110
Tabla 19. Datos del Post-Test en la competencia de Representación de la Información en los grupos experimental y control	110
Tabla 20. Datos del Post-Test en la competencia de Modelación Matemática en los grupos experimental y control	111
Tabla 21. Datos del Post-Test en la competencia de Pensamiento Computacional en los grupos experimental y control	112
Tabla 22. Resultados de la escala Likert	113

Tabla 23. Tabla de Coeficiente de correlación para los resultados de los tres observadores	116
Tabla 24. Resultados de los tres Observadores con el resultado promedio	116
Tabla 25. Resultado de la escala Likert en la dimensión de Integración STEM	119
Tabla 26. Resultado de la escala Likert en la dimensión Pensamiento Computacional	120
Tabla 27. Resultado de la escala Likert en la dimensión Motivación	121
Tabla 28. Resultado de la escala Likert en la dimensión Accesibilidad	121
Tabla 29. Resultado de la escala Likert en la dimensión de Alineación	125
Tabla 30. Pruebas de normalidad para las Puntuaciones grupo Control y grupo Experimental.	126
Tabla 31. Prueba T- Student para muestras emparejadas. Análisis antes de la intervención.	129
Tabla 32. Prueba T- Student para muestras emparejadas. Análisis Posterior a la intervención.	131
Tabla 33. Puntuaciones promedio. Ganancia de aprendizaje de Hake grupo experimental y grupo control.	131
Tabla 34. Concentración de los grupos experimental y control pre y post la intervención.	134
Tabla 35. Resumen de los resultados obtenidos en la Escala Likert en cada una de las dimensiones	134
Tabla 36. Categorización de la guía de observación.	136

ÍNDICE DE ECUACIONES

1. Ganancia de aprendizaje de Hake (g)	53
2. Factor de Concentración de Hake (C)	54

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el avance de la ciencia y la tecnología ha transformado no solo los entornos sociales y productivos, sino también los desafíos del sistema educativo que hoy exige formar estudiantes con competencias que integren el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la alfabetización tecnológica. En este contexto, el enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha emergido como una alternativa para abordar las limitaciones del modelo educativo tradicional, particularmente en el campo de las matemáticas, ya que históricamente ha enfrentado altas tasas de desinterés, bajo rendimiento y fragmentación del conocimiento.

La presente investigación se enmarca en la necesidad de diseñar e implementar una metodología innovadora basada en el enfoque STEM que contribuya a mejorar el proceso de aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes de Educación Media del Colegio Cundinamarca, en Bogotá (Colombia), durante el período 2024–2025. Esta propuesta busca trascender la enseñanza mecánica de contenidos, promoviendo un aprendizaje significativo a través de retos contextualizados, el uso de herramientas computacionales y la integración de saberes que fomenten el pensamiento matemático y computacional de forma articulada.

Esta investigación se vincula a la universidad de Educación e Innovación UIIX, por medio de la línea de investigación “Innovación educativa y perspectivas tecnológicas”, en relación con el diseño e innovación de recursos didácticos y el análisis de modelos innovadores y flexibles, alineándose con los desafíos contemporáneos de la educación pública en Colombia y la incorporación de enfoques metodológicos activos. Dentro de los principales aportes, se destaca la generación de una estrategia pedagógica interdisciplinaria y replicable, que puede ser implementada en instituciones de contexto similar al del Colegio Cundinamarca IED, ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá, promoviendo una mejora integral en el rendimiento académico en matemáticas.

Los antecedentes más relevantes relacionados con este trabajo han sido desarrollados en los últimos cinco años por autores nacionales e internacionales. Entre ellos se encuentran los estudios de Barrantes et al. (2020), quienes proponen estrategias STEM para el fortalecimiento de la competencia matemática en contextos rurales de Costa Rica; Morales y Díaz (2021), cuya tesis doctoral aborda el pensamiento computacional como mediador en el aprendizaje de ecuaciones lineales; y Paredes (2022), quien documenta una experiencia de enseñanza basada en robótica educativa para desarrollar habilidades lógico-matemáticas en jóvenes de secundaria en Perú. En el contexto colombiano, destacan los aportes de González y Mendoza (2020) sobre la incorporación de metodologías activas en la enseñanza de las matemáticas, y de López y Camacho (2023), quienes exploran la relación entre aprendizaje significativo y tecnología en ambientes escolares con población vulnerable.

La presente investigación se organiza en cuatro capítulos esenciales. El Capítulo 1, titulado *Proyección de la investigación*, aborda la línea de investigación institucional, el planteamiento y la formulación del problema, la justificación, el objeto de estudio, el campo de acción, los objetivos, la hipótesis, el alcance temático y la delimitación espacial y temporal del estudio. El Capítulo 2, *Fundamentos teóricos referenciales*, desarrolla el estado del arte a nivel nacional e internacional, así como los marcos teórico, conceptual, contextual y normativo que sustentan la investigación. El Capítulo 3, *Fundamentos metodológicos y resultados de la investigación*, expone la matriz de consistencia científica y la operacionalización de variables, el enfoque y tipo de investigación, los métodos e instrumentos utilizados, la selección muestral, el trabajo de campo y el análisis de los resultados obtenidos mediante técnicas cuantitativas. En el Capítulo 4, *Propuesta de transformación*, se presenta la fundamentación pedagógica, la estructura y el proceso de validación de una metodología innovadora basada en el enfoque STEM, diseñada para fortalecer el aprendizaje de las matemáticas en la educación media.

Finalmente, se exponen las conclusiones derivadas de la aplicación de dicha metodología, interpretando los resultados en relación con los grupos control y experimental. Asimismo, se incluyen recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas con la temática abordada, junto con los anexos correspondientes a los instrumentos aplicados durante el desarrollo del estudio.

Esta organización permite una lectura coherente y progresiva del proceso investigativo y de sus aportes al campo educativo especialmente en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en educación media.

CAPÍTULO 1. Proyección de la investigación.

En este capítulo se presenta la proyección general del estudio, orientado al análisis de una problemática educativa relacionada con el aprendizaje de las matemáticas en la educación media del Colegio Cundinamarca IED, desde la perspectiva del enfoque STEM. La investigación surge de la necesidad de fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas mediante la incorporación de metodologías innovadoras que integren el pensamiento computacional y promuevan el desarrollo del razonamiento matemático en los estudiantes. En este sentido, se expone la contextualización del tema de estudio y su articulación con la línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México (UIIX), así como los antecedentes y la situación problemática identificada en el Colegio Cundinamarca IED. desarrollando la justificación del estudio desde los ámbitos teórico, práctico, metodológico, social y profesional, evidenciando su pertinencia en el contexto educativo actual.

En este capítulo se formula el problema de investigación y se establecen los objetivos y la hipótesis que orientan el desarrollo del estudio, por último, se delimitan el campo de acción, el alcance y las delimitaciones espaciales y temporales que enmarcan el proceso investigativo.

1.1 Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su ámbito de estudio.

El tema de investigación corresponde a una metodología innovadora con enfoque STEM para mejorar el proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025.

El diseño de una metodología innovadora busca integrar de manera significativa el pensamiento computacional con el aprendizaje de las matemáticas, a través del enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Esta propuesta de investigación, parte de la necesidad de transformar la forma en que los estudiantes se acercan a las matemáticas, utilizando herramientas de programación y estrategias algorítmicas que les permitan comprender mejor los conceptos y aplicarlos en

situaciones reales. Al conectar los saberes matemáticos con problemas del mundo cotidiano, no solo se fortalece el rendimiento académico, sino que también se promueve el desarrollo de habilidades interdisciplinarias clave para el siglo XXI, como la resolución de problemas, el pensamiento lógico y el trabajo colaborativo.

La investigación mencionada anteriormente está vinculada con la línea de Investigación: **Innovación educativa y perspectivas tecnológicas**, en relación al diseño e innovación de recursos didácticos y el análisis de modelos innovadores y flexibles.

La innovación educativa al igual que la metodología basada en el enfoque STEM, están en constante evolución, ya que buscan aprovechar las herramientas tecnológicas y estrategias pedagógicas actuales para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje, adaptables a las necesidades de los estudiantes en un mundo en constante cambio y cada vez más tecnológico, enfocando soluciones a problemáticas de la vida cotidiana.

La innovación en la creación de recursos didácticos implica utilizar tecnologías avanzadas y enfoques pedagógicos modernos para hacer que el aprendizaje sea más atractivo para los estudiantes, en búsqueda de autonomía y desarrollo de competencias tanto individuales como colectivas. El análisis de modelos innovadores permite evaluar enfoques educativos novedosos y su impacto en el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes adaptar su proceso de aprendizaje a sus propias necesidades y estilos de aprendizaje y por último el Pensamiento Computacional desarrolla habilidades como la descomposición de problemas, el reconocimiento de patrones y la abstracción, que son fundamentales tanto en la programación como en las matemáticas. La integración de estas habilidades en el currículo STEM y en la enseñanza de las matemáticas puede mejorar la comprensión y la aplicabilidad de los conceptos matemáticos.

La vinculación efectiva de una metodología que esté fundamentada con el enfoque STEM por medio del pensamiento computacional y las matemáticas, implica diseñar estrategias educativas que integren las herramientas tecnológicas de manera significativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje, fomentando el desarrollo del Pensamiento Computacional en un entorno interdisciplinario. Solucionar problemas por

medio de la interdisciplinariedad de las áreas permite a los estudiantes adquirir habilidades esenciales para el siglo XXI y prepararse para enfrentar desafíos complejos en un mundo cada vez más desafiante.

La academia Nacional de Ciencia, Ingeniería y Medicina, en su artículo “STEM: una visión para el futuro” definen STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) como un enfoque educativo que integra las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas cuyo objetivo es promover el aprendizaje interdisciplinario y el desarrollo de habilidades creativas y de resolución de problemas (Academia Nacional de Ciencia, 2016); este enfoque se basa en la idea de que las disciplinas STEM están interrelacionadas permitiendo que el aprendizaje de estas disciplinas sea más eficaz cuando se realiza de forma integrada.

Específicamente, emplear el enfoque STEM en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en cualquiera de los ciclos educativos, permitirá que los y las estudiantes aprendan matemáticas de múltiples formas, entre ellas:

- Al proporcionar contextos reales para el aprendizaje de las matemáticas, ya que los proyectos STEM se basan en problemas del mundo y contexto real, ayudando a los estudiantes a ver cómo las matemáticas se aplican en la vida cotidiana lo que genera motivación en seguir adquiriendo más saberes.
- El enfoque STEM permite que el aprendizaje de las matemáticas sea más activo y participativo. Los proyectos basados en el enfoque STEM requieren que los estudiantes trabajen en equipo, exploren ideas y resuelvan problemas; permitiendo a los estudiantes a involucrarse más en el aprendizaje y a comprender mejor los conceptos matemáticos.
- Fomenta el trabajo colaborativo ya que los proyectos con enfoque STEM requieren que los estudiantes trabajen juntos para completar una o varias tareas. Esto ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades de colaboración, que son

esenciales para el éxito en el mundo laboral y una de las bases fundamentales en las competencias para el siglo XXI.

1.2 Planteamiento del problema.

En relación a los resultados obtenidos en las pruebas estandarizadas SABER 11 en Colombia, según el ICFES (2022) y el Ministerio de Educación Nacional (2021), tras el confinamiento derivado de la pandemia, los estudiantes de educación media han mostrado dificultades para analizar y modelar situaciones problema en matemáticas, al tiempo que la incorporación de herramientas tecnológicas en las dinámicas presenciales ha cobrado mayor relevancia en los procesos académicos.

Según el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación – ICFES (2022), los estudiantes de educación media en Colombia presentan un bajo desempeño en las pruebas estandarizadas de matemáticas, con un promedio nacional de 485 puntos sobre 1000, inferior al promedio de los países de la OCDE, que es de 532 puntos (OECD, 2023). Este resultado refleja debilidades significativas en áreas fundamentales como la geometría, el álgebra y la estadística, las cuales son esenciales para el desarrollo del pensamiento lógico y la resolución de problemas en contextos reales. Las dificultades más recurrentes identificadas incluyen:

- **Geometría:** Cálculo de áreas, perímetros y volúmenes.
- **Álgebra:** Resolución de problemas que implican ecuaciones, desigualdades y funciones.
- **Probabilidad y estadística:** Interpretación de la probabilidad condicional y uso adecuado de medidas de tendencia central.

Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos – OCDE (2019) ha señalado que, a partir del año 2021, las pruebas del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA) incorporarían el componente de pensamiento computacional. Esto responde a la necesidad de que los estudiantes no solo utilicen tecnología, sino que desarrollen habilidades para comprenderla, crearla y

manejarla, lo cual se potencia mediante la articulación entre las matemáticas y el pensamiento computacional.

En coherencia con este panorama nacional e internacional, en el Colegio Cundinamarca IED se evidencian dificultades similares en el área de matemáticas, particularmente en los estudiantes de los grados décimo y once. Los resultados institucionales en evaluaciones internas y externas, así como las observaciones realizadas en el aula, muestran debilidades en la comprensión de conceptos matemáticos, la aplicación de procedimientos y la resolución de problemas contextualizados. De manera recurrente, los estudiantes presentan dificultades para interpretar situaciones problema, modelarlas matemáticamente y argumentar sus respuestas, lo que se traduce en un bajo nivel de razonamiento lógico y escasa autonomía en el aprendizaje.

Adicionalmente, se identifica una limitada integración de herramientas tecnológicas y estrategias innovadoras en los procesos de enseñanza de las matemáticas, lo que restringe el desarrollo de habilidades asociadas al pensamiento computacional, tales como la descomposición de problemas, la identificación de patrones y la formulación de algoritmos. Esta situación se ve reforzada por prácticas pedagógicas tradicionales, centradas principalmente en la transmisión de contenidos, que no siempre favorecen el aprendizaje significativo ni la conexión de las matemáticas con contextos reales y otras disciplinas

El enfoque STEM puede ser una herramienta útil para mejorar el desempeño de los estudiantes en matemáticas, ya que integra las matemáticas con otras disciplinas, lo que hace que el aprendizaje sea más interesante y relevante para los estudiantes. Además, el enfoque STEM fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas, que son habilidades esenciales para el éxito en matemáticas.

1.3 Formulación del problema (Pregunta de investigación).

¿Cómo se puede contribuir a mejorar el desarrollo del pensamiento computacional en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025?

1.4 Justificación.

Esta investigación se fundamenta en la necesidad de transformar las prácticas pedagógicas tradicionales en matemáticas mediante la integración del enfoque STEM y el pensamiento computacional, como estrategia para desarrollar habilidades del siglo XXI en los estudiantes del énfasis de ingeniería del Colegio Cundinamarca, de Bogotá - Colombia. La articulación de estas metodologías permite que, a través de la resolución de problemas contextualizados, los estudiantes adquieran competencias transversales en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, fortaleciendo además el trabajo colaborativo y el pensamiento crítico frente a los desafíos reales.

1.4.1 Desde la Teoría

Desde el punto de vista teórico, esta investigación se sustenta en los aportes de diversos autores que han contribuido a consolidar el enfoque STEM como una estrategia pedagógica integradora para el desarrollo de competencias del siglo XXI. Autores contemporáneos destacan la importancia de una educación STEM que promueva la resolución de problemas complejos mediante la integración de conocimientos científicos, tecnológicos, de ingeniería y matemáticos (Bybee, 2013). Por su parte, Wing introduce el concepto de pensamiento computacional como “una habilidad esencial no solo para la informática, sino para abordar y resolver problemas en múltiples disciplinas, incluyendo las matemáticas”. (Wing, 2006.)

Asimismo, autores como Artigue (2009) y Godino (2003) han contribuido desde la didáctica de las matemáticas al análisis de metodologías que favorecen el aprendizaje significativo y la modelación como una práctica clave para conectar el conocimiento matemático con el mundo real. En este sentido, la presente investigación busca articular estos referentes teóricos mediante el diseño de una propuesta pedagógica contextualizada que contribuya a la formación integral del estudiante de educación Media, alineándose con las políticas educativas actuales que promueven la innovación y la transversalidad del conocimiento.

1.4.2 Desde la práctica

Desde una perspectiva práctica, esta investigación tiene un carácter transformador, ya que busca mejorar el aprendizaje de las matemáticas, especialmente en lo relacionado con el modelamiento y la resolución de problemas contextualizados. Estos procesos son fundamentales en el enfoque STEM, el cual integra de manera articulada las áreas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Al implementar una metodología basada en este enfoque en un contexto real, se espera que los estudiantes desarrollen habilidades para aplicar conceptos matemáticos en la comprensión y solución de situaciones auténticas, fortaleciendo su capacidad de análisis, toma de decisiones, creatividad y pensamiento lógico, elementos clave en los campos mencionados.

1.4.3 Desde el impacto social

El impacto social de esta investigación se refleja en el beneficio directo para los estudiantes de educación media en instituciones públicas, quienes accederán a experiencias de aprendizaje más relevantes, dinámicas y vinculadas con su realidad. Indirectamente, también se beneficiarán docentes, familias y la comunidad educativa, al fomentar un cambio en las concepciones tradicionales de la enseñanza de las matemáticas. Promover un aprendizaje activo, interactivo y significativo contribuye a reducir brechas en el rendimiento académico y a aumentar la motivación estudiantil, en especial en contextos vulnerables.

1.4.4 Desde lo metodológico

Desde el punto de vista metodológico, esta investigación propone una estrategia didáctica innovadora basada en el enfoque STEM, que puede ser replicada o adaptada en futuras investigaciones con características similares. El diseño metodológico contempla instrumentos de medición antes y después de la intervención, actividades contextualizadas y rúbricas de seguimiento, lo que garantiza la rigurosidad científica, la posibilidad de comparación de resultados y la sistematización de una propuesta que puede ser útil para otros investigadores o docentes interesados en implementar enfoques integradores.

1.4.5 Desde lo profesional

En el plano personal y profesional, esta investigación representa una oportunidad para contribuir activamente a la mejora de la calidad educativa desde la práctica docente. La motivación principal surge del compromiso con los estudiantes y la necesidad de ofrecer experiencias de aprendizaje significativas, pertinentes y motivadoras en el área de matemáticas. Como docente en el sector público, resulta prioritario diseñar estrategias que generen impacto real en el aula y que fomenten el desarrollo de competencias útiles para la vida, el estudio y el trabajo.

1.5 Objeto de estudio.

El objeto de estudio de esta investigación es la integración del pensamiento computacional en el aprendizaje de las matemáticas a través de una metodología innovadora basada en el enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Se busca comprender cómo esta articulación puede contribuir a mejorar la comprensión de los conceptos matemáticos y el rendimiento académico de los estudiantes, a partir de experiencias didácticas contextualizadas que conecten el conocimiento matemático con situaciones del mundo real, resolviendo problemas mediante herramientas de programación y razonamiento algorítmico. Esta propuesta pone especial énfasis en el desarrollo de habilidades interdisciplinarias, fundamentales en la formación de ciudadanos competentes para los desafíos del siglo XXI.

1.6 Campo de acción.

El campo de acción de esta investigación se enmarca en el área de la educación matemática, específicamente en los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación básica secundaria de los estudiantes de ingeniería del Colegio Cundinamarca. Se centra en la implementación de metodologías activas e interdisciplinarias que incorporen el pensamiento computacional dentro del enfoque STEM, permitiendo a los estudiantes enfrentar desafíos reales desde una perspectiva analítica, creativa y colaborativa. Esta propuesta se desarrolla en el contexto de una institución educativa pública, donde se busca fortalecer las competencias matemáticas mediante el uso de herramientas tecnológicas y

estrategias pedagógicas innovadoras adaptadas a las necesidades y características del entorno escolar.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General.

Diseñar una metodología innovadora basada en el enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025.

1.7.2. Objetivos específicos.

1. Diagnosticar las dificultades y necesidades de los estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED, en el aprendizaje de las matemáticas, mediante la aplicación de instrumentos cuantitativos.
2. Sistematizar los fundamentos teóricos y pedagógicos relacionados con el uso del enfoque STEM en el proceso de aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento computacional en la Educación Media del Colegio Cundinamarca IED.
3. Elaborar una metodología innovadora con enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento computacional en la Educación Media del Colegio Cundinamarca IED.
4. Validar la metodología innovadora con enfoque STEM, orientada al aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento computacional, a partir de su aplicación en estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED, considerando criterios pedagógicos y de aprendizaje.

1.8. Hipótesis.

La metodología innovadora basada en el enfoque STEM contribuye a mejorar el desarrollo del pensamiento computacional en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia,

durante el período 2024-2025

1.9. Alcance temático.

Esta investigación establece un alcance teórico, metodológico y práctico que permite delimitar con claridad el marco de actuación y los aportes esperados del estudio.

En el plano teórico

La investigación se fundamenta en los principios del enfoque STEM y del pensamiento computacional como ejes articuladores del aprendizaje significativo de las matemáticas. Se apoya en referentes actuales que sustentan la integración de saberes interdisciplinarios para el desarrollo de competencias del siglo XXI, así como en teorías del aprendizaje que promueven la resolución de problemas y la construcción activa del conocimiento.

Desde el plano Metodológico

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasi experimental, orientado al diagnóstico del estado inicial del aprendizaje matemático y a la validación de una metodología pedagógica innovadora con enfoque STEM. En una primera fase, se caracterizan las dificultades y necesidades de los estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED mediante la aplicación de instrumentos cuantitativos. Posteriormente, se implementa la propuesta metodológica y se evalúa su efectividad a partir de la comparación de los resultados obtenidos en pruebas de competencia matemática aplicadas antes y después de la intervención.

Para la recolección de información se emplean encuestas, pruebas estandarizadas de matemáticas y el análisis de resultados académicos, cuyos datos son analizados mediante procedimientos estadísticos, lo que permite medir de manera objetiva los cambios asociados al proceso de intervención pedagógica.

Desde el plano práctico

En el componente práctico, el estudio se sitúa en un entorno de educación básica secundaria, en una institución pública, donde se diseña, aplica y evalúa una metodología didáctica centrada en la resolución de problemas reales mediante el uso de herramientas tecnológicas, programación y razonamiento algorítmico. El propósito es generar transformaciones en la manera en que los estudiantes abordan las matemáticas, fortaleciendo no solo su rendimiento académico, sino también habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo colaborativo.

1.10. Delimitación Espacial y Temporal.

Delimitación espacial:

Esta investigación se desarrolló en el Colegio Cundinamarca IED, una institución pública ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar, al sur de Bogotá, Colombia. El estudio se centrará en estudiantes de grado decimo y undécimo, pertenecientes al énfasis de ingeniería, quienes conforman el grupo focal de la intervención. El contexto institucional ofrece un entorno propicio para aplicar propuestas pedagógicas innovadoras, ya que presenta características propias de la educación pública en zonas urbanas vulnerables, donde se hace necesario fortalecer el aprendizaje de las matemáticas mediante metodologías significativas y contextualizadas.

Delimitación temporal:

La investigación se llevará a cabo durante el periodo académico 2024–2025. Las acciones realizadas incluyen una fase diagnóstica en el primer semestre de 2024, seguida del diseño, implementación y evaluación de la propuesta pedagógica en el segundo semestre del año 2024 y en el primer semestre del año 2025. Este periodo permite desarrollar las etapas de recolección de información, análisis de datos, validación de resultados y sistematización de la experiencia para su posterior divulgación académica.

CAPÍTULO 2. Fundamentos Teóricos Referenciales.

En este capítulo se presenta el marco teórico que sustenta la investigación sobre el Diseño de una Metodología de Aprendizaje de las Matemáticas basada en un Enfoque STEM. El marco teórico se compone de un estado del arte que revisa la literatura relevante sobre metodologías de aprendizaje de matemáticas basadas en STEM teniendo en cuenta diferentes estudios doctorales, así como tres marcos conceptuales: conceptual, histórico y contextual. El marco conceptual define los conceptos clave del estudio, el marco histórico reseña la evolución del enfoque STEM en la educación matemática, y el marco contextual describe el contexto en el que se desarrolla la investigación. Finalmente, se presenta el marco legal y normativo que regula la implementación de metodologías innovadoras en la educación en Colombia y principalmente las que se rigen en la ciudad de Bogotá.

2.1. Estado del arte (Marco Histórico y Actual).

El presente estado del arte tiene como propósito analizar y sistematizar los principales aportes teóricos y empíricos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas desde el enfoque STEM y el desarrollo del pensamiento computacional. Para ello, se realiza una revisión que integra el marco histórico, con el fin de comprender la evolución conceptual y pedagógica de las propuestas que sustentan esta investigación, así como el marco actual, orientado a identificar tendencias, enfoques y resultados recientes que evidencian la pertinencia y vigencia de la propuesta en contextos educativos contemporáneos. Este análisis permite fundamentar teóricamente la investigación y establecer referentes que orientan el diseño, implementación y validación de la metodología planteada.

2.1.1 Marco Histórico

El marco histórico describe cómo ha surgido el enfoque STEM y cómo se ha implementado en diferentes contextos educativos.

Surgimiento del enfoque STEM

El enfoque STEM (por sus siglas en inglés: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en la educación tiene sus raíces en la década de 1960, cuando surgió la necesidad de preparar a la fuerza laboral para los desafíos tecnológicos y científicos de la era espacial. (Bybee, R. W., Carpenter, L. H., Crone, W. L., & Rose, C. A. 2006). En ese momento, la educación se enfoca principalmente en la enseñanza de asignaturas aisladas, sin una conexión clara entre ellas.

Contexto Internacional

El surgimiento del enfoque STEM inició con el lanzamiento del Sputnik por parte de la Unión Soviética en 1957 la cual generó preocupación en los Estados Unidos sobre su capacidad para competir en la carrera espacial (Bybee, R. W., Carpenter, L. H., Crone, W. L., & Rose, C. A. 2006). Esto impulsó la creación de la Ley Nacional de Defensa de la Educación (NDEA) en 1958, que asignó fondos para la enseñanza de ciencias, matemáticas e ingeniería en las escuelas. En 1963, el Informe Tilton, titulado "Ciencia e ingeniería en la educación general", recomendó una reforma curricular que integrará las ciencias, las matemáticas y la tecnología en una sola área de estudio.

En la década de 1970, surgió un movimiento educativo llamado "Back to Basics" que enfatizó la enseñanza de las habilidades básicas de lectura, escritura y matemáticas.

En 1995, el Consejo Nacional de Investigación (NRC) publicó los Estándares Nacionales de Ciencias, que proporcionaron un marco para la enseñanza de la ciencia en las escuelas.

En 2001, la Ley No Child Left Behind (NCLB) reforzó el enfoque en las pruebas estandarizadas, lo que llevó a un mayor énfasis en la enseñanza de matemáticas y ciencias. En 2007, la Ley America COMPETES asignó fondos para la promoción de la educación STEM en todos los niveles educativos.

En 2015, se adoptaron los Next Generation Science Standards (NGSS), que actualizaron los Estándares Nacionales de Ciencias y enfatizaron la enseñanza de la ciencia basada en la investigación y la resolución de problemas.

En la actualidad, el enfoque STEM es un componente fundamental de la educación en muchos países del mundo. Se reconoce que la educación STEM es esencial para preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI, tales como el cambio climático, la globalización y la revolución tecnológica.

Contexto nacional:

En la década de 1960 en Colombia se implementó la "Nueva Matemática" con enfoque en la teoría de conjuntos y la lógica matemática. En 1970 el Auge del movimiento "Educación para la Vida" con énfasis en la contextualización y la resolución de problemas, tuvo una gran influencia en el desarrollo de las matemáticas a nivel nacional,

En la década de 1990, Colombia experimentó un período de importantes reformas educativas que marcaron un hito en la historia del país. Estas reformas, impulsadas por un contexto social, político y económico cambiante, se centraron en el desarrollo de competencias y la formación integral de los estudiantes, con el objetivo de prepararlos para los desafíos del mundo globalizado.

1. Constitución Política de 1991:

La Constitución Política de 1991 estableció un marco legal fundamental para la educación en Colombia, consagrando el derecho a la educación como un derecho fundamental y estableciendo los principios rectores para la organización y funcionamiento del sistema educativo.

2. Ley General de Educación (Ley 115 de 1994):

La Ley General de Educación (Ley 115 de 1994) fue la piedra angular de las reformas educativas de la década de 1990. Esta ley modernizó el sistema educativo

colombiano, introduciendo cambios estructurales y pedagógicos para responder a las necesidades del nuevo contexto.

Aspectos clave de la Ley 115:

- Énfasis en el desarrollo de competencias: La ley estableció que el currículo educativo debía enfocarse en el desarrollo de competencias en los estudiantes, en lugar de la memorización de contenidos.
- Formación integral: La ley promovió una formación integral de los estudiantes, abarcando aspectos como el desarrollo personal, social, ético y estético, además de la formación académica.
- Descentralización: La ley descentraliza la gestión educativa, otorgando mayor autonomía a las instituciones educativas y a las entidades territoriales.
- Participación de la comunidad educativa: La ley fomentó la participación de la comunidad educativa en la toma de decisiones relacionadas con la educación.

Otros hitos importantes:

- Creación del Ministerio de Educación Nacional: En 1991 se creó el Ministerio de Educación Nacional, como entidad encargada de formular, dirigir y ejecutar las políticas públicas en materia educativa.
- Expedición de los Estándares Básicos de Competencia: En 1994 se expidieron los Estándares Básicos de Competencia, que definieron los niveles mínimos de aprendizaje esperados en cada grado de escolaridad.
- Evaluación Nacional del Aprendizaje (Pruebas Saber): En 1995 se aplicaron por primera vez las Pruebas Saber, una herramienta para evaluar el rendimiento de los estudiantes a nivel nacional.

Enfoque STEM en Colombia:

En el 2010 el Ministerio de Educación Nacional lanza la política "Colombia STEM: transformación del aprendizaje para la innovación", luego en el 2012, se creó la Red Nacional de Maestros STEM. En el 2016: Se implementa el programa "Ondas" para

el fortalecimiento de las competencias STEM en básica y media, finalmente con la ley 2102 de 2021 establece la educación STEM como área fundamental del currículo.

Iniciativas y programas colombianos:

El Ministerio de Educación Nacional, implementa diferentes estrategias para fortalecer la educación STEM en el país, como la creación de la Red Nacional de Maestros STEM y la Ruta de Aprendizaje STEM, además la Fundación Empresarial para el Desarrollo Educativo (FEDESARROLLO), promueve la formación de docentes en STEM a través del programa "Enseñanza de la Ciencia, la Tecnología y la Matemática para la Educación Básica y Media" y por último se cuenta con el apoyo de Colombia Científica, la cual es una Entidad que apoya la formación de investigadores e innovadores en áreas STEM.

2.1.2 Marco Actual

El estado del arte en el marco actual revisa la literatura reciente sobre metodologías de aprendizaje de matemáticas basadas en el enfoque STEM. Se presentan estudios de investigación que evalúan la efectividad de diferentes metodologías en el aprendizaje de las matemáticas, las cuales tienen como objetivo la implementación del enfoque STEM para su desarrollo en diferentes niveles de educación y contextos.

Hernández, M. T. (2022), en su tesis doctoral, titulada: Diseño e implementación de una metodología de aprendizaje STEM para el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de secundaria de la Universidad Autónoma de Barcelona.

En esta investigación el autor se planteó como objetivo general diseñar e implementar una metodología de aprendizaje STEM para promover el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de secundaria, teniendo una metodología de investigación cuantitativa y cualitativa con diseño pre experimental y grupo único. Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir el desarrollo del pensamiento crítico antes y después de la intervención. Los resultados de implementación de la metodología STEM propuesta por Hernández, tuvo un efecto positivo y significativo en el desarrollo

del pensamiento crítico de los estudiantes, validando la hipótesis de investigación ya que la metodología STEM en este caso resultó ser una herramienta eficaz para promover el pensamiento crítico en estudiantes de secundaria.

Esta tesis doctoral se relaciona con esta investigación en cuanto a que ambas abordan el diseño e implementación de una metodología de aprendizaje basada en el enfoque STEM en el ámbito de la educación matemática, además del desarrollo de habilidades del pensamiento lógico, crítico y matemático.

García, A. M. (2021). En su trabajo de investigación doctoral titulada: Implementación de una estrategia didáctica basada en el enfoque STEM para el aprendizaje de la geometría espacial en educación secundaria de la Universidad de Sevilla, tuvo como objetivo general implementar una estrategia didáctica basada en el enfoque STEM para mejorar el aprendizaje de la geometría espacial en estudiantes de secundaria. La metodología usada en esta investigación fue cuantitativa y cualitativa con diseño cuasiexperimental y dos grupos (experimental y control). Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir el aprendizaje de la geometría espacial antes y después de la intervención.

Dentro de los resultados obtenidos en la investigación, se destaca que la estrategia didáctica basada en el enfoque STEM tuvo un efecto positivo y significativo en el aprendizaje de la geometría espacial de los estudiantes del grupo experimental, ya que los resultados obtenidos posterior a la implementación de la estrategia demostraron un mejor aprendizaje de las matemáticas en el grupo experimental, desarrollando el pensamiento lógico por medio del aprendizaje de la geometría espacial. La estrategia didáctica basada en el enfoque STEM es una herramienta eficaz para mejorar el aprendizaje de la geometría espacial en estudiantes de secundaria.

Esta tesis doctoral se relaciona con esta investigación en cuanto a que ambas buscan mejorar el aprendizaje de las matemáticas en educación secundaria utilizando el enfoque STEM, en ambos casos se tendrán un grupo control y uno experimental con el objetivo de medir y comparar el aprendizaje de las matemáticas posterior a la aplicación de las estrategias y metodologías de aprendizaje.

Ramírez, C. P. (2020). En su trabajo de investigación doctoral, titulada: Diseño y evaluación de una unidad didáctica basada en el enfoque STEM para la enseñanza de las fracciones en educación primaria de la Universidad de Granada; se plantea como objetivo general, diseñar y evaluar una unidad didáctica basada en el enfoque STEM para la enseñanza de las fracciones en educación primaria, utilizando una metodología de investigación cuantitativa y cualitativa con diseño pre experimental y grupo único. Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir el aprendizaje de las fracciones antes y después de la intervención. La unidad didáctica basada en el enfoque STEM tuvo un efecto positivo y significativo en el aprendizaje de las fracciones de los estudiantes, ya que, por medio del análisis de los resultados, se demuestra que la unidad didáctica diseñada es una herramienta eficaz para la enseñanza de las fracciones en educación primaria.

Esta tesis doctoral se relaciona con esta investigación en cuanto a que ambas abordan el diseño de metodologías de aprendizaje basadas en el enfoque STEM para la enseñanza de las matemáticas, evaluando la eficacia de las estrategias empleadas.

López, M. R. (2019). En su trabajo de investigación doctoral llamado: Implementación de un programa de aprendizaje STEM para el desarrollo de competencias científicas en estudiantes de secundaria de la Universidad Complutense de Madrid, se planteó como objetivo general Implementar un programa de aprendizaje STEM para desarrollar competencias científicas en estudiantes de secundaria, con una metodología de investigación cuantitativa y cualitativa con diseño cuasi experimental y dos grupos (experimental y control). Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir el desarrollo de competencias científicas antes y después de la intervención. Dentro de los resultados de esta investigación, el autor da a conocer que el programa de aprendizaje STEM tuvo un efecto positivo y significativo en el desarrollo de competencias científicas de los estudiantes del grupo experimental, entre estas competencias el autor destaca las matemáticas y las relacionadas con el pensamiento computacional, dando a conocer que el programa de aprendizaje STEM es una herramienta eficaz para el desarrollo de competencias científicas en estudiantes de secundaria.

Esta tesis doctoral se relaciona con tu investigación en cuanto a que ambas buscan desarrollar competencias en los estudiantes de secundaria utilizando el enfoque STEM, interviniendo como eje principal las matemáticas, pero con un enfoque transversal que desarrolla habilidades y competencias en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

Pérez, A. G. (2018). En su proyecto de investigación doctoral, titulado: Diseño e implementación de un proyecto de aprendizaje STEM para el aprendizaje de la física en educación secundaria de la Universidad de Huelva. Se plantea como objetivo general diseñar e implementar un proyecto de aprendizaje STEM para mejorar el aprendizaje de la física en estudiantes de secundaria, usando como metodología de investigación la cuantitativa y cualitativa con diseño pre experimental y grupo único. Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir el aprendizaje de la física antes y después de la intervención. El proyecto de aprendizaje STEM tuvo un efecto positivo y significativo en el aprendizaje de la física de los estudiantes de secundaria, ya que los estudiantes empezaron a relacionar los conceptos de la física clásica y moderna, aplicándolos a la cotidianidad y empleando el enfoque STEM en desarrollo de competencias para el siglo XXI, en la asignatura de física.

Esta tesis doctoral tiene relación directa con esta investigación en cuanto a que ambas abordan el diseño e implementación de proyectos de aprendizaje STEM para la enseñanza de una ciencia, empleando la estrategia para desarrollar competencias para el siglo XXI.

González, M. T. (2017). En su tesis doctoral titulada: La gamificación como herramienta para el aprendizaje de las matemáticas en educación primaria utilizando el enfoque STEM de la Universidad de Málaga, tuvo como objetivo general implementar la gamificación como herramienta para el aprendizaje de las matemáticas en educación primaria utilizando el enfoque STEM: Esta investigación trabajó una metodología mixta es decir realizó investigación cuantitativa y cualitativa con diseño cuasi experimental y dos grupos (experimental y control). Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir el aprendizaje de las matemáticas antes y después de la intervención. Como resultados González da a conocer que la gamificación utilizando el enfoque STEM tuvo un efecto

positivo y significativo en el aprendizaje de las matemáticas de los estudiantes del grupo experimental, ya que permitió que por medio de estrategias de juego los estudiantes de primaria pertenecientes al grupo experimental obtuvieron mejores resultados en las pruebas de matemáticas en comparación al grupo control.

Esta tesis doctoral se relaciona con esta investigación en cuanto a que ambas buscan innovar en las metodologías de enseñanza de las matemáticas utilizando herramientas tecnológicas, mejorando el aprendizaje de las matemáticas, validando los resultados por medio de los grupos control y experimental.

Fernández, A. M. (2016). En su tesis doctoral titulada: El aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica para la enseñanza de la matemática en educación secundaria utilizando el enfoque STEM de la Universidad de Cádiz, planteó como objetivo general Implementar el aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica para la enseñanza de la matemática en educación secundaria utilizando el enfoque STEM. Esta investigación desarrolló una metodología de Investigación cuantitativa y cualitativa con diseño cuasi experimental y dos grupos (experimental y control). Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir el aprendizaje de las matemáticas antes y después de la intervención. Dentro de los resultados descritos por el autor, se manifiesta que el aprendizaje basado en problemas (ABP) utilizando el enfoque STEM tuvo un efecto positivo y significativo en el aprendizaje de las matemáticas de los estudiantes del grupo experimental, donde los resultados de aplicación de las pruebas estandarizadas arroja una gran diferencia entre los grupos experimental y control, dando a conocer que el grupo experimental tiene un mayor manejo de los conceptos matemáticos, desarrollando habilidades en el pensamiento crítico, lógico y computacional, concluyendo que el aprendizaje basado en problemas (ABP) utilizando el enfoque STEM es una herramienta eficaz para la enseñanza de la matemática en educación secundaria.

Esta tesis doctoral se relaciona con esta investigación en cuanto a que ambas buscan estrategias didácticas innovadoras para la enseñanza de las matemáticas usando el enfoque STEM, además el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado

en proyectos se relacionan directamente como estrategias metodológicas usadas en ambas investigaciones en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

Rodríguez, J. A. (2015). En su tesis doctoral titulada: La robótica educativa como herramienta para el aprendizaje de la geometría en educación primaria utilizando el enfoque STEM de la Universidad de Sevilla. Plantea como objetivo general implementar la robótica educativa como herramienta para el aprendizaje de la geometría en educación primaria utilizando el enfoque STEM. La metodología de Investigación fue cuantitativa y cualitativa con diseño pre experimental y grupo único. Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir el aprendizaje de la geometría antes y después de la intervención. El autor describe dentro de sus resultados que la robótica educativa utilizando el enfoque STEM tuvo un efecto positivo y significativo en el aprendizaje de la geometría de los estudiantes, ya que por medio de la programación se desarrolló el pensamiento lógico y espacial, generando interés y motivación en el aprendizaje de la geometría.

Esta tesis doctoral se relaciona con esta investigación en cuanto a que ambas buscan utilizar herramientas tecnológicas innovadoras para la enseñanza de las matemáticas, utilizando el enfoque STEM no solo como estrategia de enseñanza y aprendizaje sino también como factor motivacional para generar aprendizaje autónomo en los estudiantes.

2.2. Marco Teórico.

El presente marco teórico tiene como objetivo analizar las teorías relacionadas con el aprendizaje de las matemáticas por medio de un enfoque STEM. Se examinarán las principales teorías del aprendizaje, así como los fundamentos teóricos pedagógicos, las metodologías de aprendizaje y las diferentes técnicas de evaluación de la metodología usadas en el desarrollo de la investigación.

2.2.1 Teorías de Aprendizaje

El enfoque STEM, que integra Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, ha ganado relevancia en la educación como una forma de promover un aprendizaje más

significativo y contextualizado. En el caso específico de las matemáticas, diversas teorías pedagógicas y psicológicas contribuyen a la efectividad de este enfoque, entre estas teorías están:

Figura 1

Teorías de aprendizaje relacionadas a la enseñanza de las matemáticas



Nota. Elaboración propia a partir de los aportes de Vygotsky, Piaget, Ausubel, Kolb y Siemens.

Teoría Cognitiva de Jean Piaget

Piaget propuso que el aprendizaje se desarrolla a través de etapas evolutivas, donde los niños construyen su conocimiento a partir de sus experiencias e interacciones con el entorno (Piaget, 1970). El enfoque STEM, al presentar las matemáticas en contextos reales y prácticos, se alinea con esta teoría al permitir que los estudiantes construyan su propio conocimiento matemático a través de la experimentación y la resolución de problemas.

Piaget propuso que el aprendizaje de las matemáticas se desarrolla a través de etapas evolutivas, donde los niños construyen su conocimiento matemático a partir de sus experiencias e interacciones con el entorno. Estas etapas son:

- Etapa Sensoriomotora (0-2 años): Los niños exploran el mundo a través de sus sentidos y movimientos. En esta etapa, comienzan a desarrollar conceptos básicos de espacio, tiempo y cantidad.
- Etapa Preoperacional (2-7 años): Los niños desarrollan la capacidad de usar símbolos y representar mentalmente objetos y eventos. Sin embargo, su pensamiento aún es egocéntrico e intuitivo.
- Etapa de las Operaciones Concretas (7-11 años): Los niños desarrollan la capacidad de pensar lógicamente y realizar operaciones matemáticas con objetos concretos.
- Etapa de las Operaciones Formales (11 años en adelante): Los niños desarrollan la capacidad de pensar abstractamente y resolver problemas hipotéticos.

En el área de matemáticas es fundamental de acuerdo a lo trabajado por Piaget, adaptar la instrucción al nivel de desarrollo del estudiante, comprendiendo la etapa de desarrollo cognitivo en la que se encuentra cada estudiante para poder adaptar la instrucción a sus necesidades y capacidades. El docente de matemáticas debe tener la cualidad de fomentar el aprendizaje a través de la exploración y la experimentación es decir que los estudiantes tengan la oportunidad de explorar conceptos matemáticos a través de experiencias concretas y manipulables; los ejemplos y modelos reales pueden ayudar a los estudiantes a conectar las matemáticas con el mundo que los rodea fomentando el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico y crítico en los estudiantes.

Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel:

Ausubel enfatizó la importancia de la conexión entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo del estudiante (Ausubel, 1963). El enfoque STEM, al integrar las matemáticas con otras áreas del conocimiento, facilita la creación de conexiones significativas y promueve una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos.

Ausubel propuso que el aprendizaje de las matemáticas es más efectivo cuando se conecta con el conocimiento previo del estudiante. Para que esto ocurra, el nuevo conocimiento debe ser:

- Subordinable: El nuevo conocimiento debe poder relacionarse con conceptos o principios ya existentes en la estructura cognitiva del estudiante.
- Potencialmente significativo: El nuevo conocimiento debe ser relevante para los intereses y experiencias del estudiante.
- Integrador: El nuevo conocimiento debe ser capaz de integrarse con el conocimiento previo del estudiante para formar una red de significados coherente.

En el aprendizaje de las matemáticas es importante que los profesores identifiquen el conocimiento previo que los estudiantes tienen sobre un tema matemático antes de comenzar la instrucción, además el nuevo conocimiento debe presentarse de manera organizada y lógica, comenzando con conceptos básicos y progresando gradualmente hacia conceptos más complejos, los ejemplos y analogías pueden ayudar a los estudiantes a conectar el nuevo conocimiento con su conocimiento previo, con esto fomentar que los estudiantes participen activamente en el proceso de aprendizaje, haciendo preguntas, resolviendo problemas y discutiendo conceptos.

Teoría Socio-Cultural de Lev Vygotsky

Vygotsky destacó el papel de la interacción social y la colaboración en el aprendizaje (Vygotsky, 1978). El enfoque STEM, al fomentar el trabajo en equipo y la colaboración entre estudiantes, promueve la construcción conjunta de conocimiento y la ayuda mutua, aspectos claves en la teoría sociocultural.

Vygotsky propuso que el aprendizaje de las matemáticas es un proceso social en el que los niños interactúan con otros y con su entorno cultural. La Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) es un concepto clave en la teoría sociocultural de Vygotsky. La ZDP es el rango de habilidades que un niño puede realizar con la ayuda de un adulto o un compañero más capaz.

En la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas siguiendo el modelo de aprendizaje de Vigotsky, los estudiantes deben tener oportunidades para interactuar con otros estudiantes y con adultos mientras aprenden matemáticas, se hace fundamental el aprendizaje colaborativo, ya que este puede ayudar a los estudiantes a aprender unos de otros y a desarrollar habilidades de comunicación y trabajo en equipo.

Teoría del Aprendizaje Experiencial de David Kolb

Kolb propuso que el aprendizaje se produce a través de un ciclo que involucra la experiencia concreta, la observación reflexiva, la conceptualización abstracta y la experimentación activa (Kolb, 1984). El enfoque STEM, al integrar actividades prácticas y experimentales, se alinea con este ciclo, permitiendo a los estudiantes aprender matemáticas de manera experiencial y reflexiva.

Kolb propuso que el aprendizaje de las matemáticas es un proceso cíclico que involucra cuatro etapas:

- Experiencia concreta: Los estudiantes adquieren nueva información a través de experiencias concretas, como la observación, la experimentación o la manipulación de objetos.
- Reflexión observadora: Los estudiantes reflexionan sobre sus experiencias y tratan de darle sentido.
- Conceptualización abstracta: Los estudiantes desarrollan conceptos abstractos a partir de sus experiencias y reflexiones.
- Experimentación activa: Los estudiantes ponen a prueba sus nuevos conceptos y teorías resolviendo problemas o aplicando lo aprendido en nuevas situaciones.

En la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, Kolb plantea que los estudiantes deben tener la oportunidad de aprender matemáticas a través de experiencias concretas y significativas, además de ser guiados para reflexionar sobre sus experiencias y aprendizajes. El docente toma el papel de ayudar a los estudiantes a desarrollar conceptos abstractos proporcionándoles ejemplos, analogías y explicaciones claras,

donde los estudiantes tengan oportunidades para aplicar lo que han aprendido en nuevas situaciones, incluso en su propio contexto.

Teoría del Conectivismo de Siemens

La teoría del conectivismo, desarrollada por George Siemens en el año 2004, y el enfoque STEM, que integra Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, presentan una sinergia significativa en el ámbito educativo. Ambas perspectivas comparten elementos clave que las convierten en aliados naturales para promover un aprendizaje más significativo, contextualizado y relevante en la era digital.

Tanto el conectivismo como el enfoque STEM valoran la importancia de la conexión como elemento fundamental del aprendizaje. El conectivismo reconoce que el aprendizaje se produce a través de la conexión con otros individuos, recursos y fuentes de información, mientras que el enfoque STEM promueve la integración de las disciplinas STEM a través de proyectos colaborativos y experiencias interdisciplinarias.

Ambas perspectivas coinciden en que el aprendizaje es un proceso continuo y sin fin que ocurre a lo largo de la vida. El conectivismo enfatiza la necesidad de mantenerse actualizado en un mundo en constante cambio, mientras que el enfoque STEM fomenta el desarrollo de habilidades y conocimientos que son transferibles a diversos contextos y situaciones. Tanto el conectivismo como el enfoque STEM valoran la diversidad de opiniones y perspectivas como elementos esenciales para la construcción del conocimiento. El conectivismo reconoce que la abundancia de información en la era digital permite acceder a diferentes perspectivas sobre un mismo tema, mientras que el enfoque STEM promueve el trabajo en equipo y la colaboración entre estudiantes de diversas áreas de conocimiento.

Estas perspectivas reconocen el papel fundamental que juega la tecnología en el aprendizaje. El conectivismo por su parte destaca el uso de herramientas digitales para facilitar la conexión, la comunicación y el acceso a la información, mientras que el enfoque STEM utiliza la tecnología como herramienta para el desarrollo de proyectos, la investigación y la resolución de problemas.

2.2.2 Metodologías de aprendizaje

En la presente investigación se incorporan metodologías de aprendizaje las cuales se asocian directamente con cada una de las teorías dadas a conocer anteriormente, con el objetivo de potenciar el aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes de grado 11 del Colegio Cundinamarca IED. La aplicación de metodologías de aprendizaje como la enseñanza por indagación, el trabajo colaborativo, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el enfoque STEM son metodologías que por separado o en combinación, representan estrategias innovadoras que buscan promover un aprendizaje más activo, significativo y centrado en el estudiante.

Enseñanza por indagación

La enseñanza por indagación se define como una metodología o un enfoque pedagógico que promueve el aprendizaje a través de la investigación y la exploración guiada por el docente (Dewey, 1910) En este enfoque, los estudiantes son protagonistas del proceso de aprendizaje, formulando preguntas, diseñando experimentos, analizando datos y construyendo sus propias conclusiones (Prince & Felder, 2006).

Características de la enseñanza por indagación:

- Aprendizaje centrado en el estudiante: Los estudiantes son activos en el proceso de aprendizaje, tomando decisiones y resolviendo problemas.
- Desarrollo del pensamiento crítico: Los estudiantes aprenden a formular preguntas, analizar información y evaluar evidencia.
- Comunicación efectiva: Los estudiantes practican la comunicación oral y escrita para compartir sus ideas y hallazgos.

Figura 2

Teorías de aprendizaje en relación a la Enseñanza por Indagación.



Nota. Elaboración propia a partir de los aportes de Piaget, Vygotsky y Ausubel, en el marco del enfoque de enseñanza por indagación.

Trabajo colaborativo

El trabajo colaborativo se refiere a una estrategia pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos para alcanzar objetivos comunes (Johnson & Johnson, 1991). En este enfoque, los estudiantes aprenden a interactuar, comunicarse y cooperar para resolver problemas y realizar tareas.

Beneficios del trabajo colaborativo:

- Mejora del aprendizaje: Los estudiantes aprenden unos de otros y comparten sus conocimientos.
- Desarrollo de habilidades sociales: Los estudiantes practican la comunicación, la colaboración y la resolución de conflictos.

Figura 4

Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).



Nota. Elaboración propia a partir de los aportes del aprendizaje significativo, el aprendizaje experiencial y el desarrollo cognitivo, integrados en el enfoque de aprendizaje basado en proyectos.

Características del aprendizaje basado en proyectos:

- Aprendizaje significativo: Los estudiantes conectan el conocimiento con la resolución de problemas del mundo real.
- Desarrollo de habilidades de investigación: Los estudiantes aprenden a buscar información, analizar datos y comunicar sus hallazgos.
- Autonomía y responsabilidad: Los estudiantes toman decisiones y son responsables de su propio aprendizaje.

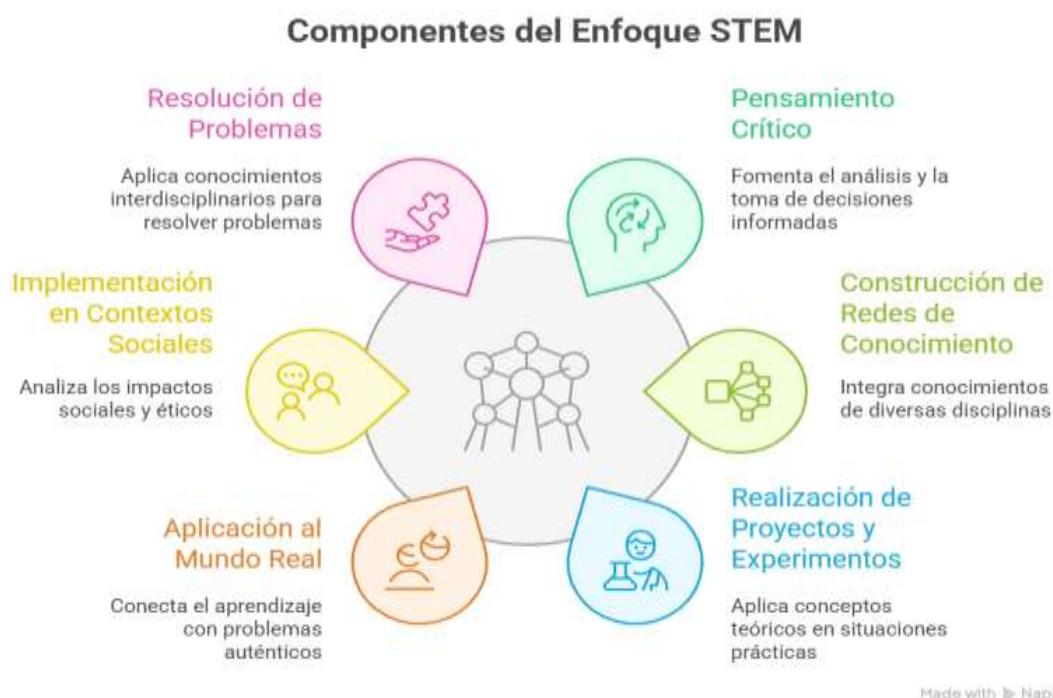
Enfoque STEM

El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) promueve la integración de estas áreas en la educación (Bybee et al., 2006). Este enfoque busca

conectar los conceptos y principios de estas disciplinas con aplicaciones del mundo real, lo que permite a los estudiantes comprender mejor su relevancia y utilidad.

Figura 5

Componentes del enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)



Nota. Elaboración propia a partir de los principios del enfoque STEM, orientados al desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas y la aplicación del aprendizaje en contextos reales.

Beneficios del enfoque STEM:

- Mayor interés en las áreas como las matemáticas, ya que se ve su aplicabilidad en ciencias, tecnología e ingeniería.
- Preparación para el futuro: El enfoque STEM prepara a los estudiantes para las carreras del futuro, que requieren habilidades en estas áreas.
- Desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas: Los estudiantes aprenden a pensar críticamente y a resolver problemas complejos.

2.2.3 Métodos de enseñanza y aprendizaje

La aplicación de los diferentes métodos de enseñanza y aprendizaje durante la investigación, permite una estrategia innovadora para los estudiantes de grado 11 del Colegio Cundinamarca IED, buscando promover el aprendizaje activo de las matemáticas y las diferentes formas de su aplicación. Estos métodos de enseñanza y aprendizaje como el Aula Invertida, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), la Consulta Guiada y la Didáctica Digital, representan el eje fundamental de la investigación. La integración de los métodos de enseñanza y aprendizaje presentados puede potenciar el aprendizaje significativo y activo de los estudiantes. El Aula Invertida puede servir como base para el Aprendizaje Basado en Proyectos, proporcionando a los estudiantes el conocimiento necesario para abordar proyectos de manera efectiva. La Consulta Guiada puede ser una herramienta valiosa en el desarrollo de proyectos, permitiendo al docente orientar a los estudiantes.

Aula Invertida (Flipped Classroom)

El Aula Invertida es un modelo pedagógico que invierte el orden tradicional de las actividades de aprendizaje, trasladando las actividades de transmisión de información al espacio extraescolar y enfocando el tiempo en clase en actividades de aplicación y profundización del conocimiento (Lage, Platt & Treglia, 2000).

Características del Aula Invertida:

- Aprendizaje activo: Los estudiantes son protagonistas del proceso de aprendizaje, construyendo su propio conocimiento a través de actividades prácticas.
- Uso de recursos digitales: Los estudiantes acceden a materiales educativos digitales antes de la clase, permitiendo un aprendizaje personalizado.
- Interacción en el aula: El tiempo en clase se dedica a actividades de interacción, como debates, resolución de problemas y proyectos colaborativos.

Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología que utiliza proyectos de investigación o diseño como medio para el aprendizaje (Thomas,2000). Los proyectos ABP involucran a los estudiantes en la identificación de problemas, la planificación de soluciones, la investigación, la experimentación y la evaluación de resultados.

Características del Aprendizaje Basado en Proyectos:

- Aprendizaje significativo: Los estudiantes conectan el conocimiento con la resolución de problemas del mundo real.
- Desarrollo de habilidades de investigación: Los estudiantes aprenden a buscar información, analizar datos y comunicar sus hallazgos.
- Autonomía y responsabilidad: Los estudiantes toman decisiones y son responsables de su propio aprendizaje.

Didáctica Digital

La didáctica digital se refiere al conjunto de estrategias y recursos digitales que se utilizan para promover el aprendizaje (Tejada, 2018). Esta área incluye el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aula para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Características de la didáctica digital:

- Uso de herramientas digitales: Se utilizan herramientas digitales como plataformas educativas, simuladores, software educativo y recursos en línea.
- Aprendizaje personalizado: Las herramientas digitales permiten adaptar el aprendizaje a las necesidades y ritmos de cada estudiante.
- Comunicación y colaboración: Las herramientas digitales facilitan la comunicación y colaboración entre estudiantes y docentes.

2.2.4 Fundamentos Teóricos y pedagógicos

Los fundamentos teóricos y pedagógicos que sustentan la implementación de una metodología de aprendizaje innovadora que se base en el aprendizaje de las matemáticas por medio del enfoque STEM se basan en el desarrollo autónomo del aprendizaje considerando el uso de herramientas y plataformas digitales, el pensamiento computacional, las competencias matemáticas y digitales, y las competencias STEM.

Desarrollo autónomo del aprendizaje en STEM

El desarrollo autónomo del aprendizaje en STEM se refiere a la capacidad de los estudiantes para gestionar de manera independiente su proceso de aprendizaje en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, asumiendo un rol activo en la construcción del conocimiento. Este enfoque se fundamenta en teorías del aprendizaje autorregulado, las cuales destacan la importancia de la planificación, el monitoreo y la evaluación del propio aprendizaje como elementos clave para el logro académico (Zimmerman, 2002; Pintrich, 2004).

Desde esta perspectiva, el aprendizaje autónomo en STEM implica que los estudiantes sean capaces de establecer metas de aprendizaje claras y específicas, alineadas con los objetivos de las actividades propuestas, lo que favorece la motivación intrínseca y el compromiso con las tareas académicas (Zimmerman & Schunk, 2011). Asimismo, supone la autorregulación del aprendizaje, entendida como la capacidad de monitorear el progreso, identificar dificultades y realizar ajustes estratégicos para mejorar el desempeño académico (Panadero, 2017).

Otro aspecto fundamental del aprendizaje autónomo en STEM es la gestión efectiva de los recursos de aprendizaje, lo que incluye la selección y uso pertinente de materiales educativos, plataformas digitales y recursos tecnológicos, favoreciendo entornos de aprendizaje flexibles y adaptativos (OECD, 2019). Finalmente, el desarrollo de la autonomía se fortalece a través de la resolución creativa de problemas, donde los estudiantes aplican conocimientos y habilidades STEM para abordar situaciones

complejas y contextualizadas, promoviendo el pensamiento crítico y la innovación (Wing, 2006; Kelley & Knowles, 2016).

Herramientas y plataformas digitales

Las herramientas y plataformas digitales constituyen recursos fundamentales para promover el desarrollo del aprendizaje autónomo en contextos educativos mediados por el enfoque STEM. Su integración en los procesos de enseñanza y aprendizaje permite ampliar las oportunidades de acceso al conocimiento, favorecer la interacción y adaptar las experiencias educativas a las necesidades individuales de los estudiantes (OECD, 2019; Redecker, 2017).

En primer lugar, estas herramientas facilitan el acceso a información y recursos educativos diversos, tales como artículos científicos, videos tutoriales, simulaciones interactivas y entornos virtuales de aprendizaje, lo que favorece la exploración autónoma y el aprendizaje significativo (Hattie, 2009). Asimismo, promueven la comunicación y colaboración, al posibilitar el intercambio de ideas y el trabajo en equipo entre estudiantes y docentes mediante plataformas digitales, fortaleciendo competencias sociales y cognitivas propias del aprendizaje colaborativo en STEM (Dede, 2014).

Por otra parte, las plataformas digitales contribuyen a la personalización del aprendizaje, ya que permiten adaptar los contenidos, actividades y ritmos de trabajo a las características individuales de los estudiantes, favoreciendo procesos de autorregulación y motivación intrínseca (Zimmerman & Schunk, 2011). En este sentido, el uso pedagógico de las tecnologías digitales se configura como un elemento clave para el desarrollo de competencias STEM y del pensamiento computacional en entornos educativos contemporáneos (Wing, 2006).

Pensamiento computacional

El pensamiento computacional se refiere a la capacidad de formular y resolver problemas de manera lógica, estructurada y eficiente, mediante procesos propios de la ciencia de la computación, pero aplicables a diversos contextos disciplinares. Este tipo de pensamiento no implica necesariamente programar, sino adoptar una forma de

razonamiento orientada a la descomposición, el análisis y la construcción de soluciones sistemáticas a problemas complejos (Wing, 2006; Grover & Pea, 2013).

Entre las habilidades fundamentales del pensamiento computacional se encuentra la descomposición de problemas, entendida como la capacidad de dividir un problema complejo en partes más pequeñas y manejables, facilitando su comprensión y resolución progresiva. Asimismo, el diseño de algoritmos permite desarrollar secuencias ordenadas de instrucciones para alcanzar una solución, promoviendo la organización lógica del pensamiento y la toma de decisiones fundamentadas (Brennan & Resnick, 2012).

Otra habilidad esencial es la abstracción, que consiste en identificar los elementos relevantes de una situación problemática y descartar información irrelevante, favoreciendo la generalización y la transferencia del conocimiento a nuevos contextos. Finalmente, la evaluación de soluciones implica analizar la eficiencia y pertinencia de las estrategias empleadas, así como realizar ajustes para mejorar los resultados obtenidos (Grover & Pea, 2013).

Desde el enfoque STEM, el pensamiento computacional se concibe como una habilidad transversal, estrechamente vinculada con el desarrollo de competencias matemáticas, científicas y tecnológicas, ya que potencia el razonamiento lógico, la resolución de problemas y la innovación en contextos educativos y del mundo real (Wing, 2006; Shute, Sun & Asbell-Clarke, 2017).

Competencias matemáticas

Las competencias matemáticas constituyen un eje fundamental para el desarrollo del aprendizaje en contextos STEM, ya que permiten a los estudiantes analizar, interpretar y resolver problemas de manera lógica y fundamentada. Desde una perspectiva educativa, estas competencias no se limitan al dominio de contenidos, sino que implican la capacidad de aplicar el conocimiento matemático en situaciones diversas y contextualizadas (Niss & Højgaard, 2011).

Entre las competencias matemáticas esenciales se encuentra el razonamiento matemático, entendido como la capacidad de analizar información, establecer relaciones,

formular conjeturas y justificar procedimientos y resultados, lo cual favorece el desarrollo del pensamiento lógico y crítico (Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001). Asimismo, la comunicación matemática permite a los estudiantes expresar ideas, procesos y resultados utilizando lenguaje matemático, representaciones gráficas y simbólicas, facilitando la comprensión y el trabajo colaborativo (OECD, 2019).

Otra competencia clave es la resolución de problemas, que implica la aplicación de conceptos y procedimientos matemáticos para abordar situaciones del mundo real, promoviendo la transferencia del conocimiento y el aprendizaje significativo (Polya, 1945; Kilpatrick et al., 2001). Finalmente, el uso de herramientas tecnológicas en matemáticas favorece la visualización, el cálculo y la representación de información, potenciando la comprensión conceptual y la eficiencia en la resolución de problemas en entornos STEM (NCTM, 2014).

Competencias digitales

Las competencias digitales son esenciales en el desarrollo de habilidades STEM, ya que permiten a los estudiantes interactuar de manera crítica, creativa y responsable con las tecnologías digitales en contextos educativos y sociales. Estas competencias abarcan no solo el uso instrumental de las tecnologías, sino también la capacidad de seleccionar, evaluar y aplicar recursos digitales de forma pertinente para el aprendizaje y la resolución de problemas (Redecker, 2017).

Entre las competencias digitales relevantes se encuentra la búsqueda y gestión de la información, que implica localizar, evaluar y utilizar información digital de manera ética y eficiente, favoreciendo el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico (OECD, 2019). Asimismo, la comunicación y colaboración digital permite el intercambio de ideas y el trabajo en equipo mediante plataformas tecnológicas, fortaleciendo habilidades sociales y cognitivas propias de los entornos de aprendizaje colaborativo (Dede, 2014).

Otra competencia fundamental es la creación de contenidos digitales, que promueve la producción de recursos digitales y el uso creativo de herramientas

tecnológicas, favoreciendo la innovación y la expresión del conocimiento. Finalmente, el uso responsable y seguro de las tecnologías contribuye al desarrollo de una ciudadanía digital crítica, consciente de los aspectos éticos, legales y sociales asociados al uso de entornos digitales (Redecker, 2017).

Competencias STEM

Las competencias STEM constituyen un conjunto integrado de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten a los estudiantes abordar problemas complejos del mundo real mediante la aplicación articulada de principios de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Estas competencias trascienden el dominio disciplinar aislado y promueven una formación integral orientada al pensamiento crítico, la innovación y la resolución de problemas en contextos auténticos (Kelley & Knowles, 2016; OECD, 2019).

Entre las competencias STEM fundamentales se encuentra la resolución de problemas, entendida como la capacidad de aplicar conceptos y habilidades STEM para analizar situaciones, formular estrategias y proponer soluciones viables y contextualizadas. De igual forma, el pensamiento crítico permite evaluar información, contrastar evidencias y tomar decisiones informadas, favoreciendo el razonamiento lógico y la argumentación fundamentada (Bybee, 2013).

La comunicación efectiva es otra competencia clave, ya que posibilita expresar ideas, procesos y resultados de manera clara y precisa, utilizando diversos lenguajes y representaciones propias de los entornos STEM. Asimismo, la creatividad e innovación se manifiestan en la generación de ideas originales y en el diseño de soluciones novedosas, aspectos esenciales para enfrentar los retos científicos y tecnológicos actuales (Kelley & Knowles, 2016).

Finalmente, el trabajo en equipo constituye un componente esencial de las competencias STEM, dado que fomenta la colaboración interdisciplinaria, el intercambio de saberes y la construcción colectiva del conocimiento, competencias ampliamente demandadas en contextos académicos y profesionales contemporáneos (OECD, 2019).

La integración de las competencias mencionadas anteriormente es esencial para el desarrollo autónomo del aprendizaje en STEM. Las herramientas y plataformas digitales pueden facilitar el desarrollo de estas competencias, proporcionando a los estudiantes recursos y oportunidades para aprender de manera activa y significativa.

2.2.5 Técnicas de evaluación de la metodología

La evaluación de la metodología propuesta se sustenta en el uso de herramientas estadísticas que permiten analizar los resultados obtenidos durante el proceso de implementación de la propuesta pedagógica. En este sentido, se emplean conceptos propios de la estadística descriptiva e inferencial, los cuales facilitan la organización, interpretación y comparación de los datos obtenidos a partir de las pruebas aplicadas a los estudiantes

Se utilizan pruebas de hipótesis con el propósito de analizar la significancia de los cambios observados entre los resultados del pretest y el posttest. De igual manera, se recurre al índice de ganancia de aprendizaje de Hake, que permite estimar la magnitud del aprendizaje alcanzado por los estudiantes después de la intervención pedagógica, así como al factor de concentración de Hake, el cual permite analizar la coherencia conceptual en las respuestas de los estudiantes. Estas herramientas estadísticas permiten evaluar de manera objetiva el impacto de la metodología basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional en el aprendizaje de las matemáticas.

Estadística Descriptiva e Inferencial

La Estadística Descriptiva se refiere al conjunto de técnicas que se utilizan para organizar, resumir y describir conjuntos de datos. Estas técnicas incluyen medidas de centralidad (media, mediana, moda), medidas de dispersión (rango, varianza, desviación estándar) y representaciones gráficas (histogramas, diagramas de cajas y bigotes, diagramas de dispersión). Muñiz, J. (2016).

Triola, M. F. (2016) define la Estadística Inferencial como el conjunto de técnicas que se utilizan para extraer conclusiones sobre una población a partir de una

muestra de datos. Estas técnicas incluyen pruebas de hipótesis, intervalos de confianza y análisis de regresión.

Importancia de la Estadística Descriptiva e Inferencial:

- Organizar y resumir datos
- Tomar decisiones informadas
- Comprender relaciones entre variables

Pruebas de Hipótesis

Las pruebas de hipótesis son procedimientos estadísticos utilizados para determinar si una afirmación acerca de una población es plausible a partir de la información obtenida en una muestra. Estas pruebas se fundamentan en la comparación de una estadística muestral con un valor crítico obtenido a partir de la distribución de probabilidad correspondiente, lo que permite establecer si existe evidencia suficiente para rechazar o no la hipótesis planteada (Montgomery & Runger, 2014; Johnson & Kuby, 2012).

Tipos de Pruebas de Hipótesis:

Las pruebas de hipótesis pueden clasificarse principalmente en dos tipos:

- Pruebas paramétricas: se basan en el supuesto de que los datos siguen una distribución de probabilidad específica, generalmente la distribución normal. Entre las más utilizadas se encuentran la prueba t de Student y el análisis de varianza (ANOVA), ampliamente empleados para comparar medias entre grupos (Montgomery & Runger, 2014).
- Pruebas no paramétricas: no requieren asumir una distribución específica de los datos y se utilizan cuando no se cumplen los supuestos de las pruebas paramétricas. Entre las más comunes se encuentran la prueba chi-cuadrado y la prueba de Mann-Whitney, utilizadas para analizar asociaciones o diferencias entre grupos (Johnson & Kuby, 2012).

El procedimiento general para la realización de una prueba de hipótesis incluye las siguientes etapas:

1. **Planteamiento de la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1):** La hipótesis nula representa la afirmación inicial que se pretende contrastar, mientras que la hipótesis alternativa plantea una condición diferente que se aceptaría en caso de rechazarse la hipótesis nula.
2. **Selección de la prueba estadística adecuada:** La elección de la prueba depende del tipo de datos, el tamaño de la muestra, la distribución de probabilidad de los datos y el tipo de hipótesis que se desea evaluar.
3. **Cálculo del valor p:** El valor p representa la probabilidad de obtener un resultado igual o más extremo que el observado, suponiendo que la hipótesis nula sea verdadera.
4. **Toma de decisión:** Si el valor p es menor que el nivel de significancia establecido (α), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. En caso contrario, no se rechaza la hipótesis nula (Montgomery & Runger, 2014).

Factor y ganancia de Hake

Hake es un estadístico que da cuenta de la evolución del aprendizaje de una población de estudiantes que es dividida en dos grupos, permitiendo determinar si la metodología de enseñanza y aprendizaje es efectiva respecto al conocimiento inicial del estudiante. La ganancia (g) en el aprendizaje se define como la razón del aumento de un pretest y un post test respecto al máximo posible (Hake, 1998).

$$g = \frac{\text{postest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100 - \text{pretest}(\%)} \quad (1)$$

Los resultados obtenidos en la ecuación 1, son agrupados en tres categorías que se llaman zonas de ganancia y se establecen según los siguientes rangos:

- Baja ($g \leq 0.3$)
- Media ($0.3 < g \leq 0.7$)
- Alta ($g > 0.7$)

Así, “cualquier ganancia superior a 0.3 sugiere un panorama alentador en relación con el aprendizaje de los conceptos y la eficacia de la metodología empleada” (Ramírez y Santana, 2014 p. 73).

Factor de concentración de Hake:

El factor de concentración (C) toma valores entre 0 y 1, y se utiliza para conocer la tendencia por elegir una o varias opciones de respuesta, en pruebas de selección múltiple. Al igual que la ganancia de aprendizaje, el factor de concentración cuenta con los rangos: bajo (B), medio (M) y alto (A). Estos rangos se describen en la tabla 1.

Tabla 1.

Rangos de la concentración de Hake

Concentración (C)	Nivel
0.0 – 0.2	B (Bajo)
0.2 – 0.5	M (Medio)
0.5 – 1.0	A (Alto)

Nota: Tomado de Bao y Redish (2001, p. 47).

Lei Bao y Redisch (2001), construyeron una medida de la distribución de respuestas sobre un análisis cuantitativo de la forma como se distribuyen las respuestas de los estudiantes en una prueba de selección múltiple con única respuesta. De allí se definen un factor C, como una función de respuestas de los estudiantes que toman valor en un intervalo $[0.1]$, y está dado por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m} - 1} \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (2)$$

En la ecuación 2, las variables están definidas como: m representa el número de elecciones para una pregunta en particular, N el número total de estudiantes, y n el número de estudiantes que han elegido la respuesta i de la pregunta.

Las distintas combinaciones entre los valores obtenidos de las fracciones de respuesta correcta y el factor de concentración, pueden ser clasificados en patrones de respuesta, con los cuales se puede identificar la preferencia por uno, dos o ningún modelo de respuesta, tal y como se describe en las tablas 2 y 3.

Tabla 2

Puntuación P Vs Concentración C

Puntuación (P)	Nivel	Concentración (C)	Nivel
0 a 0.3	B	0 a 0.2	B
0.3 a 0.7	M	0.2 a 0.5	M
0.7 a 1	A	0.5 a 1	A

Nota: Tomado de Bao y Redish (2001, p. 47).

Los modelos de patrones Puntuación vs Concentración (PC) se clasifican de acuerdo a los puntajes obtenidos tanto en los aciertos a cada una de las preguntas estandarizadas como al nivel de concentración del grupo, dando a conocer las implicaciones para cada uno de los casos.

Tabla 3

Modelos y patrones PC (Puntuación vs Concentración)

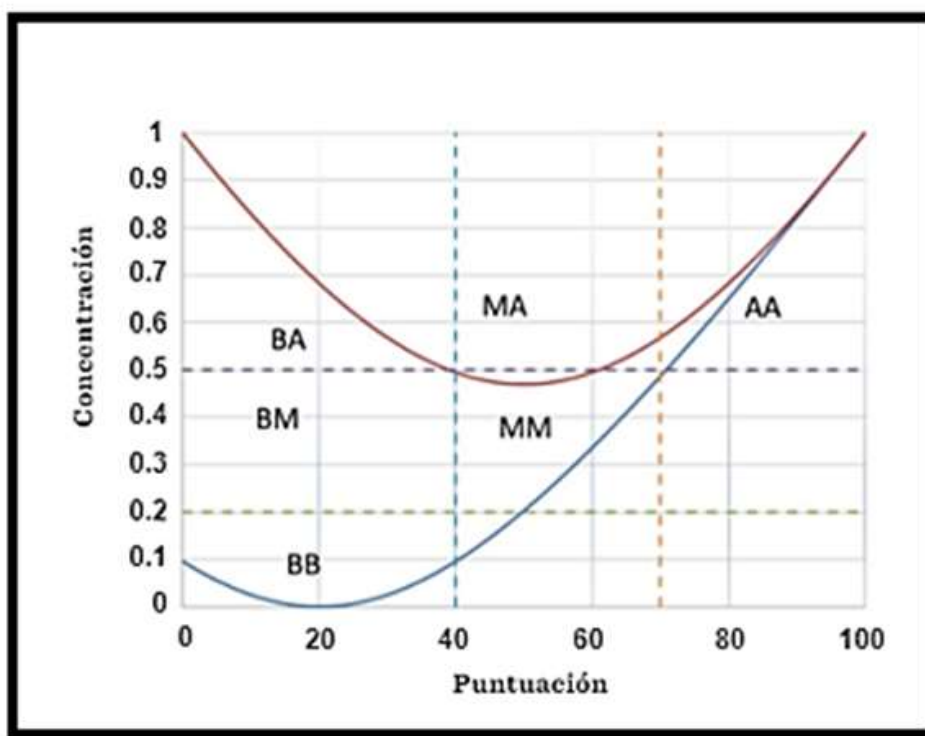
Modelos	Patrones PC	Implicaciones
Uno	AA	Un modelo correcto

	MA	Un modelo dominante correcto
	BA	Un modelo dominante incorrecto
Dos	BM	Dos posibles modelos incorrectos
	MM	Dos modelos populares
Tres	BB	Cercano a una situación aleatoria

Nota: Tomado de Bao y Redish (2001, p. 47).

Figura 6.

Distribución de las regiones PC (Puntuación vs Concentración)



Nota: Tomado de Bao y Redish (2001, p. 47).

La distribución de las respuestas está limitada por las curvas P – C de la figura 6, en que la variable dependiente es la concentración. En la figura 6, se puede apreciar cómo

se distribuyen las regiones correspondientes a las combinaciones entre la puntuación y la concentración, evaluando las implicaciones descritas en la tabla anterior.

2.3. Marco Conceptual.

En el presente marco conceptual se definen los conceptos clave del estudio.

Aprendizaje basado en problemas (ABP): Es una estrategia pedagógica en la que los estudiantes se enfrentan a problemas auténticos que requieren la aplicación de conceptos y habilidades para su solución.

Aprendizaje colaborativo: Una estrategia pedagógica en la que los estudiantes trabajan en equipo para lograr objetivos comunes, lo que les permite desarrollar habilidades de comunicación, colaboración y trabajo en equipo.

Aprendizaje de matemáticas: Es un proceso que implica la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes relacionados con los números, las operaciones, las formas, las relaciones espaciales y otras ideas abstractas.

Aprendizaje significativo: Es un proceso de aprendizaje en el que los estudiantes relacionan los nuevos conocimientos con sus experiencias y conocimientos previos, lo que les permite comprenderlos mejor y retenerlos a largo plazo.

Herramientas tecnológicas: Son los recursos tecnológicos que se utilizan para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, tales como simuladores, software de modelado y recursos en línea.

Metodología de aprendizaje de matemáticas basada en STEM: Es una estrategia pedagógica que utiliza el enfoque STEM para promover el aprendizaje de las matemáticas, caracterizada por el enfoque en la resolución de problemas del mundo real, el aprendizaje colaborativo y el uso de herramientas tecnológicas.

Pensamiento computacional: es un proceso mental que permite formular y resolver problemas de manera sistemática y lógica, utilizando herramientas y técnicas propias de la informática.

Pensamiento crítico: Es la capacidad de analizar información, evaluar argumentos y formular conclusiones razonadas.

STEM: Por sus siglas en inglés significa Ciencia, tecnología, Ingeniería y matemáticas. Es un enfoque de aprendizaje que incluye las cuatro disciplinas y sus interrelaciones.

2.4 Marco Contextual

El marco contextual describe el contexto en el que se desarrolla la investigación. Se analiza el sistema educativo actual, las necesidades de los estudiantes y las tendencias en la educación matemática, además de dar a conocer un recorrido de las raíces y evaluación del enfoque STEM.

El Colegio Cundinamarca Institución Educativa Distrital (IED) es una Institución ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar, cuenta con cerca de 4000 estudiantes. Su Proyecto Educativo Institucional (PEI) se denomina “Desarrollo humano, un proyecto de vida” y cuenta con 14 años de antigüedad como colegio Modelo Educativo Bilingüe (MEB) en la categoría C. El Rector es Henry Hernández y sus líderes de bilingüismo son Mayerly Salazar y Nancy Laverde.

El colegio está afiliado al British Council desde el año 2017 y ha contado con alianzas interinstitucionales como la Universidad de La Salle y la Universidad Distrital para el apoyo en el aprendizaje de los estudiantes a través de refuerzos los días sábados. También hace parte de los Colegios Amigos del Turismo (CAT) liderado por el Instituto de Turismo. Dentro de los proyectos se están diseñando las páginas web tanto para el desarrollo de la lengua materna en los procesos lectoescritores, como de la lengua inglesa que apoya el desarrollo de las habilidades comunicativas.

Historia del Colegio Cundinamarca IED

Dentro del plan "Bogotá para todos y todas 2012-2015", se implementó el programa "40x40 Fortalecimiento de la educación media y mayor acceso a la educación superior", que amplió la jornada escolar. En 2013, se introdujo una prueba de aptitud

profesional para los estudiantes del ciclo 5 para determinar su interés en profundizar en las áreas de ingeniería, humanidades y artes, para acceder a la educación superior. Desde 2014, se adoptó el programa de educación media integral, con impactos concretos como la semestralización del ciclo 5 y la ampliación de la jornada escolar.

Estos esfuerzos reflejan el compromiso del Colegio Cundinamarca con la mejora continua y la adaptación de sus prácticas educativas para satisfacer las necesidades y aspiraciones de sus estudiantes, preparándose de manera efectiva para los desafíos académicos y profesionales del futuro.

La institución adopta como enfoque la pedagogía crítica que fomenta la reflexión, el cuestionamiento y la transformación de la realidad. Esta pedagogía impulsa a los estudiantes a ser agentes activos de su propio aprendizaje y a desarrollar un pensamiento crítico y autónomo. Se enfatiza la importancia de analizar y comprender las estructuras sociales, culturales y económicas que influyen en el conocimiento. Lo anterior “implica pensar históricamente, y éste es postulado, contenido y método de una didáctica crítica, porque hacer verdad la idea de E. Morin del fin de la tarea educativa como «un conocimiento capaz de criticar al propio conocimiento», requiere de la mirada histórica y el oficio de la perspectiva genealógica.” (Cuesta et al, 2005, pág. 27)

La IED Colegio Cundinamarca concibe la educación como una comunidad de aprendizaje que involucra a docentes, estudiantes y familias. Este enfoque colaborativo asegura que todos los miembros de la comunidad educativa participen activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los docentes no solo actúan como facilitadores del conocimiento, sino también como guías y mentores, mientras que los estudiantes asumen un rol protagonista en su educación. Las familias, por su parte, se integran como socios esenciales en el desarrollo académico y personal de los estudiantes.

El conocimiento es concebido como un todo no fragmentado, holístico y sin dogma. Este principio rechaza la visión compartimentada del saber, promoviendo en cambio una comprensión integral y coherente de los distintos campos del conocimiento. Se alienta a los estudiantes a ver las conexiones entre disciplinas, desarrollando una

perspectiva global y contextualizada. Asimismo, se fomenta un ambiente de aprendizaje abierto y libre de dogmas, donde se valoran la curiosidad, la creatividad y la innovación.

Educación media integral

El estudiante del Colegio Cundinamarca I.E.D. que participa en el proyecto de Educación Media Integral (EMI) se distingue por ser respetuoso, autónomo y solidario en todos los contextos donde interactúa. Este estudiante muestra una afinidad particular con los procesos de lectura y escritura tanto en la lengua inglesa como en la lengua materna, y tiene un marcado interés por el desarrollo del pensamiento lógico y matemático.

Con un espíritu inquieto y dispuesto a investigar, el estudiante de EMI se preocupa de manera consciente por las problemáticas políticas, sociales y culturales de su entorno. Se cuestiona su quehacer personal y social, buscando la transformación de su entorno. Al egresar de la institución, se espera que sea una persona respetuosa, autónoma y solidaria, con capacidades específicas en el uso práctico y efectivo de la lengua materna y la lengua inglesa, y la habilidad para resolver problemas de pensamiento matemático de manera lógica y racional.

Este enfoque de la EMI promueve la investigación y el desarrollo de competencias críticas y de comprensión. Los estudiantes son alentados a asumir una postura crítica y analítica frente a las problemáticas de su entorno, actuando como agentes de transformación capaces de impactar positivamente en la sociedad y de generar cambios significativos en sus vidas.

Misión de la EMI en la institución: Profundización en los campos de pensamiento, mediante la intensificación en los programas ofrecidos.

Visión de la EMI en la institución: Ampliar la oferta desde EMI, modalidad en “Matemáticas, Tecnología, Ingenierías” o “Lenguas y Humanidades”, “Artes” de acuerdo con el perfil del egresado de la institución y en concordancia con los requerimientos del programa.

2.5 Marco Legal y Normativo.

El marco legal y normativo presenta las leyes y normas que regulan la implementación de metodologías innovadoras en la educación. Se analizan las políticas educativas existentes y cómo se relacionan con el enfoque STEM y las metodologías de aprendizaje de matemáticas basadas en STEM.

La investigación científica sobre el Diseño e Implementación de una Metodología de Aprendizaje Basada en el Enfoque STEM para el desarrollo de habilidades matemáticas, tiene como marco contextual, una institución de educación pública ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá, con estudiantes de grado 10° y 11° pertenecientes al énfasis de ingeniería, en el proyecto de educación media para las competencias del siglo XXI de la institución educativa distrital Colegio Cundinamarca.

En Colombia, la investigación científica se rige por un marco legal y normativo compuesto por diversas leyes, decretos y políticas públicas. Entre las más relevantes para el tema de investigación anteriormente mencionado se encuentran:

- Ley 1151 de 2011: Ley General de Educación, la cual establece los principios y fines de la educación en Colombia, incluyendo la promoción del aprendizaje de las ciencias, las matemáticas y la tecnología.
- Decreto 1076 de 2015: Decreto Nacional por el cual se reglamenta el artículo 26 de la Ley 1151 de 2011 y se establecen lineamientos para la formulación de estándares básicos de competencias en educación. Este decreto establece la importancia de la integración de las áreas de conocimiento, incluyendo las matemáticas, las ciencias, la tecnología y la ingeniería, en el currículo educativo.
- Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2019-2030: Esta política establece la necesidad de fortalecer la educación en STEM para el desarrollo del país.
- Lineamientos Curriculares de Ciencias y Matemáticas: Estos lineamientos proponen estrategias para la enseñanza de las matemáticas en el marco del enfoque STEM.

- Proyecto Educativo Institucional (PEI) y Sistema institucional de Evaluación (SIE) de la Institución Educativa Distrital Colegio Cundinamarca, actualizado para el año 2024.

Leyes que sustentan la legalidad de la investigación realizada:

- Ley 1090 de 2003: Ley General de Ética y Transparencia Pública, la cual establece los principios y normas éticas que deben regir la conducta de los servidores públicos y particulares que ejerzan funciones públicas.
- Ley 1978 de 2019: Ley de Protección de Datos Personales, la cual establece los principios y normas para el tratamiento de datos personales.
- Resolución 0000823 de 2018: Por la cual se adoptan las Guías Éticas para la Investigación en Salud en Colombia. Estas guías establecen principios éticos para la investigación en salud, que son aplicables a otros tipos de investigación, incluyendo la investigación educativa.
- Consentimiento informado: El consentimiento informado es un proceso obligatorio en toda investigación que involucre seres humanos. El investigador debe proporcionar información clara y completa sobre la investigación a los participantes, quienes deben tener la libertad de decidir si desean participar o no.
- Confidencialidad: Los datos de los participantes en la investigación deben ser tratados con confidencialidad. El investigador debe tomar medidas para proteger la identidad de los participantes y evitar el acceso no autorizado a sus datos.
- Protección de los derechos humanos: Toda investigación debe realizarse respetando los derechos humanos de los participantes. El investigador no debe realizar ningún procedimiento que pueda causar daño físico o psicológico a los participantes.
- Integridad científica: El investigador debe mantener la integridad científica en todo el proceso de investigación. Esto significa que debe ser honesto en la recolección y análisis de datos, y debe reportar sus resultados de manera objetiva y precisa.
- Propiedad intelectual: El investigador debe ser consciente de los derechos de propiedad intelectual relacionados con la investigación. El investigador debe

proteger sus propios derechos de propiedad intelectual y respetar los derechos de propiedad intelectual de terceros.

- **Publicación de los resultados:** Los resultados de la investigación deben ser publicados en revistas científicas o presentados en congresos académicos. La publicación de los resultados permite que la comunidad científica pueda evaluar críticamente los hallazgos y contribuir al avance del conocimiento.

CAPÍTULO 3. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.

La metodología de una investigación es el corazón que impulsa el proceso de generación de conocimiento. En este sentido, el marco metodológico que se presenta a continuación describe en detalle las estrategias y herramientas que se utilizarán para llevar a cabo el estudio sobre la implementación de una metodología innovadora en el aprendizaje de las matemáticas. La elección de estas estrategias se fundamenta en la necesidad de obtener resultados válidos y confiables que contribuyan al avance del conocimiento en el campo de la educación matemática.

3.1. Cuadro Operacionalización de variables.

La operacionalización de variables constituye un paso crucial en esta investigación, ya que permite transformar los conceptos teóricos de rendimiento académico, motivación y actitudes hacia las matemáticas en indicadores empíricos y medibles. A través de la operacionalización, se definirán los instrumentos de medición más adecuados, como pruebas de rendimiento, cuestionarios y guías de observación, que permitirán recolectar datos precisos y confiables. Este proceso garantiza que los resultados obtenidos sean válidos y generalizables, contribuyendo así a la generación de conocimiento en el campo de la educación matemática.

La matriz de operacionalización de variables que se presenta a continuación constituye un elemento clave en el diseño de esta investigación. En ella se especifican las variables independientes y dependientes, así como los indicadores que permitirán medir sus diferentes dimensiones.

Tabla 4.*Matriz de Operacionalización de Variables*

Tema: Metodología innovadora con enfoque STEM para mejorar el proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025						
Pregunta de investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Hipótesis	Variables estudiadas	Dimensiones	Indicadores
¿Cómo se puede contribuir a mejorar el desarrollo del pensamiento computacional en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025?	Diseñar una metodología innovadora basada en el enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025.	1. Diagnosticar las dificultades y necesidades de los estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED, en el aprendizaje de las matemáticas, mediante la aplicación de instrumentos cuantitativos. 2. Sistematizar los fundamentos teóricos y pedagógicos relacionados con el uso del enfoque STEM en el proceso de aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del	La metodología innovadora basada en el enfoque STEM contribuye a mejorar el desarrollo del pensamiento computacional en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en la Educación Media del Colegio Cundinamarca, Bogotá – Colombia, durante el período 2024-2025	Variable independiente: Metodología innovadora basada en el enfoque STEM, mediada por el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y orientada al desarrollo del pensamiento computacional. Variable dependiente: 1. Aprendizaje de las matemáticas, medido a través del desempeño académico y la ganancia normalizada de aprendizaje (Hake).	Dimensión Vertical: Coherencia estructural de la investigación • Pregunta de investigación • Objetivos (general y específicos) • Fundamentos teóricos • Enfoque y diseño metodológico • Resultados esperados • Conclusiones Dimensión Horizontal: Operacionalización de las variables • Variables (independiente y dependientes)	Variable Independiente: Dimensión 1. Integración del enfoque STEM Articulación entre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en las actividades Uso de problemas contextualizados del entorno Relación entre conceptos matemáticos y situaciones reales Dimensión 2. Aplicación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) Claridad del problema o reto planteado Desarrollo del proyecto por fases (planeación, ejecución, socialización) Nivel de autonomía del estudiante

pensamiento computacional en la Educación Media del Colegio Cundinamarca IED.	2. pensamiento computacional en estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED.	• Definición conceptual • Dimensiones e indicadores • Instrumentos de recolección de información • Técnicas de análisis de datos	Trabajo colaborativo de cada estudiante durante el desarrollo del proyecto
3. Elaborar una metodología innovadora con enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento computacional en la Educación Media del Colegio Cundinamarca IED.			Dimensión 3. Incorporación del pensamiento computacional Uso de secuencias lógicas o algoritmos Identificación de patrones en la resolución de tareas Uso de herramientas digitales o actividades con lógica computacional Variable Dependiente: Dimensión 1. Comprensión conceptual Reconocimiento de conceptos matemáticos fundamentales Explicación verbal o escrita de procedimientos matemáticos Relación entre conceptos matemáticos
4. Validar la metodología innovadora con enfoque STEM, orientada al aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento computacional, a partir de su aplicación en estudiantes de educación media			Dimensión 2. Resolución de problemas Identificación de datos relevantes en un problema Selección de estrategias de solución Justificación del procedimiento utilizado Corrección en la solución final

del Colegio
Cundinamarca
IED, considerando
criterios
pedagógicos y de
aprendizaje.

**Dimensión 3. Razonamiento
proporcional**

Interpretación de relaciones de
proporcionalidad

Uso adecuado de razones y
proporciones
Aplicación del razonamiento
proporcional en contextos reales

Dimensión 4. Desempeño académico

Puntaje en prueba diagnóstica (pretest)

Puntaje en prueba final (postest)

Ganancia normalizada de aprendizaje
(Hake)

Nota: Creación propia.

3.2. Diseño metodológico.

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, orientado a analizar el efecto de la implementación de una metodología innovadora de enseñanza que integra el enfoque STEM, el desarrollo del pensamiento computacional y el aprendizaje basado en proyectos en el aprendizaje de las matemáticas. Para evaluar la eficacia de esta propuesta pedagógica se emplea un diseño cuasi experimental con grupo control y grupo experimental, el cual permite comparar los resultados obtenidos antes y después de la intervención educativa. En este diseño se aplica una medición inicial (pretest) a ambos grupos con el fin de identificar el nivel de desempeño previo de los estudiantes. Posteriormente, el grupo experimental participa en la implementación de la metodología basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional, mientras que el grupo control continúa con la metodología tradicional de enseñanza.

Al finalizar la intervención pedagógica se aplica una segunda medición (posttest) a ambos grupos, lo que permite analizar los cambios en el aprendizaje de los estudiantes y comparar los resultados obtenidos entre los grupos. Los datos recolectados serán analizados mediante procedimientos estadísticos propios del enfoque cuantitativo, incluyendo el cálculo de la ganancia de aprendizaje normalizada propuesta por Hake, con el propósito de estimar el impacto de la intervención pedagógica en el fortalecimiento del aprendizaje matemático.

3.2.1. Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis.

Enfoque Cuantitativo.

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por la recolección y análisis de datos numéricos con el fin de explicar fenómenos educativos y establecer relaciones entre variables mediante procedimientos estadísticos. Según Creswell (2014), el enfoque cuantitativo permite medir variables y analizar los resultados obtenidos a partir de instrumentos estandarizados, con el propósito de comprobar hipótesis y determinar el efecto de una intervención.

En este sentido, el estudio busca evaluar el impacto de una metodología basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional en el aprendizaje de las matemáticas, a partir del análisis de los resultados obtenidos por los estudiantes en pruebas aplicadas antes y después de la intervención pedagógica.

Diseño cuasi experimental de tipo pretest-posttest:

El diseño de la investigación corresponde a un diseño cuasi experimental de tipo pretest–posttest con grupo control no equivalente, ampliamente utilizado en investigaciones educativas cuando no es posible asignar los participantes de manera aleatoria. Este tipo de diseño permite comparar los resultados de un grupo experimental que recibe la intervención pedagógica con los de un grupo control que continúa con la metodología tradicional de enseñanza (Shadish, Cook & Campbell, 2002).

La aplicación de este diseño permite evaluar el efecto de la metodología propuesta mediante la comparación de los resultados obtenidos en el pretest y el posttest, así como el análisis de las diferencias entre ambos grupos.

Investigación Evaluativa y de desarrollo

Stufflebeam (2001) señala que la investigación evaluativa no solo busca medir los resultados de una intervención, sino también comprender los procesos y contextos en los que se lleva a cabo. Esta investigación permite analizar el avance académico de los estudiantes en matemáticas y en procesos lógicos relacionados con el pensamiento computacional en el Colegio Cundinamarca IED, el cual es de carácter público y está ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá.

La elección de este enfoque, diseño y tipo de investigación se sustenta en la necesidad de generar evidencia empírica sobre la eficacia de una nueva metodología de enseñanza que promueva el aprendizaje de las matemáticas a través del enfoque STEM y el pensamiento computacional. Esta propuesta se alinea con investigaciones previas que han destacado la importancia de integrar tecnologías y metodologías activas en la educación matemática (Jones, 2018; Mishra & Koehler, 2006).

3.2.2. Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos.

Con el fin de garantizar la coherencia entre los objetivos de la investigación, el diseño metodológico y el proceso de análisis de los resultados, es necesario definir los métodos, técnicas e instrumentos utilizados para la obtención de los datos. Estos elementos permiten orientar de manera sistemática la recolección de la información y asegurar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio. Es así como, la investigación establece un conjunto de procedimientos metodológicos que facilitan la recopilación, organización y análisis de los datos cuantitativos derivados de la implementación de la metodología basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional en el aprendizaje de las matemáticas.

Método

La investigación adopta como método teórico principal el método **hipotético–deductivo**, el cual permite establecer una relación coherente entre la fundamentación teórica y la verificación empírica de los resultados; a partir del análisis de referentes conceptuales relacionados con el enfoque STEM, el pensamiento computacional y su relación con el aprendizaje de las matemáticas, se formulan hipótesis que orientan el diseño de una propuesta metodológica innovadora.

Posteriormente, dichas hipótesis se contrastan mediante la implementación de la propuesta en un contexto real de aula, lo cual permite evaluar su efectividad a partir del análisis de datos cuantitativos obtenidos mediante instrumentos de medición del aprendizaje.

Este método se complementa con el método **analítico–sintético**, que facilita el análisis de las variables involucradas en el proceso de enseñanza–aprendizaje de las matemáticas y la integración de los resultados obtenidos para generar conclusiones fundamentadas.

Técnicas

Las técnicas utilizadas en esta investigación constituyen procedimientos operativos orientados a la recolección, análisis e interpretación de los datos, en correspondencia con el enfoque cuantitativo. Para esta investigación se emplearon las siguientes técnicas:

- Cuestionarios estructurados aplicados a los estudiantes, tanto en la fase diagnóstica como tras la intervención pedagógica, con el fin de recoger información sobre sus concepciones, dificultades y avances en el aprendizaje de las matemáticas y el uso del pensamiento computacional.
- Observación participante durante el desarrollo de las actividades diseñadas bajo el enfoque STEM, permitiendo registrar aspectos del comportamiento estudiantil, la interacción en el aula, el trabajo colaborativo y la aplicación práctica de conceptos matemáticos.
- Análisis estadístico de resultados, orientado a comparar el desempeño académico de los estudiantes del grupo experimental y del grupo control, pre y posterior a la intervención.

Instrumentos

Para garantizar una recolección de datos alineada con los objetivos de esta investigación, se seleccionaron instrumentos adecuados para la indagación cuantitativa. En la fase exploratoria o diagnóstica, se buscó comprender el contexto educativo, identificar las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y establecer un punto de partida para la intervención pedagógica basada en el enfoque STEM.

En el plano cuantitativo, se aplicó una prueba diagnóstica estandarizada de selección múltiple, diseñada con base en los estándares curriculares, cuyo análisis se realizó utilizando el índice de ganancia de aprendizaje de Hake, permitiendo establecer un punto de comparación objetivo entre el desempeño inicial y los resultados posteriores a la intervención, basado en la intervención con enfoque STEM y la educación tradicional.

- **Pruebas estandarizadas de rendimiento en matemáticas.:**

Para la recolección de los datos se empleará una prueba de rendimiento en matemáticas compuesta por ítems adaptados de pruebas estandarizadas tipo SABER y PISA, ampliamente utilizadas en la evaluación de competencias matemáticas en contextos educativos. A partir de la revisión de estos instrumentos, se realizó un proceso de selección y adaptación de preguntas que se ajustan a los contenidos y procesos de enseñanza y aprendizaje abordados en el estudio, particularmente aquellos relacionados con el desarrollo del pensamiento computacional y el aprendizaje de las matemáticas en el marco del enfoque STEM.

La prueba permitirá medir el nivel de conocimientos y habilidades matemáticas de los estudiantes, por lo que será aplicada antes y después de la intervención educativa (pretest y posttest) con el fin de evaluar el progreso académico y determinar la eficacia de la metodología implementada, buscando analizar el impacto de la metodología basada en el enfoque STEM en el rendimiento académico de los estudiantes en el área de matemáticas. (Ver anexo 1).

- **Guía de Observaciones de clases.**

Este instrumento consiste en la observación sistemática de las clases en las que se implementa la metodología basada en el enfoque STEM, con el propósito de registrar el desarrollo de las actividades, la interacción entre estudiantes y docentes, y el uso de materiales y recursos durante el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La aplicación de esta guía permitirá documentar el proceso de implementación de la metodología en el aula e identificar aspectos relacionados con el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje y la participación de los estudiantes en las actividades propuestas. Para ello se utilizará una guía de observación con categorías previamente definidas, que facilitará el registro estructurado de la información durante el desarrollo de las sesiones de clase. (Ver anexo 2).

3.2.3 Determinación de la población y muestra. criterio de selección.

La correcta definición de la población y la selección de una muestra adecuada son fundamentales para garantizar la validez y generalización de los resultados de esta investigación. La población de esta investigación está conformada por estudiantes de grado décimo (2024) y undécimo (2025) del Colegio Cundinamarca IED, pertenecientes al énfasis de ingeniería. Esta población fue seleccionada debido a su vinculación directa con el objeto de estudio, que integra el pensamiento computacional en el aprendizaje de contenidos matemáticos mediante una metodología basada en el enfoque STEM.

La muestra se estableció mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando un grupo específico que reúne las condiciones necesarias para la implementación de la propuesta pedagógica y el seguimiento de sus efectos. Para esta investigación, la muestra está conformada por 50 estudiantes pertenecientes al énfasis de ingeniería del programa de Media para las Competencias del Siglo XXI del Colegio Cundinamarca IED, distribuidos en 25 estudiantes correspondientes al grupo experimental (grupo STEM) y 25 estudiantes del grupo control. Esta distribución corresponde a los grupos naturales existentes dentro de la institución educativa, característica de los diseños cuasi experimentales ya que no es posible realizar asignación aleatoria de los participantes.

Los criterios de inclusión considerados para la selección de los participantes fueron: ser estudiantes matriculados en los grados correspondientes al programa de media técnica con énfasis en ingeniería durante el periodo de desarrollo de la investigación, contar con asistencia regular a las clases de matemáticas, disponer de acceso a los recursos tecnológicos básicos requeridos para el desarrollo de las actividades propuestas y contar con el consentimiento informado por parte de la institución educativa y de los estudiantes para participar en el estudio.

Por su parte, los criterios de exclusión incluyeron estudiantes que no asistieran regularmente a las sesiones de clase durante el periodo de intervención, que no completaran la aplicación de las pruebas diagnósticas y finales, o que no contaran con las condiciones mínimas para participar en las actividades pedagógicas propuestas.

La selección de esta muestra permitió recoger información pertinente sobre el fenómeno en estudio y garantizar la viabilidad de la intervención pedagógica en un contexto educativo real.

3.3. Trabajo de campo.

El trabajo de campo constituyó una fase esencial en la presente investigación, permitiendo la inmersión directa en el contexto educativo del Colegio Cundinamarca IED para la implementación y observación de la metodología innovadora basada en el enfoque STEM. Esta etapa se desarrolló durante el segundo semestre del año 2024 y hasta marzo del 2025, abarcando la aplicación de los instrumentos de recolección de datos y la observación detallada del desarrollo de las actividades propuestas.

Durante el trabajo de campo, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

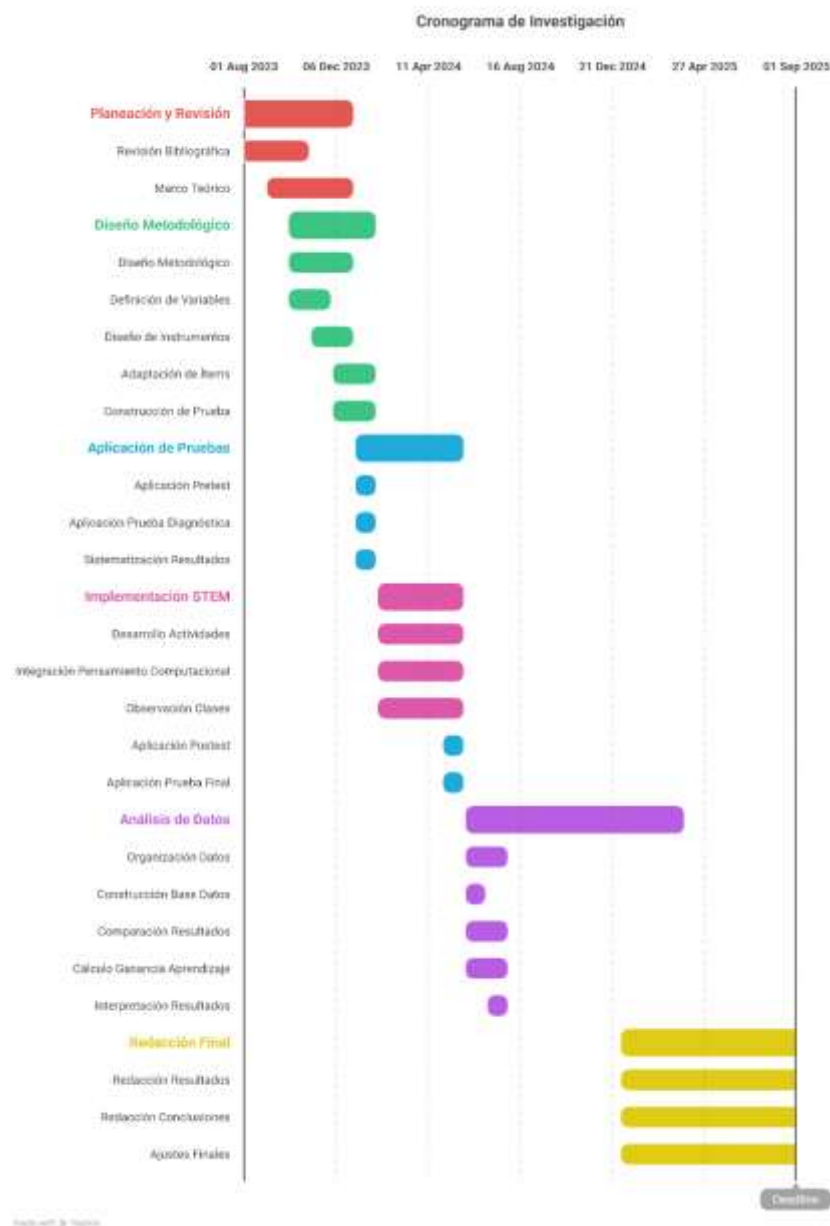
- **Aplicación de Instrumentos:** Se administraron los cuestionarios pre y posterior a la intervención, las escalas Likert sobre motivación y uso de herramientas tecnológicas, y se realizó la guía de observación en las sesiones de clase.
- **Observación Participante:** Se realizó una observación detallada y sistemática de las dinámicas de aula, prestando especial atención a las interacciones entre estudiantes y docentes, el uso de recursos tecnológicos, y la aplicación de las prácticas pedagógicas STEM.
- **Registro de Datos:** Se documentaron las observaciones y los datos recopilados de manera precisa y organizada, utilizando registros escritos, notas de campo y, cuando fue pertinente, registros audiovisuales.
- **Interacción con los Participantes:** Se estableció una comunicación abierta y respetuosa con los estudiantes, buscando comprender sus experiencias y percepciones sobre la metodología implementada.

El trabajo de campo se desarrolló en un ambiente colaborativo y flexible, adaptándose a las necesidades y dinámicas del aula. Se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los participantes, y se obtuvo el consentimiento informado de los mismos para la participación en la investigación. Esta fase permitió obtener una visión profunda

y detallada del proceso de implementación de la metodología STEM, así como recopilar datos valiosos para el análisis y la evaluación de su eficacia.

Figura 7.

Cronograma de actividades de la investigación representado mediante un diagrama de Gantt.



Nota. Elaboración propia, usando Napkin.

3.4. Aplicación de los instrumentos.

En esta sección se detalla el proceso de aplicación de cada uno de los instrumentos de recolección de datos, teniendo en cuenta que para la evaluación de la eficacia de la intervención metodológica se cuentan con dos grupos, correspondientes al grupo control y el grupo experimental. Se describirán los pasos seguidos para administrar los cuestionarios y las escalas Likert, así como el procedimiento de observación utilizado para la guía de observación.

- Aplicación del pre test: El cuestionario consta de 10 preguntas las cuales están orientadas para evaluar el conocimiento de los estudiantes antes de la intervención en el aula. Se evalúan 4 campos específicos: pensamiento lógico, representación de la información, modelación matemática y pensamiento computacional.
- Observación de clase: Desde la coordinación académica se realizó la observación de clase, donde se analizan las siguientes dimensiones: Planificación, Implementación y aprendizaje. Por medio de la guía de observación se dan a conocer las percepciones encontradas de pares académicos en el transcurso de las clases donde se implementó la metodología STEM.
- Aplicación del pos-test: Se aplicó el mismo cuestionario del pre test a los dos grupos: control y experimental, para evaluar el aprendizaje adquirido desde la metodología tradicional implementada en el grupo control, y la metodología con enfoque STEM implementada en el grupo experimental.

3.5. Procesamiento de la información.

El procesamiento de la información en esta fase diagnóstica se llevó a cabo de acuerdo con la naturaleza de los datos recolectados, con el propósito de obtener una visión integral del punto de partida del proceso de enseñanza-aprendizaje en el contexto del Colegio Cundinamarca IED. En cuanto a los datos cuantitativos, provenientes de la aplicación de una prueba diagnóstica estandarizada de selección múltiple, estos fueron organizados en una matriz de datos y analizados mediante el cálculo del índice de ganancia de aprendizaje de Hake. Este indicador permitió estimar el nivel de

comprensión inicial de los estudiantes en los contenidos matemáticos seleccionados, proporcionando una base objetiva para planificar la intervención pedagógica.

En relación con la información obtenida a través de la guía de observación estructurada, se realizó un registro sistemático de los aspectos observados durante las sesiones de clase en las que se implementó la metodología basada en el enfoque STEM. La información fue organizada de acuerdo con las categorías previamente establecidas en el instrumento, permitiendo documentar elementos relacionados con el desarrollo de las actividades pedagógicas, el uso de recursos didácticos, la participación de los estudiantes y las dinámicas de interacción en el aula.

Este proceso permitió describir las condiciones en las que se desarrolló la implementación de la metodología y registrar evidencias del proceso de aprendizaje de los estudiantes durante la intervención pedagógica. Asimismo, la información obtenida a partir de la observación contribuyó a complementar la interpretación de los resultados derivados de las pruebas aplicadas, permitiendo contextualizar los cambios observados en el aprendizaje de las matemáticas durante el desarrollo de la investigación.

3.6. Análisis de los resultados en los datos obtenidos.

En esta sección se presentará el análisis detallado de los resultados obtenidos de cada uno de los instrumentos de recolección de datos. Se utilizarán técnicas de estadística descriptiva para resumir y presentar los datos cuantitativos.

Cuestionario 1: Pre intervención

Este cuestionario consta de 10 preguntas, las cuales están divididas en 4 secciones, cuyo objetivo es evaluar la capacidad de los estudiantes de grado once para aplicar conceptos matemáticos en la resolución de problemas computacionales y el análisis de estructuras de datos básicas. (Ver anexo 1)

- **Análisis de Fiabilidad**

Se realizó una prueba piloto para determinar la fiabilidad del instrumento; en la primera aplicación se obtuvo una fiabilidad negativa en tres de las preguntas, lo que evidenció

covarianzas inversas entre algunos ítems. Tras revisar el cuestionario, se identificó que las preguntas 3, 5 y 6 presentaban problemas de contexto y redacción que generaban interpretaciones opuestas a la intención del evaluador. Por tal motivo, se reformularon estos ítems, ajustando su lenguaje y coherencia con el constructo evaluado para asegurar una medición más homogénea y precisa.

Tabla 4.

Análisis de Fiabilidad del cuestionario uno por medio del Alfa de Cronbach

Estadísticas de total de elemento					
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
PREGUNTA 1	4,36	8,073	,487	,482	,810
PREGUNTA 2	4,36	8,157	,455	,502	,813
PREGUNTA 3	4,36	8,157	,455	,531	,813
PREGUNTA 4	4,48	7,677	,626	,743	,795
PREGUNTA 5	4,44	7,673	,628	,613	,795
PREGUNTA 6	4,60	8,083	,497	,537	,809
PREGUNTA 7	4,48	7,677	,626	,583	,795
PREGUNTA 8	4,64	8,823	,232	,421	,834
PREGUNTA 9	4,52	7,927	,534	,600	,805
PREGUNTA 10	4,40	7,917	,538	,545	,805

Nota: Creación propia usando el Software SPSS

En la nueva aplicación del instrumento, compuesto por 10 ítems o preguntas de selección múltiple con respuestas dicotómicas (1 = acierto, 0 = error), se obtuvo un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.82, lo que indica una buena consistencia interna según los criterios de George y Mallery (2003). Todas las correlaciones ítem-total fueron positivas y la eliminación de ningún ítem incrementó el valor global del alfa, confirmando la coherencia y estabilidad del instrumento, que ahora se considera válido y confiable para su aplicación en el estudio principal.

Resultados de la aplicación del cuestionario 1

Sección 1: Pensamiento Lógico

Esta dimensión evalúa la capacidad de los estudiantes para aplicar el razonamiento deductivo y reconocer patrones o relaciones lógicas en la resolución de problemas matemáticos. A través de los ítems 1 y 2, se buscó identificar el nivel de comprensión de estructuras lógicas básicas y el uso de estrategias de inferencia en contextos cotidianos.

Tabla 5.

Resultados de la aplicación del cuestionario sección Pensamiento Lógico.

	Pregunta 1		Pregunta 2	
	Grupo STEM	Grupo Control	Grupo STEM	Grupo Control
A	9	9	5	6
B	6	4	5	6
C	4	9	10	6
D	6	3	5	7
TOTAL	25	25	25	25
Concentración	0,04	0,093983546	0,05830052	0,002397127

Nota: Creación propia usando el Software SPSS

En la primera sección se relacionan preguntas contextualizadas de pensamiento lógico- matemático, la respuesta correcta en la primera pregunta se identifica como la opción A. Se constata que 9 estudiantes del grupo STEM y 9 participantes del grupo control seleccionaron esta respuesta, lo que representa una proporción del 36% del total de estudiantes en cada grupo.

Para la segunda pregunta, la opción C se determina como la respuesta correcta. Los datos revelan que 10 estudiantes del grupo STEM y 6 estudiantes del grupo control respondieron de manera acertada, lo que equivale a un 40% y un 26% de respuestas correctas dentro de sus respectivos grupos.

Sección 2: Representación de Información

Esta categoría analiza la habilidad del estudiante para interpretar, organizar y transformar información presentada en diferentes formas: numérica, gráfica o simbólica.

Los ítems 3 y 4 valoran la comprensión de representaciones matemáticas y su correcta utilización en la toma de decisiones o resolución de problemas.

Tabla 6.

Resultados de la aplicación del cuestionario sección Representación de la Información

	Pregunta 3		Pregunta 4	
	Grupo STEM	Grupo Control	Grupo STEM	Grupo Control
A	6	6	6	4
B	7	7	7	4
C	9	7	6	11
D	3	5	6	6
TOTAL	25	25	25	25
Concentración	0,058300524	0,00876162	0,00239713	0,0998182

Nota: Creación propia usando el Software SPSS

En la evaluación de la representación de la información, se empleó la pregunta número 3, cuya respuesta correcta es la opción B. Los resultados de la tabla anterior, indican que 7 estudiantes del grupo control y 7 estudiantes del grupo STEM seleccionaron esta opción, lo que representa una proporción del 28% en ambos grupos.

En relación con la pregunta 4, la opción B se identifica como la respuesta correcta. Los resultados, revelan que 7 estudiantes del grupo STEM y 4 participantes del grupo control emitieron la respuesta correcta, lo que se traduce en un 28% y un 16% respectivamente.

Sección 3: Modelación Matemática

En esta sección se evalúa la competencia para construir y aplicar modelos matemáticos que describan situaciones del entorno. Los ítems 5, 6 y 7 están orientados a medir la habilidad del estudiante para relacionar datos, plantear expresiones numéricas o algebraicas y emplearlas en la resolución de situaciones problemáticas.

Tabla 7.

Resultados de la aplicación del cuestionario sección Modelación Matemática

	Pregunta 5		Pregunta 6		Pregunta 7	
	Grupo STEM	Grupo Control	Grupo STEM	Grupo Control	Grupo STEM	Grupo Control
A	7	11	14	4	6	6
B	6	7	4	5	7	5
C	6	3	2	7	6	7
D	6	4	5	9	6	7
TOTAL	25	25	25	25	25	25
Concentración	0,002397127	0,117139204	0,241933976	0,046135746	0,002397127	0,008761617

Nota: Creación propia usando el Software SPSS

Los resultados concernientes a las preguntas 5, 6 y 7 se presentan en la tabla 7; donde se determina que para la pregunta 5, la opción B es la respuesta correcta. Se observa que 6 estudiantes del grupo STEM y 7 estudiantes del grupo control respondieron de manera acertada, representando un 24% y un 28% respectivamente. Para la pregunta 6, la opción D se identifica como la respuesta correcta.

El análisis revela que 5 estudiantes del grupo STEM y 9 estudiantes del grupo control respondieron de manera acertada, lo que representa un 20% y un 36% respectivamente. Por último, en la pregunta 7, la última de la sección dedicada a la modelación matemática, la opción B se establece como la respuesta correcta. De acuerdo con los datos presentados, 7 estudiantes del grupo STEM y 5 estudiantes del grupo control proporcionaron la respuesta correcta, lo que equivale a un 28% y un 20% respectivamente.

Sección 4: Pensamiento Computacional en Contextos Reales

Esta dimensión busca reconocer el nivel de desarrollo del razonamiento algorítmico, la descomposición de problemas y la identificación de patrones como base del pensamiento computacional. Los ítems 8, 9 y 10 evalúan la capacidad de los estudiantes para analizar secuencias lógicas y aplicar procesos de solución sistemática vinculados al enfoque STEM.

Tabla 8.

Resultados de la aplicación del cuestionario sección Pensamiento Computacional

	Pregunta 8		Pregunta 9		Pregunta 10	
	Grupo STEM	Grupo Control	Grupo STEM	Grupo Control	Grupo STEM	Grupo Control
A	8	7	10	5	10	14
B	8	5	5	4	5	0
C	3	7	4	6	4	7
D	6	6	6	10	6	4
TOTAL	25	25	25	25	25	25
Concentración	0,05223571 5	0,008761617	0,06433077 6	0,064330776	0,06433077 6	0,292439554

Nota: Creación propia usando el Software SPSS

Los resultados correspondientes a la pregunta 8 se visualizan en la tabla anterior, donde se identifica la opción B como la respuesta correcta. El análisis de las respuestas revela que 8 estudiantes del grupo STEM y 5 estudiantes del grupo control respondieron de manera acertada, lo que representa un 32% y un 20% del total de estudiantes en cada grupo, respectivamente.

En relación con la pregunta 9, la opción D se establece como la respuesta correcta. Los datos presentados en la tabla 8, indican que 6 estudiantes del grupo STEM y 10 estudiantes del grupo control respondieron de manera acertada, lo que equivale a un 24% y un 40% respectivamente.

En la pregunta 10, la última concerniente al pensamiento computacional, en este caso, la respuesta correcta es la opción C. Los datos evidencian que 4 estudiantes del grupo STEM y 7 estudiantes del grupo control respondieron de manera acertada, lo que representa un 16% y un 28% respectivamente.

Guía de Observación

La guía de observación utilizada en esta investigación se estructuró en torno a tres dimensiones fundamentales del proceso de enseñanza y aprendizaje en el enfoque STEM: planificación, implementación y aprendizaje. Cada dimensión agrupa un

conjunto de categorías de observación que permiten valorar distintos aspectos del desempeño docente y del ambiente educativo

Análisis de Fiabilidad

Tabla 9.

Alfa de Cronbach para el análisis de fiabilidad de la guía de Observación para las 5 clases

Estadísticas de total de elemento					
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Clase1	283,67	928,000	1,000	.	,999
Clase2	282,67	928,000	1,000	.	,999
Clase3	281,89	921,861	,998	.	1,000
Clase4	282,44	934,528	,997	.	1,000
Clase5	282,67	928,000	1,000	.	,999

Nota: Creación propia usando el Software SPSS

El análisis de fiabilidad de las observaciones realizadas en cinco clases consecutivas mostró un coeficiente Alfa de Cronbach superior a 0.80, lo que indica una alta consistencia interna en los juicios emitidos por el observador, dando a conocer que los indicadores de desempeño de los estudiantes mantuvieron una tendencia estable a lo largo de las sesiones, reflejando coherencia en la aplicación del instrumento y en el comportamiento de las variables analizadas.

Durante la fase diagnóstica, se aplicó una guía de observación estructurada en 5 sesiones de clase con estudiantes de Educación Media del Colegio Cundinamarca, durante la fase diagnóstica. Los principales hallazgos fueron los siguientes:

Tabla 10.

Resultados de la observación de 5 clases: Fase Diagnóstica

Indicador observado	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Promedio
Baja participación en clase	64	65	66	65	65	65%

Frustración o evasión ante desafíos	64	65	65	66	65	65%
Baja capacidad de abstracción	84	85	86	85	85	85%
Poca identificación de patrones	67	68	69	68	68	68%
Dificultad para descomponer problemas	74	75	76	75	75	75%
Alta dependencia del docente	69	70	71	70	70	70%
Ausencia de estrategias de resolución	69	70	70	71	70	70%
Errores conceptuales frecuentes	59	60	61	60	60	60%
Dificultad para interpretar problemas	77	78	79	78	78	78%

Nota: Creación propia usando el Software de Excel

Los resultados obtenidos en la fase diagnóstica por medio de la guía de observación, muestran que una proporción significativa de los estudiantes presenta dificultades en la participación activa y en la disposición para enfrentar tareas retadoras, con un 65% mostrando baja participación y evasión ante desafíos. A ello se suma un alto porcentaje de estudiantes (85%) con dificultades en la capacidad de abstracción, lo cual afecta directamente la comprensión de conceptos matemáticos, la generalización de patrones y la resolución de problemas que exigen razonamiento complejo. Asimismo, se identificaron debilidades relevantes en la identificación de patrones (68%) y en la descomposición de problemas (75%), competencias esenciales tanto para el razonamiento matemático como para el pensamiento computacional, estas dificultades implican que los estudiantes tienen problemas para organizar información, secuenciar pasos y estructurar estrategias, lo que limita su capacidad para abordar tareas de manera autónoma.

Un 70% evidencia alta dependencia del docente y ausencia de estrategias propias de resolución, mientras que un 60% presenta errores conceptuales frecuentes, reflejando vacíos en conocimientos previos fundamentales. La dificultad para interpretar problemas, presente en el 78% de los estudiantes, confirma que existen limitaciones importantes en la comprensión de enunciados, en la identificación de datos relevantes y en la traducción de situaciones a modelos matemáticos. En conjunto, estos resultados observados durante las 5 clases, justifican plenamente la necesidad de implementar una metodología innovadora basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional,

que permita fortalecer la autonomía, el razonamiento lógico, la capacidad de abstracción y el desarrollo de estrategias para la resolución de problemas de manera significativa y mejorar el aprendizaje de las matemáticas por medio de una estrategia de enseñanza diferente a lo tradicional.

3.7. Redacción de resultados y discusión.

Se dan a conocer y analizan los resultados obtenidos durante la fase diagnóstica y final de la investigación, con el propósito de identificar el estado inicial y final del aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes de grado undécimo del Colegio Cundinamarca IED. El análisis se fundamenta en los datos cuantitativos derivados de la aplicación de una prueba diagnóstica estandarizada, la cual permitió identificar los niveles de comprensión conceptual y dominio de los contenidos matemáticos abordados por los estudiantes.

Los resultados obtenidos permitieron establecer una línea base del desempeño académico de los estudiantes, evidenciando las principales dificultades relacionadas con la comprensión de conceptos matemáticos, el razonamiento lógico y la resolución de problemas. Esta información resultó fundamental para orientar el diseño de la intervención pedagógica y para establecer un punto de comparación con los resultados obtenidos posteriormente en la fase de evaluación, una vez implementada la metodología basada en el enfoque STEM.

Análisis del Factor de Concentración (C):

El análisis del Factor de Concentración (C), propuesto por Bao y Redish (2001), fue aplicado como parte del procesamiento de los resultados obtenidos en la prueba diagnóstica estandarizada de selección múltiple, con el fin de profundizar en la caracterización del nivel de comprensión conceptual de los estudiantes en relación con los contenidos matemáticos abordados.

Este factor permite identificar la tendencia de los estudiantes a seleccionar de manera reiterada una o pocas opciones de respuesta, lo cual proporciona indicios sobre la claridad o confusión conceptual con la que enfrentan los ítems evaluativos. En esta fase

diagnóstica, se calculó el valor del Factor de Concentración para cada pregunta del instrumento y se estimó el promedio general del grupo, permitiendo detectar posibles patrones de respuesta y niveles de concentración que orientan la toma de decisiones pedagógicas para la intervención futura. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 11, donde se detallan los valores de concentración por ítem y el promedio global correspondiente al grupo participante.

Tabla 11.

Concentración de los grupos experimental y control pre y post la intervención.

PREGUNTAS	CONCENTRACIÓN			
	PRE STEM	POS STEM	PRE CONTROL	POS CONTROL
P1	0,04	0,847	0,094	0,495
P2	0,058	1	0,002	0,433
P3	0,058	0,922	0,009	0,634
P4	0,002	0,778	0,1	0,618
P5	0,002	0,843	0,117	0,549
P6	0,242	0,769	0,046	0,388
P7	0,002	0,71	0,009	0,287
P8	0,052	0,626	0,009	0,331
P9	0,064	0,626	0,064	0,473
P10	0,064	0,843	0,292	0,168
PROMEDIOS	0,059	0,796	0,074	0,438

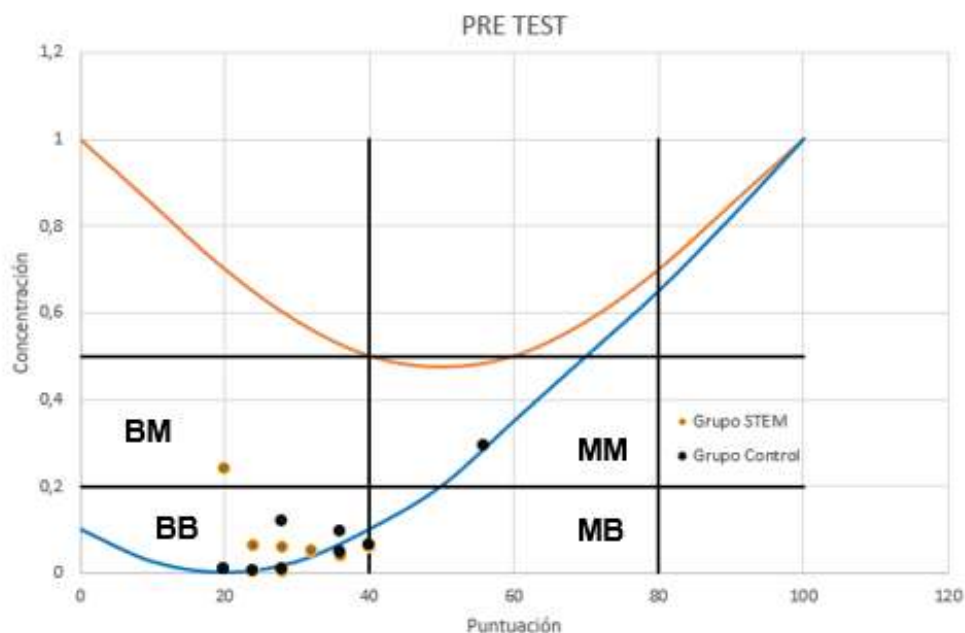
Nota: Creación propia usando el Software de Excel

La Tabla 11, muestra los valores de concentración (C) para cada pregunta y el promedio general, tanto para el grupo experimental STEM como para el grupo de control, en las fases pre y post intervención.

En el grafico 2, se muestra la relación entre la puntuación y la concentración (PC) en la fase diagnóstica, correspondiente al primer cuestionario. El grafico PC en el pre test se evidencia que en la fase pre intervención, ambos grupos mostraron una concentración baja (B), con promedios de 0.059 para el grupo STEM y 0.074 para el grupo de control. Esto sugiere que, al inicio del estudio, los estudiantes de ambos grupos tenían una distribución de respuestas relativamente uniforme, lo que podría indicar una falta de claridad en los conceptos evaluados.

Figura 8.

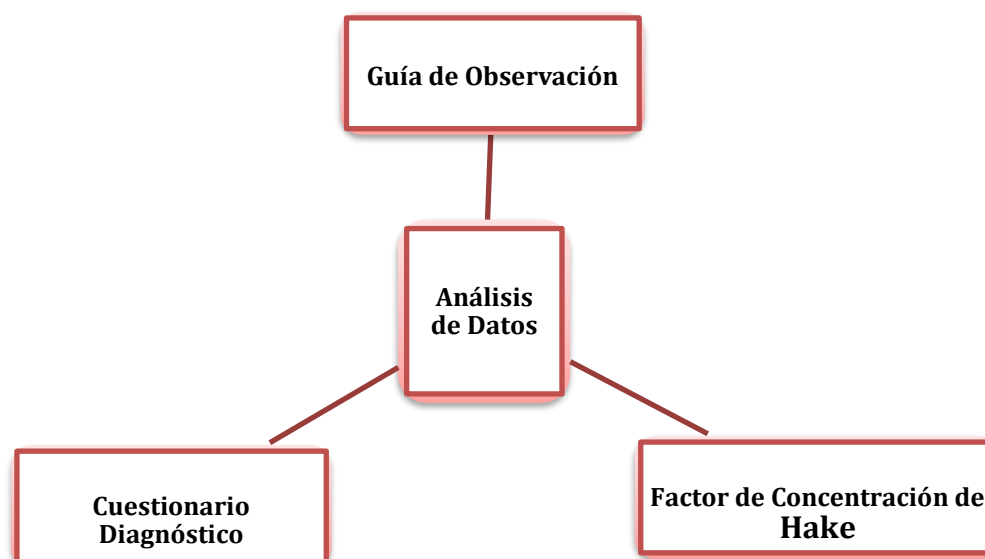
Diagrama de dispersión PC pre la intervención



Nota: Creación propia usando el software Excel.

Triangulación de Datos y Análisis Integrado:

La triangulación metodológica aplicada a los resultados del grupo experimental (STEM) permitió establecer una visión integral del estado inicial de los estudiantes en relación con el pensamiento matemático y computacional, antes de implementar la metodología innovadora basada en el enfoque STEM. Esta triangulación se llevó a cabo con base en tres fuentes complementarias de información: el cuestionario diagnóstico, la guía de observación y el índice de concentración de Hake.

Figura 9.*Triangulación de datos en la Investigación***Nota:** Creación propia

1. Cuestionario diagnóstico

El análisis estadístico del cuestionario reveló que un 70% de los estudiantes obtuvo puntuaciones inferiores al nivel básico esperado, presentando limitaciones en:

- Interpretación de problemas matemáticos contextualizados.
- Aplicación de procedimientos lógicos.
- Identificación de patrones y relaciones funcionales.

La baja puntuación sugiere una comprensión superficial de los conceptos evaluados, así como dificultades para transferir conocimientos a contextos prácticos.

2. Guía de observación

La información registrada mediante la guía de observación aplicada durante las sesiones de clase permitió identificar algunos comportamientos y dificultades recurrentes en los estudiantes frente al aprendizaje de las matemáticas. A partir del registro sistemático

de las observaciones realizadas en el aula, se identificaron los siguientes aspectos relevantes que respaldan los resultados obtenidos en la prueba diagnóstica:

- El 75% de los estudiantes presentó dificultades para interpretar adecuadamente los enunciados de los problemas matemáticos.
- El 80% de los estudiantes evidenció dificultades para descomponer problemas complejos en pasos manejables.
- El 85% de los estudiantes mostró limitaciones en los procesos de abstracción, lo que dificultó la formulación simbólica o algorítmica de las soluciones.
- Se observaron actitudes de desmotivación y evasión frente a problemas no rutinarios, lo cual afectó la participación activa y el desarrollo de procesos de aprendizaje autónomo.

Estos resultados permitieron complementar la información obtenida en la fase diagnóstica y evidenciar la necesidad de implementar estrategias pedagógicas que favorezcan el desarrollo del razonamiento matemático y del pensamiento computacional en los estudiantes.

3. Índice de concentración de Hake

El análisis del índice de concentración para el grupo STEM arrojó valores bajos en el pre test, con un promedio de 0.059, lo que indica que las respuestas no solo fueron incorrectas, sino también inconsistentes y poco estructuradas. La mayoría de los estudiantes se ubicó en los cuadrantes BB (bajo puntaje y baja concentración) y BM (bajo puntaje y media concentración), tal como se evidenció en la figura de concentración vs puntuación. Esto sugiere una falta de estrategias cognitivas estables para resolver problemas matemáticos.

Tabla 12.

Matriz de Triangulación de datos diagnóstico.

Dimensión analizada	Cuestionario	Observación	Índice de concentración
Comprensión de problemas	Bajo rendimiento	Dificultad frecuente	Baja concentración (0.059 promedio)

Pensamiento computacional	Limitado	Débil descomposición y abstracción	Reflejado en respuestas inconsistentes
Estrategias de resolución	No estructuradas	Ausencia de planificación	Dispersión en el patrón de respuestas
Actitud frente al aprendizaje	Baja motivación	Poca participación	Ubicación en zona BB del gráfico

Nota: Creación propia usando el Software de Excel

Los datos recolectados desde tres enfoques metodológicos convergen en una misma dirección: los estudiantes del grupo STEM, antes de la intervención, presentaban serias dificultades en la comprensión matemática, el pensamiento computacional y el uso de estrategias para resolver problemas. Además, se evidenció una baja concentración cognitiva, según el índice de Hake, lo que reafirma la ausencia de estructura en sus procesos de pensamiento.

Estos hallazgos justifican la pertinencia de implementar una metodología innovadora basada en el enfoque STEM, que articule el desarrollo de competencias matemáticas, computacionales y actitudinales a través de experiencias de aprendizaje contextualizadas, colaborativas y orientadas a la resolución de problemas reales.

CAPÍTULO 4: Propuesta De Transformación

Este capítulo presenta la propuesta de la investigación titulada Metodología innovadora basada en el enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED

La propuesta metodológica que emerge de esta investigación se configura como un resultado propositivo con valor teórico y práctico, que transforma el objeto de estudio al redefinir las vías para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la educación media, posicionando al enfoque STEM con pensamiento computacional como eje articulador del cambio pedagógico en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de Educación Media del Colegio Cundinamarca IED. En esta fase se describe otros aspectos del trabajo de campo realizado, la aplicación de los instrumentos diseñados, el procesamiento de la información obtenida y el análisis de los resultados.

La finalidad es evidenciar el impacto de la propuesta metodológica en el aprendizaje matemático, especialmente en la comprensión de conceptos clave y el fortalecimiento de habilidades de pensamiento lógico y computacional. El análisis de los resultados obtenidos en la investigación, contrastados con las conclusiones del estudio teórico referencial, permitió identificar vacíos significativos en los enfoques tradicionales de enseñanza de las matemáticas durante el proceso escolar, especialmente en lo relacionado con el desarrollo del pensamiento lógico, la comprensión conceptual y la capacidad de resolver problemas contextualizados por parte de los estudiantes. Esto refleja una desconexión entre los contenidos matemáticos del plan de área y syllabus para la educación media con las necesidades cognitivas, sociales y tecnológicas de los estudiantes del Colegio Cundinamarca IED.

Los resultados empíricos evidencian que, antes de la implementación de la metodología innovadora, los estudiantes mostraban dificultades para aplicar conceptos matemáticos a situaciones reales, escasa motivación hacia el área y un bajo nivel de autonomía en la resolución de problemas. Sin embargo, tras la intervención pedagógica

basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional, se observaron mejoras significativas en la participación activa, el uso de estrategias algorítmicas, la formulación de soluciones creativas y el trabajo colaborativo.

Estas transformaciones en el comportamiento y desempeño académico de los estudiantes no solo ratifican la pertinencia de la propuesta, sino que revelan su carácter necesario para resolver el problema identificado: la limitada capacidad de los estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED para aplicar las matemáticas de forma comprensiva, crítica y contextualizada.

En coherencia con los referentes teóricos, esta investigación evidencia que la aplicación del enfoque STEM cuando se adapta al contexto y se integra con el pensamiento computacional se convierte en una herramienta poderosa para articular saberes, fomentar habilidades del siglo XXI y resignificar el aprendizaje matemático en la educación media. Es así como la propuesta de transformación como una respuesta científica a una problemática real, que no solo busca mejorar indicadores de rendimiento académico, sino también promover una educación matemática más significativa, interdisciplinaria e inclusiva.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, sustentado en una metodología de tipo cuasi experimental con diseño pretest–posttest y grupo control. A partir de este diseño se obtuvieron resultados significativos en relación con la implementación de una metodología innovadora basada en el enfoque STEM aplicada al grupo experimental. La evaluación de la intervención se realizó mediante el análisis de los datos obtenidos en las pruebas diagnósticas y finales, utilizando procedimientos estadísticos como pruebas de hipótesis, el índice de ganancia de aprendizaje de Hake y el factor de concentración, lo que permitió evidenciar de manera objetiva la efectividad de la metodología en el fortalecimiento del aprendizaje matemático y el desarrollo del pensamiento computacional en los estudiantes.

Los resultados teóricos emergen del diálogo entre el marco teórico y los hallazgos empíricos, permitiendo enriquecer la comprensión del objeto de estudio:

- Reconceptualización del pensamiento computacional como una competencia transversal al aprendizaje matemático, validando su potencial para mejorar la resolución de problemas en temáticas como proporcionalidad y racionales.
- Reformulación del modelo STEM en clave educativa pública, demostrando que su implementación es factible aun con recursos limitados, siempre que se contextualice adecuadamente el enfoque.
- Validación empírica de que el aprendizaje significativo en matemáticas puede ser potenciado mediante el uso de metodologías interdisciplinarias activas, como se evidenció en el grupo experimental con índices de ganancia superiores al grupo control, según el análisis de Hake.

En relación a los resultados prácticos reflejan el impacto directo de la propuesta en el aula, transformando las prácticas pedagógicas y el aprendizaje:

- Diseño e implementación de una metodología innovadora STEM, con sesiones estructuradas que integran pensamiento computacional, resolución de problemas reales y contenidos del currículo de matemáticas.
- Incremento significativo en los niveles de comprensión del grupo experimental, validado a través del índice de ganancia de Hake (g), que superó el umbral de mejora media-alta ($>0,4$), frente al bajo desempeño del grupo control.
- Mejora en la coherencia de las respuestas del grupo experimental, evidenciada mediante el análisis del factor de concentración, el cual mostró mayor enfoque y precisión en la selección de respuestas correctas tras la intervención.

Este conjunto de resultados vincula el plano conceptual con la praxis investigativa, generando herramientas replicables para otros estudios o contextos:

- Diseño de una secuencia didáctica validada empíricamente, que puede ser adoptada o adaptada por otros docentes, estructurada en 12 semanas de actividades interdisciplinarias basadas en retos.

- Aplicación de instrumentos cuantitativos de evaluación (cuestionarios pre y post, rúbricas, escalas), por medio de la incorporación del análisis de Hake y del factor de concentración como métodos efectivos para evaluar la ganancia de aprendizaje y el enfoque conceptual de los estudiantes en investigaciones educativas, lo cual constituye un aporte metodológico al campo.

4.1. Fundamentación de propuesta de transformación

La propuesta de transformación que se presenta en esta investigación se sustenta en los fundamentos teóricos que establecen la relación entre el enfoque STEM, el desarrollo del pensamiento computacional y la mejora del aprendizaje de las matemáticas. Estos referentes han sido abordados por autores como Wing (2006), Bybee (2010) y Bers et al. (2014), quienes destacan que la integración de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en un marco interdisciplinario fomenta el desarrollo de habilidades cognitivas, creativas y resolutivas en los estudiantes.

Teniendo en cuenta que, el análisis de los resultados obtenidos en esta investigación, a través del índice de ganancia de Hake y el factor de concentración, evidenció que la aplicación directa de modelos STEM estandarizados no es suficiente para lograr una transformación efectiva en contextos de educación pública con recursos limitados. Fue necesario modificar y contextualizar dichos fundamentos para adaptarlos a las características y necesidades del entorno, incorporando como elemento central el pensamiento computacional y diseñando estrategias pedagógicas que optimizan el uso de los recursos disponibles.

Esta adaptación constituye un aporte a la teoría educativa, al proponer una nueva representación del enfoque STEM en la que el pensamiento computacional actúa como eje transversal y catalizador del aprendizaje matemático. En esta versión contextualizada, la metodología combina actividades de resolución de problemas reales, programación visual y trabajo colaborativo, alineadas con los contenidos curriculares correspondientes a la educación media del Colegio Cundinamarca IED, pero diseñadas para que los estudiantes puedan aplicarlos a su vida cotidiana.

Asimismo, la contribución teórica se concreta en la relación validada empíricamente entre la integración STEM-pensamiento computacional y el incremento significativo en la ganancia de aprendizaje y la coherencia conceptual de los estudiantes, demostrada mediante indicadores cuantitativos (índice de Hake $> 0,4$). Esta evidencia respalda la ruta metodológica propuesta y justifica su pertinencia como vía para la solución del problema científico identificado: la escasa capacidad de los estudiantes del Colegio Cundinamarca IED, para aplicar las matemáticas de forma comprensiva, crítica y contextualizada en relación con los bajos puntajes obtenidos en las pruebas Saber 11 durante los últimos años.

La propuesta se construye como un puente entre teoría y práctica: parte de los sustentos del marco referencial, pero incorpora innovaciones derivadas de la observación y análisis del contexto real, lo que garantiza su viabilidad y efectividad en la transformación del aprendizaje matemático en escenarios de educación media.

4.2. Estructura de la propuesta de transformación

Título de la propuesta:

Metodología innovadora basada en el enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED

Fundamentación teórica-conceptual de la propuesta:

La presente propuesta pedagógica se fundamenta en el enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), entendido como una estrategia educativa que promueve la integración interdisciplinaria de diferentes áreas del conocimiento con el propósito de abordar problemas del mundo real mediante procesos de indagación, diseño y resolución de problemas. De acuerdo con Bybee (2010), el enfoque STEM favorece el

aprendizaje significativo al permitir que los estudiantes relacionen conceptos científicos y matemáticos con situaciones prácticas, desarrollando al mismo tiempo habilidades cognitivas, tecnológicas y colaborativas necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

En el ámbito de la educación matemática, el enfoque STEM ha demostrado ser una alternativa pedagógica que facilita la comprensión de conceptos abstractos a partir de contextos aplicados, promoviendo la construcción activa del conocimiento. De esta manera, el aprendizaje de las matemáticas deja de centrarse exclusivamente en la repetición de procedimientos y se orienta hacia la comprensión conceptual, la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento lógico.

En esta investigación, el enfoque STEM se articula con el pensamiento computacional, concepto introducido por Wing (2006), quien lo define como una forma de pensar orientada a la resolución de problemas mediante procesos como la descomposición, la abstracción, el reconocimiento de patrones y el diseño de algoritmos. Estas habilidades cognitivas permiten estructurar problemas complejos en partes manejables y construir soluciones sistemáticas, lo cual resulta especialmente pertinente en el aprendizaje de las matemáticas. Posteriormente, Bers et al. (2014) ampliaron esta perspectiva al destacar el papel del pensamiento computacional en contextos educativos, señalando que su integración en el aula favorece el desarrollo del razonamiento lógico, la creatividad y la capacidad de resolver problemas de manera estructurada.

A partir de estos fundamentos teóricos, la propuesta metodológica se orienta a integrar el enfoque STEM y el pensamiento computacional en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la educación media. Esta integración busca generar experiencias de aprendizaje más dinámicas y contextualizadas, en las que los estudiantes puedan aplicar conceptos matemáticos a situaciones reales mediante el uso de herramientas tecnológicas, actividades de resolución de problemas y estrategias propias del aprendizaje basado en proyectos.

La propuesta fue diseñada considerando las características del contexto educativo del Colegio Cundinamarca IED, institución pública ubicada en la ciudad de Bogotá, donde se identificó la necesidad de fortalecer los procesos de aprendizaje de las matemáticas mediante metodologías activas que favorezcan la participación de los estudiantes y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores. En este sentido, la metodología propuesta busca promover el desarrollo del razonamiento matemático y el pensamiento computacional a través de actividades interdisciplinarias que integran la tecnología, la ingeniería y la resolución de problemas matemáticos.

Para evaluar el alcance de la propuesta, se empleó un diseño cuasi experimental con grupo control y grupo experimental, lo cual permitió analizar los cambios en el aprendizaje de los estudiantes a partir de la comparación de los resultados obtenidos antes y después de la implementación de la metodología. El análisis de los resultados se realizó mediante indicadores cuantitativos como el índice de ganancia de aprendizaje de Hake, que permite estimar la magnitud del aprendizaje alcanzado, y el factor de concentración, utilizado para analizar la coherencia conceptual en las respuestas de los estudiantes.

De esta manera, la propuesta metodológica se sustenta en la integración del enfoque STEM y el pensamiento computacional como estrategias pedagógicas que contribuyen al fortalecimiento del aprendizaje de las matemáticas, promoviendo no solo el desarrollo de habilidades procedimentales, sino también la comprensión conceptual y el razonamiento lógico necesario para la resolución de problemas.

Objetivo general de la propuesta

Promover el aprendizaje de las matemáticas mediante una metodología innovadora basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional, que favorezca el desarrollo del razonamiento matemático y mejore el rendimiento académico de estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED.

Objetivos específicos de la propuesta

1. Diseñar una metodología STEM que integre el pensamiento computacional en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en educación media del Colegio Cundinamarca IED.
2. Implementar una metodología STEM con integración del pensamiento computacional en la enseñanza de las matemáticas.
3. Medir el impacto de la metodología en el rendimiento académico mediante el índice de ganancia de Hake.
4. Analizar los cambios en el razonamiento y la coherencia conceptual de los estudiantes a través del factor de concentración, comparando resultados obtenidos tanto en el grupo control como en el experimental.

Representación teórica y/o práctica de la propuesta

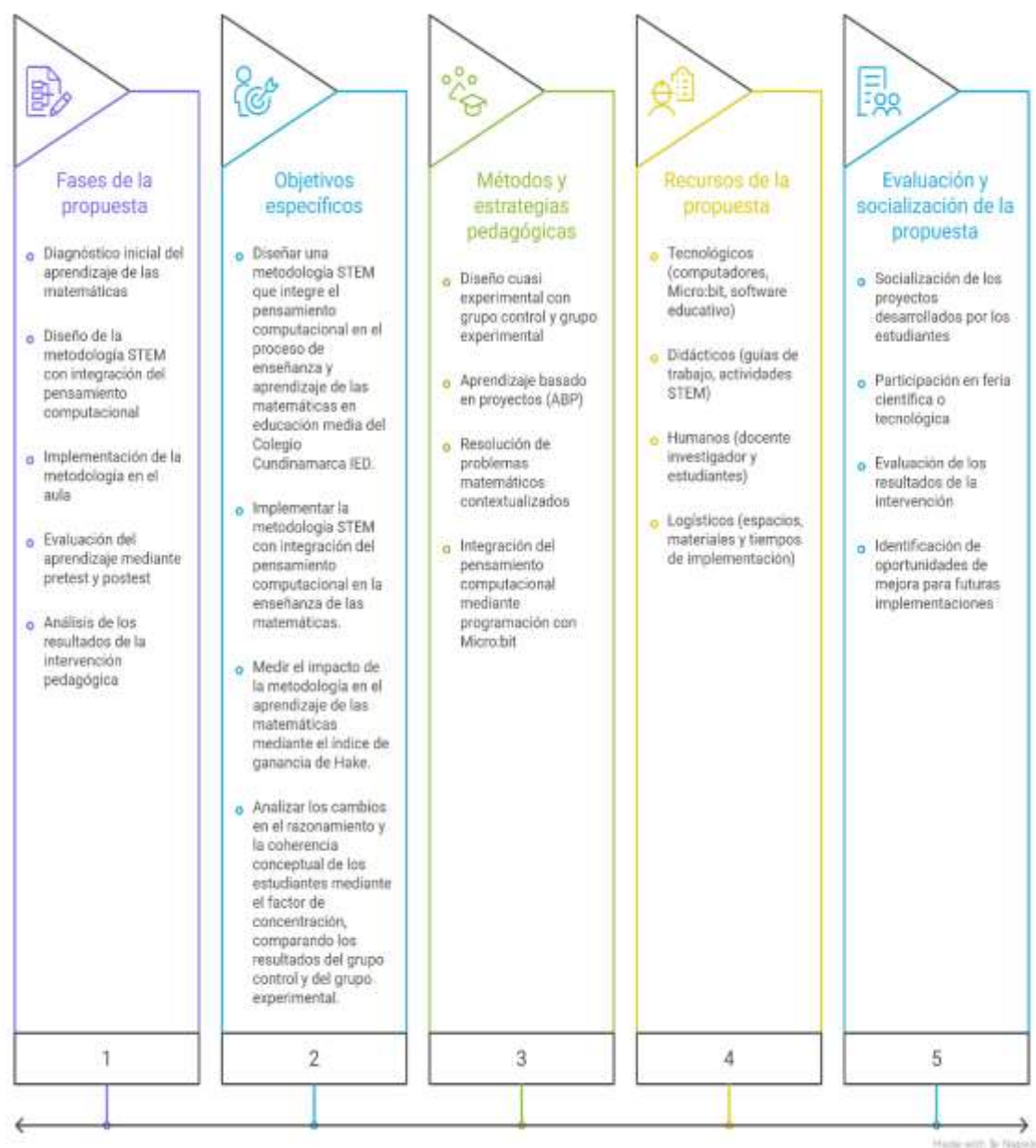
La siguiente representación gráfica sintetiza de manera integral el desarrollo de la propuesta metodológica, permitiendo visualizar de forma secuencial, organizada y comprensible los elementos clave que la estructuran. En primer lugar, se presenta la fundamentación teórica que sustenta la investigación, junto con los objetivos que orientan su propósito y direccionan cada una de las acciones planteadas. A partir de esta base, se despliegan las diferentes fases del proceso metodológico, iniciando con un diagnóstico inicial que permite identificar las necesidades, características del contexto y nivel de desempeño de los estudiantes. Posteriormente, se aborda la fase de diseño y planificación, en la cual se estructuran las estrategias, actividades y recursos didácticos acordes al aprendizaje de las matemáticas por medio del enfoque STEM.

Seguidamente, se desarrolla la implementación de la propuesta en el Colegio Cundinamarca IED, garantizando la articulación entre los elementos teóricos y prácticos. Una vez ejecutadas las acciones, se lleva a cabo la evaluación post intervención, orientada a valorar los resultados obtenidos en función de los objetivos planteados. Finalmente, se realiza el análisis del impacto, el cual permite interpretar los efectos de la propuesta en el aprendizaje de los estudiantes, así como identificar logros, dificultades y

oportunidades de mejora, consolidando así una visión reflexiva y crítica del proceso investigativo.

Figura 10

Propuesta transformadora: Metodología innovadora basada en el enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED

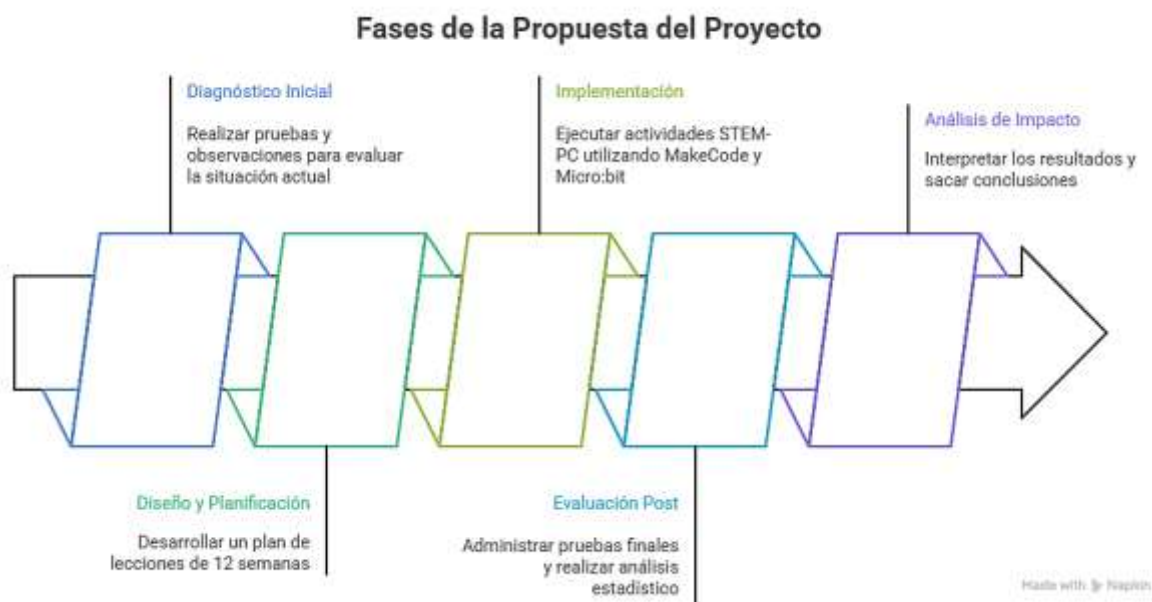


Nota: Elaboración propia por medio de Napkin

Fases y/o etapas

Figura 11.

Fases de la propuesta transformadora basada en el enfoque STEM en el Colegio Cundinamarca IED



Nota: Elaboración propia por medio de Napkin

Fase 1: Diagnóstico inicial

Objetivo: Identificar el nivel de conocimientos previos, habilidades de razonamiento lógico-matemático y competencias de pensamiento computacional de los estudiantes, para establecer una línea base de comparación.

Acciones:

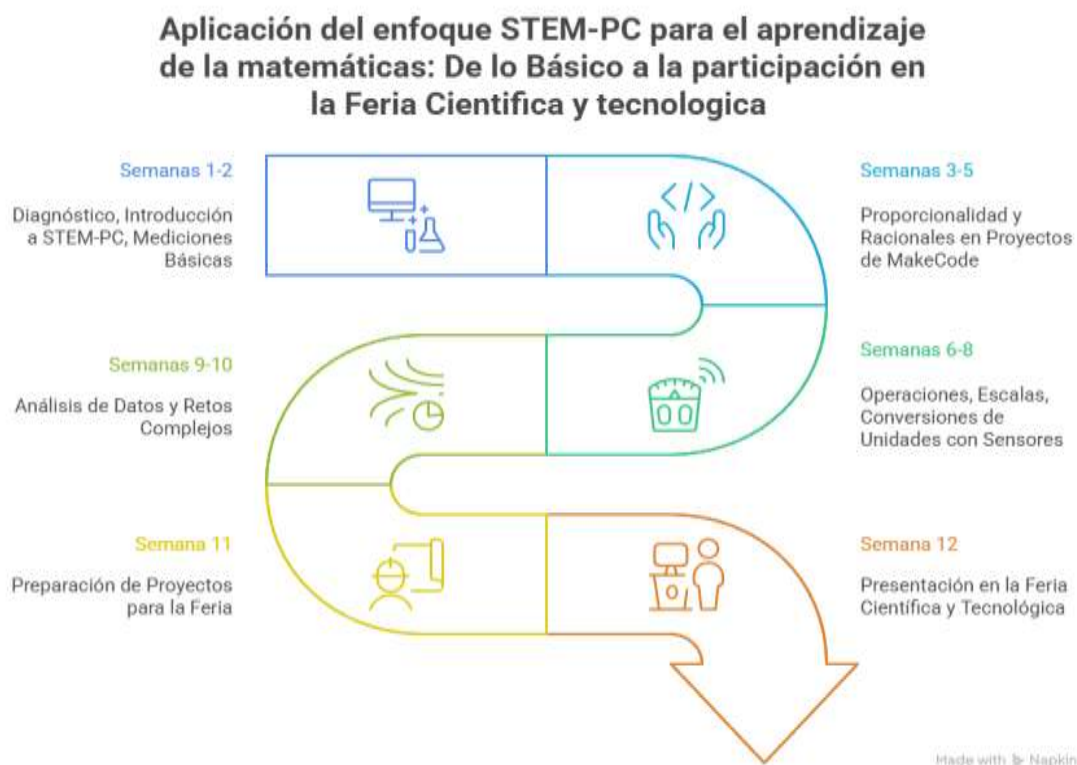
- Aplicación de una prueba diagnóstica (pretest) a grupo control y experimental con ítems de pensamiento lógico, representación de la información, modelación matemática y pensamiento computacional.
- Uso de una rúbrica de pensamiento computacional para evaluar habilidades como descomposición y abstracción.
- Observación inicial del trabajo en equipo y la actitud hacia las matemáticas.
- Registro de datos para análisis estadístico inicial.

Diseño y planificación: creación de la secuencia didáctica STEM-PC contextualizada, con énfasis en pensamiento lógico- matemático y pensamiento computacional.

Fase 2: Diseño y planificación de la intervención

Figura 12.

Diseño y aplicación de la metodología innovadora basada en el enfoque STEM.



Nota: Elaboración propia por medio de Napkin

Objetivo: Elaborar una secuencia didáctica de 12 semanas que integre el enfoque STEM con el pensamiento computacional, contextualizada al entorno de los estudiantes.

Acciones:

- Definición de contenidos: proporcionalidad, números racionales y su aplicación en contextos reales.
- Selección de retos interdisciplinarios vinculados a ciencia, tecnología e ingeniería.

- Planificación de actividades de programación en MakeCode para modelar problemas.
- Diseño de instrumentos de evaluación continua: listas de chequeo, rúbricas, diarios de clase.
- Elaboración de cronograma semanal.

Tabla 13.

Diseño y planificación de las 12 semanas de intervención en el aula integrando el enfoque STEM con el pensamiento computacional y el desarrollo y aprendizaje de las matemáticas.

Semana	Contenido Matemático	Actividad STEM-PC (MakeCode + Micro: bit)	Producto Esperado	Evaluación
1	Diagnóstico y presentación del reto	Presentación de la metodología STEM-PC y exploración inicial de MicroBit	Mapa conceptual inicial + registro de expectativas	Observación y pretest
2	Concepto de proporcionalidad	Configuración básica de MicroBit para mediciones de tiempo y conteo	Tabla de datos de un experimento sencillo	Lista de chequeo
3	Razón y proporción	Programar en MakeCode una calculadora de proporciones	Programa funcional en MicroBit	Rúbrica de pensamiento computacional
4	Porcentajes	Proyecto: simulación de un presupuesto en MakeCode	Código que calcula y muestra porcentajes	Evaluación formativa
5	Números racionales	Creación de un juego matemático en MicroBit que use fracciones	Juego ejecutable en la tarjeta	Observación de desempeño
6	Operaciones con racionales	Experimento científico con datos recolectados por sensores de MicroBit	Registro de resultados y cálculos en código	Lista de chequeo
7	Aplicaciones de proporcionalidad	Proyecto: medir y representar escalas usando MicroBit como contador o cronómetro	Plano a escala digital + uso de datos de MicroBit	Rúbrica de producto

8	Conversión de unidades	Programar un conversor de unidades (longitud, tiempo) en MakeCode	Programa ejecutable en MicroBit	Evaluación formativa
9	Análisis de datos	Recolección de datos ambientales (temperatura, luz) con MicroBit y análisis matemático	Gráficos y tablas	Lista de chequeo
10	Resolución de problemas complejos	Proyecto grupal interdisciplinario con MicroBit para un reto del entorno	Prototipo funcional	Coevaluación
11	Preparación de exposición	Ensayo y afinación de prototipos para la feria científica y tecnológica	Presentación estructurada	Rúbrica de comunicación
12	Socialización y cierre	Participación en la feria científica y tecnológica del Colegio Cundinamarca IED	Presentación pública del proyecto + prototipo	Pos-test y análisis Hake + factor de concentración

Nota: Elaboración propia

Fase 3: Implementación en el aula (Grupo experimental)

Objetivo: Ejecutar las actividades planificadas para poner en práctica la metodología STEM-PC y recolectar evidencias de su impacto.

Acciones:

- Desarrollo de las sesiones según la planificación semanal.
- Monitoreo continuo del progreso de los estudiantes.
- Registro de observaciones cuantitativas.
- Retroalimentación constante a los estudiantes.

Fase 4: Evaluación post intervención

Objetivo: Medir los cambios en el rendimiento y razonamiento matemático tras la intervención, comparando con la línea base y el grupo control.

Acciones:

- Aplicación de post test equivalente al diagnóstico inicial.
- Medición del índice de ganancia de Hake.
- Cálculo del factor de concentración.
- Análisis comparativo de resultados entre grupos.

Fase 5: Análisis e interpretación del impacto

Objetivo: Determinar la eficacia de la metodología STEM-PC y su capacidad para mejorar el aprendizaje y el razonamiento matemático.

Acciones:

- Interpretación estadística de los resultados.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones.
- Ajustes propuestos para futuras implementaciones.

Selección de métodos, técnicas e instrumentos

Para el diseño de la propuesta se consideró pertinente la selección de métodos, técnicas e instrumentos que garantizaran su coherencia con los objetivos de la propuesta de investigación y la naturaleza del problema abordado.

En cuanto a los métodos, se plantea el uso del cuasi-experimental con diseño pretest-posttest y grupo control, dado que permite establecer comparaciones entre grupos y prever relaciones causales entre la intervención pedagógica y los posibles cambios en el aprendizaje de los estudiantes. Como soporte teórico, se seleccionó el método hipotético-deductivo, orientado a la formulación de hipótesis y a su futura contrastación empírica, así como el método analítico-sintético, que facilita descomponer el problema en sus componentes esenciales y reconstruirlos en un modelo pedagógico coherente.

Las técnicas, se definieron aquellas que mejor se ajustan a la intencionalidad formativa de la propuesta:

- **Aprendizaje basado en proyectos (ABP):** favorece la investigación, la creatividad y la aplicación de conceptos matemáticos en retos reales.
- **Resolución de problemas contextualizados:** vincula los contenidos de proporcionalidad y números racionales con situaciones cercanas al contexto de los estudiantes.
- **Programación con dispositivos físicos (MicroBit y MakeCode):** integra la tecnología como medio para modelar procesos matemáticos y fortalecer el pensamiento computacional.

- **Trabajo colaborativo:** fomenta la interacción y el desarrollo de competencias sociales y comunicativas.

En relación con los instrumentos, se seleccionaron los siguientes para respaldar la evaluación futura de la propuesta:

- **Cuestionarios de evaluación pre y post intervención,** con preguntas de selección múltiple para medir el dominio conceptual y procedimental.
- **Registros de observación estructurados,** diseñados para documentar la participación y actitudes frente a las actividades.
- **Escalas de autoevaluación y coevaluación,** con el fin de recoger percepciones sobre el aprendizaje y el trabajo en equipo.
- **Indicadores de análisis cuantitativo,** como el índice de ganancia de Hake y el factor de concentración, que permitirán valorar la magnitud y consistencia del aprendizaje alcanzado.

Recursos necesarios para la aplicación

1) Tecnológicos

- Tarjetas MicroBit (mín. 1 por grupo de estudiantes) con cables USB y baterías/porta pilas
- Computadores (1 por grupo de estudiantes) con navegador actualizado y MakeCode (web u offline); puertos USB habilitados.
- Conectividad estable a internet (sincronización de proyectos y respaldo)

2) Materiales didácticos y de experimentación

- Guías de aprendizaje digitales por semana (12 semanas), tarjetas de reto y hojas de trabajo.
- Kits de medición sencilla según proyectos (cintas métricas, cronómetros del móvil, recipientes, balanzas simples) para levantar datos reales que alimenten los programas.
- Formatos de registro de datos (tablas) para proporcionalidad, racionales y conversiones de unidades.

3) Instrumentos de evaluación (coherentes con el diseño del estudio)

- Pruebas pre y post equivalentes (grupo control y experimental).

- Rúbricas de pensamiento computacional y de productos/prototipos.
- Listas de chequeo de participación y trabajo colaborativo.
- Plantillas de análisis para índice de ganancia de Hake y factor de concentración (hojas de cálculo).

4) Recursos humanos y organización

- Docente-investigadora (coordinación pedagógica y evaluación).
- Apoyo académico (coordinación/tecnología) para logística y feria.

5) Logística, tiempos y espacios

- Cronograma de 12 semanas (4 h/semana) y acceso a aula con mesas tipo taller.
- Almacenamiento de kits etiquetados; control de préstamo y devolución.
- Ensayos de presentación previos a la feria científica y tecnológica (semana 11) y espacio asignado para stands (semana 12).

6) Gestión, ética y seguridad

- Consentimientos informados (uso de datos académicos), resguardo de calificaciones y anónimas para análisis. Los cuales fueron firmados en la hoja de matrícula de los estudiantes del Colegio Cundinamarca IED.
- Normas de seguridad eléctrica y de manipulación de materiales; protocolo ante fallos de dispositivos.
- Plan de contingencia: equipos de reserva, simuladores MakeCode si falla hardware/conectividad.

7) Difusión y cierre

- Plantillas para posters y fichas técnicas del prototipo
- Registro fotográfico y rúbricas de socialización para valorar comunicación científica.

4.3. Valoración/ evaluación / validación de la propuesta de transformación

La propuesta metodológica fue valorada a través de dos enfoques complementarios:

1. Valoración de la pertinencia: Método Delphi

El método Delphi se aplicó en dos rondas para obtener el consenso de **6 expertos** en educación matemática, tecnología educativa y enfoques STEM. La valoración se centró en cinco criterios:

- **Criterio 1 (C1):** Pertinencia.
- **Criterio 2 (C2):** Factibilidad.
- **Criterio 3 (C3):** Aplicabilidad.
- **Criterio 4 (C4):** Novedad y originalidad.
- **Criterio 5 (C5):** Contribución al aprendizaje.

Escala de valoración: 1 = Muy bajo, 5 = Muy alto.

Tabla 14.

Ronda 1 – Resultados

Experto	C1	C2	C3	C4	C5
E1	4	4	3	3	4
E2	3	4	3	3	3
E3	4	3	4	3	3
E4	3	3	3	4	3
E5	4	4	4	3	4
E6	3	3	3	3	3

Nota: Creación propia de acuerdo a los resultados

Resultados de cada experto para cada uno de los criterios evaluados en la propuesta de transformación.

Tabla 15.

Medidas de tendencia central y dispersión (Ronda 1):

Criterio	Mediana	Moda	Rango Intercuartílico
C1	3,5	4	1
C2	3,5	4	1
C3	3,0	3	1
C4	3,0	3	1
C5	3,0	3	1

Nota: Creación propia de acuerdo a los resultados. Resultados estadísticos descriptivos para cada criterio evaluado en la propuesta de transformación.

Índice de concordancia de Kendall (W)

Fórmula:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3-n)} \quad (1)$$

donde:

- $S = \sum_{j=1}^m \left(R_j - \frac{n(m+1)}{2} \right)^2 \quad (2)$
- m = número de jueces (expertos)
- n = número de ítems (criterios)
- R_j = suma de rangos para el ítem j

Al aplicar las ecuaciones 1 y 2 teniendo en cuenta que son 6 expertos, 10 ítems y 5 criterios de evaluación se obtienen los siguientes resultados para la ronda 1:

Resultado Ronda 1: $W = 0,42 \rightarrow$ acuerdo medio. $p < 0,05$.

Interpretación: La propuesta es considerada pertinente, pero con margen de mejora.

Tabla 16.

Ronda 2 – Resultados tras retroalimentación

Experto	C1	C2	C3	C4	C5
E1	5	5	5	4	5
E2	5	5	5	5	5
E3	5	5	5	4	5
E4	4	5	5	5	5
E5	5	5	5	5	5
E6	5	5	5	4	5

Nota: Creación propia de acuerdo a los resultados

Resultados de cada experto para cada uno de los criterios evaluados en la propuesta de transformación tras retroalimentación y ajustes de la propuesta

Tabla 17.*Medidas de tendencia central y dispersión (Ronda 2):*

Criterio	Mediana	Moda	Rango Intercuartílico
C1	5	5	0
C2	5	5	0
C3	5	5	0
C4	5	5	1
C5	5	5	0

Nota: Creación propia de acuerdo a los resultados

Resultados estadísticos descriptivos para cada criterio evaluado en la propuesta de transformación tras las retroalimentación y ajustes.

Al aplicar las ecuaciones 1 y 2 teniendo en cuenta que son 6 expertos, 10 ítems y 5 criterios de evaluación se obtienen los siguientes resultados para la ronda 2:

Resultado Ronda 2: $W = 0,92 \rightarrow$ acuerdo muy alto. $p < 0,01$.

Interpretación: Tras la segunda ronda, la propuesta alcanza consenso alto en todos los criterios evaluados.

2. Validación estadística de la propuesta

Pruebas de hipótesis:

Post-Intervención:

Los resultados que se presentan a continuación corresponden al cuestionario aplicado con posterioridad a la intervención. Este instrumento es idéntico al utilizado en la evaluación pre intervención, lo cual permite realizar un análisis estadístico preciso de los cambios ocurridos. Cada una de las tablas subsiguientes representa los resultados obtenidos.

Tabla 18.

Datos del Post-Test en la competencia de Pensamiento Lógico en los grupos experimental y control

OPCIONES DE RESPUESTA	Pensamiento Lógico			
	p1 STEM	p1 Control	p2 STEM	p2 Control
A	20	18	0	4
B	2	0	0	4
C	2	3	25	17
D	1	4	0	0
Concentración	0,6178999	0,4945233	1	0,4333178
Puntuación	80	72	100	68

Nota: Los datos que aparecen en negrilla corresponden a las opciones correctas para cada pregunta.

Las siglas p1 corresponde a la pregunta 1, p2 corresponde a la pregunta 2

Fuente: Elaboración propia usando Excel

En la tabla 18 se observa que, respecto a la puntuación, el grupo STEM alcanzó un promedio del 90 % de respuestas correctas, mientras que el grupo control obtuvo un 70 %, evidenciando una diferencia de 20 puntos porcentuales a favor del experimental. En cuanto a la concentración, el grupo STEM presentó en promedio un valor de 0,809 frente a 0,464 en el control, lo que supone un incremento del 74 % en la coherencia de las respuestas. Estos resultados indican que la propuesta fortaleció significativamente tanto la precisión como la consistencia en el razonamiento lógico.

Tabla 19.

Datos del Post-Test en la competencia de Representación de la Información en los grupos experimental y control

OPCIONES DE RESPUESTA	Representación de la Información			
	p3 STEM	p3 Control	p4 STEM	p4 Control
A	1	4	0	2
B	24	20	22	20
C	0	1	3	2
D	0	0	0	1
Concentración	0,9216659	0,6336462	0,7762883	0,6178999
Puntuación	96	80	88	80

Nota: Los datos que aparecen en negrilla corresponden a las opciones correctas para cada pregunta.

Las siglas p3 corresponde a la pregunta 3, p4 corresponde a la pregunta 4

Fuente: Elaboración propia usando Excel

En la tabla 19, se observa que la puntuación promedio fue del 92 % para el grupo STEM y del 80 % para el control, reflejando una mejora de 12 puntos porcentuales en favor del experimental. En relación a la concentración, los valores fueron 0,849 para STEM y 0,626 para el control, lo que implica un aumento del 35 % en consistencia. Esto confirma que la metodología optimizó la capacidad de los estudiantes para representar, organizar e interpretar información matemática de forma correcta y homogénea.

En relación a la competencia de Modelación matemática, en la tabla 20 se observa que, respecto a la puntuación, el grupo STEM obtuvo un promedio del 88 %, superando ampliamente al grupo control, que alcanzó solo un 46,67 %; la diferencia es de más de 41 puntos porcentuales. En concentración, el grupo STEM logró 0,774, mientras que el control obtuvo 0,408, representando un incremento del 90 % en coherencia. Estos datos sugieren que la intervención tuvo un impacto muy fuerte en la capacidad de los estudiantes para formular y resolver modelos matemáticos, reduciendo la dispersión en sus respuestas.

Tabla 20.

Datos del Post-Test en la competencia de Modelación Matemática en los grupos experimental y control

OPCIONES DE RESPUESTA	Modelación Matemática					
	p5 STEM	p5 Control	p6 STEM	p6 Control	p7 STEM	p7 Control
A	0	2	2	16	0	3
B	23	19	0	0	21	13
C	1	1	1	6	4	9
D	1	3	22	3	0	0
Concentración	0,843475	0,5491933	0,7690676	0,3879481	0,7102047	0,2874782
Puntuación	92	76	88	12	84	52

Nota: Los datos que aparecen en negrilla corresponden a las opciones correctas para cada pregunta.

Las siglas p5 corresponde a la pregunta 5, p6 corresponde a la pregunta 6 y p7 corresponde a la pregunta 6

Fuente: Elaboración propia usando Excel

Tabla 21.

Datos del Post-Test en la competencia de Pensamiento Computacional en los grupos experimental y control

OPCIONES DE RESPUESTA	Pensamiento Computacional					
	p8 STEM	p8 Control	p9 STEM	p9 Control	p10 STEM	p10 Control
A	2	6	3	1	1	10
B	22	4	2	0	0	7
C	1	15	0	17	23	8
D	0	0	20	7	1	0
Concentraci n	0,7690676	0,3314654	0,6257921	0,4729562	0,843475	0,1675616
Puntuaci n	88	16	80	28	92	40

Nota: Los datos que aparecen en negrilla corresponden a las opciones correctas para cada pregunta.

Las siglas p8 corresponde a la pregunta 8, p9 corresponde a la pregunta 9 y p10 corresponde a la pregunta 10

Fuente: Elaboración propia usando Excel

Los resultados relacionados a la competencia de Pensamiento Computacional observados en la tabla 21 se evidencia que respecto a la puntuación del grupo STEM fue del 86,67 %, muy superior al 28 % registrado por el grupo control; esta es la mayor diferencia entre competencias, con un margen de casi 59 puntos porcentuales. En concentración, STEM alcanzó 0,746, frente a 0,324 del control, lo que implica un incremento del 130 % en consistencia. Estos resultados reflejan el impacto decisivo del uso de herramientas tecnológicas como MakeCode y MicroBit para desarrollar habilidades algorítmicas y de resolución secuencial de problemas.

Escala Likert: Percepción de los estudiantes del grupo STEM

En la tabla 22 se dan a conocer el número de estudiantes que seleccionó cada una de las opciones en la escala Likert, cuyo objetivo en la aplicación de este instrumento es conocer la percepción de los estudiantes pertenecientes al grupo STEM sobre el nivel de motivación hacia cada una de las actividades STEM y el interés de seguir explorando este campo, en relación al aprendizaje de las matemáticas.

Este instrumento de recolección de datos consta de 10 preguntas, las cuales fueron dadas a conocer a los estudiantes pertenecientes al grupo experimental o grupo STEM, posterior a la intervención de la metodología innovadora, obteniendo los siguientes resultados: Para ninguna de las preguntas los estudiantes eligieron opciones de desacuerdo.

Tabla 22.

Resultados de la escala Likert

Escala de valoración	Pregunt a 1	Pregunt a 2	Pregunt a 3	Pregunt a 4	Pregunt a 5	Pregunt a 6	Pregunt a 7	Pregunt a 8	Pregunt a 9	Pregunt a 10
Totalmente en desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
En desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De acuerdo	15	16	15	15	15	14	13	13	13	13
Totalmente de acuerdo	10	9	10	10	10	11	12	12	12	12

Nota: Fuente: Elaboración propia usando Excel

Las preguntas trabajadas corresponden a:

1. En mi clase se realizan actividades que integran conocimientos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. El 60% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 40% totalmente de acuerdo.
2. Los proyectos que realizamos en clase me permiten desarrollar habilidades de pensamiento computacional, como la resolución de problemas y el diseño de algoritmos. El 64% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 36% totalmente de acuerdo.
3. Utilizo herramientas tecnológicas de forma regular para aprender matemáticas y ciencias. El 60% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 40% totalmente de acuerdo.

4. Considero que el enfoque STEM me ha ayudado a comprender mejor los conceptos matemáticos. El 60% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 40% totalmente de acuerdo.
5. Me siento motivado/a a participar en actividades STEM en mi tiempo libre. El 60% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 40% totalmente de acuerdo.
6. Creo que el enfoque STEM me prepara mejor para los desafíos del mundo real. El 56% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 44% totalmente de acuerdo.
7. Los proyectos STEM me permiten trabajar en equipo y desarrollar habilidades de comunicación. El 52% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 48% totalmente de acuerdo.
8. Considero que el enfoque STEM es relevante para mi futuro profesional. El 52% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 48% totalmente de acuerdo.
9. Mi profesor/a me brinda suficiente apoyo para desarrollar proyectos STEM. El 52% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 48% totalmente de acuerdo.
10. Los recursos disponibles en mi escuela son adecuados para llevar a cabo actividades STEM. El 52% de los estudiantes manifiesta estar de acuerdo y el 48% totalmente de acuerdo.

Guía de Observación.

La guía de observación se estructuró en tres dimensiones fundamentales: planificación, implementación y aprendizaje. Cada una de las tablas que se presentan a continuación detalla los resultados obtenidos en cada una de estas dimensiones, categorizando las respuestas proporcionadas por los tres docentes observadores durante el proceso de evaluación.

Análisis de fiabilidad

La guía fue aplicada por tres observadores independientes en 10 categorías distribuidas en tres dimensiones: planificación, implementación y aprendizaje. Se

calculó el coeficiente de correlación intraclase (ICC) mediante un modelo de dos vías de efectos mixtos y acuerdo absoluto, obteniéndose un valor de ICC = 0.97

Este resultado indica un nivel de acuerdo bueno entre los observadores, evidenciando consistencia y estabilidad en las valoraciones registradas con la guía.

Tabla 23.

Tabla de Coeficiente de correlación para los resultados de los tres observadores

Coeficiente de correlación intraclase							
	Correlación intraclase ^b			Prueba F con valor verdadero 0			
				Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,979 ^a	0,600	0,996	3446,147	9	18	0,000
Medidas promedio	,993 ^c	0,818	0,999	3446,147	9	18	0,000

Nota: Fuente, Creación propia 2025, SPSS

Para determinar la consistencia entre los tres observadores que aplicaron la guía de observación, se calculó el Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC) mediante un modelo de dos vías de efectos mixtos y acuerdo absoluto.

Los resultados evidencian un alto nivel de fiabilidad, con un valor de ICC (medidas únicas) = 0.979 e ICC (medidas promedio) = 0.993, ambos estadísticamente significativos ($p < 0.001$).

De acuerdo con los criterios de Koo y Li (2016), estos valores corresponden a una fiabilidad excelente, lo cual indica un elevado grado de concordancia entre los observadores y demuestra que la guía es consistente, objetiva y estable para evaluar las dimensiones observadas: planificación, implementación y aprendizaje.

Tabla 24.*Resultados de los tres Observadores con el resultado promedio*

Dimensión	Categoría (ítem)	Porcentaje promedio	Observador 1	Observador 2	Observador 3
Planificación	Claridad de los objetivos de aprendizaje	80%	81	78	80
	Articulación con el currículo	65%	66	63	64
	Diversidad de actividades	90%	91	88	89
Implementación	Uso de materiales y recursos	80%	82	78	80
	Organización del aula	60%	62	58	59
	Interacción docente-estudiante	70%	72	68	70
	Colaboración entre estudiantes	95%	96	93	94
Aprendizaje	Evidencias de aprendizaje	95%	97	94	95
	Desarrollo de habilidades	80%	82	78	80
	Actitud hacia la ciencia	75%	76	73	74

Nota: Creación propia 2025

En la tabla 24 se observa los resultados del proceso de observación realizado durante la implementación de la metodología innovadora basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional. En ella se analizan tres dimensiones fundamentales del proceso pedagógico: Planificación, Implementación y Aprendizaje, evaluadas a partir de diez ítems que permitieron identificar el nivel de evidencia de la propuesta en el aula. Los datos corresponden al promedio de las clases observadas por tres observadores independientes, con el propósito de garantizar la fiabilidad de la información recolectada.

En la dimensión de Planificación, se evidencia un alto nivel de cumplimiento en la *claridad de los objetivos de aprendizaje* (80%) y una excelente *diversidad de actividades* (90%), lo que refleja una adecuada estructuración de las sesiones y la incorporación de estrategias variadas. No obstante, la *articulación con el currículo* presenta un valor inferior (65%), lo que sugiere la necesidad de fortalecer la coherencia entre las metas curriculares institucionales y las actividades propuestas.

Respecto a la Implementación, los resultados muestran desempeños favorables en el *uso de materiales y recursos* (80%) y la *interacción docente-estudiante* (70%), evidenciando una dinámica participativa y el aprovechamiento de recursos tecnológicos y didácticos. Sin embargo, se observan valores más bajos en *organización del aula* (60%), lo cual indica posibles dificultades en la distribución del espacio o en la gestión del tiempo durante la clase. La *colaboración entre estudiantes* alcanzó el porcentaje más alto de la dimensión (95%), lo que denota un ambiente de trabajo cooperativo y un fortalecimiento de las competencias sociales y comunicativas promovidas por el enfoque STEM.

En la última dimensión evaluada, se tiene la de Aprendizaje, los indicadores reportan niveles muy altos de evidencia: *Evidencias de aprendizaje* (95%), *Desarrollo de habilidades* (80%) y *Actitud hacia la ciencia* (75%). Estos resultados reflejan que la metodología favoreció procesos de aprendizaje significativos, promovió la adquisición de competencias matemáticas y científicas, y estimuló una actitud positiva hacia la exploración y la resolución de problemas.

Escala Likert sobre Evaluación de Pensamiento Computacional y Matemático con enfoque STEM

Se administró a los estudiantes el instrumento final de recolección de datos con el propósito de indagar sus percepciones en relación con los aprendizajes asociados al pensamiento lógico-matemático y al pensamiento computacional, desarrollados a través de la metodología implementada. Adicionalmente, se exploró su valoración respecto al uso de las diversas herramientas y plataformas educativas integradas en el proceso de investigación.

Tabla 25.*Resultado de la escala Likert en la dimensión de Integración STEM*

INTEGRACIÓN STEM				Alfa de Cronbach
Escala	Conceptos	Práctica	Trabajo colaborativo	
Nada	0	0	0	0,74
Bajo	0	0	0	
Medio	0	0	0	
Alto	7	8	7	
Muy alto	18	17	18	
PROMEDIOS	4,72	4,68	4,72	

Nota: Creación propia usando el Software SPSS.

El alfa de Cronbach ($\alpha = 0.74$) indica una buena consistencia interna, lo que demuestra que los tres ítems están midiendo un mismo constructo relacionado con la apropiación de actividades STEM en el aula.

Los resultados muestran un alto nivel de aceptación de los componentes STEM integrados en la metodología por parte de los estudiantes del grupo experimental. Los estudiantes evaluaron positivamente los conceptos (4.72), las actividades prácticas (4.68) y el trabajo colaborativo (4.72). Estos valores reflejan que la metodología logró conectar teoría, práctica y colaboración de manera efectiva.

Tabla 26.*Resultado de la escala Likert en la dimensión Pensamiento Computacional*

PESAMIENTO COMPUTACIONAL				Alfa de Cronbach
Escala	Problemas	Algoritmos	Creatividad	
Nada	0	0	0	0,75
Bajo	0	0	0	
Medio	0	0	0	
Alto	7	9	7	
Muy alto	18	16	18	
PROMEDIOS	4,72	4,64	4,76	

Nota: Creación propia usando el Software SPSS.

En la tabla 26 de evidencia que los estudiantes reportaron percepciones altamente favorables en la resolución de problemas (4.72), en el uso de algoritmos (4.64) y en la creatividad (4.76). El coeficiente de fiabilidad ($\alpha = 0.75$) confirma una excelente cohesión entre los ítems, indicando que los procesos de pensamiento computacional fueron experimentados de manera integrada y coherente.

Tabla 27.

Resultado de la escala Likert en la dimensión Motivación

MOTIVACIÓN				Alfa de Cronbach
Escala	Atractiva	Curioso	Experimentación	
Nada	0	0	0	0,67
Bajo	0	0	0	
Medio	0	0	0	
Alto	3	4	8	
Muy alto	22	21	17	
PROMEDIOS	4,88	4,80	4,68	

Nota: Creación propia usando el Software SPSS.

Los resultados revelan que la propuesta pedagógica impactó positivamente el interés, la disposición y el vínculo emocional de los estudiantes hacia el aprendizaje; siendo esta una de las dimensiones más fuertes de toda la escala y en especial de la aplicación de la metodología innovadora, teniendo como resultado que los estudiantes valoran la metodología como atractiva (4.88), generadora de curiosidad (4.80) y promotora de experimentación (4.68). El alfa de Cronbach obtenido ($\alpha = 0.67$) se encuentra por encima del umbral aceptable, indicando una buena consistencia interna.

Tabla 28.

Resultado de la escala Likert en la dimensión Accesibilidad

ACCESIBILIDAD				Alfa de Cronbach
Escala	Facilidad	Dispositivos	Técnica	

Nada	0	0	0	0,81
Bajo	0	0	0	
Medio	0	0	0	
Alto	6	7	9	
Muy alto	19	18	16	
PROMEDIOS	4,72	4,60	4,68	

Nota: Creación propia usando el Software SPSS.

Los ítems de accesibilidad tecnológica y didáctica evidencian un alto nivel de satisfacción: facilidad de uso (4.72), disponibilidad de dispositivos (4.60) y adecuación técnica (4.68). El coeficiente de fiabilidad, correspondiente al alfa de Cronbach ($\alpha = 0.81$) es uno de los más altos de esta escala, mostrando una muy robusta consistencia interna., indicando que la infraestructura y los recursos utilizados permitieron un acceso fluido y equitativo a las actividades STEM.

Tabla 29.

Resultado de la escala Likert en la dimensión de Alineación

ALINEACIÓN				
Escala	Objetivos	Aula	Niveles de aprendizaje	Alfa de Cronbach
Nada	0	0	0	0,86
Bajo	0	0	0	
Medio	0	0	0	
Alto	7	8	7	
Muy alto	18	17	18	
PROMEDIOS	4,68	4,68	4,72	

Nota: Creación propia usando el Software SPSS.

La tabla 29 evidencia que esta dimensión de alineación presenta resultados sólidos: alineación con objetivos (4.68), coherencia en el aula (4.68) y nivel de complejidad adecuado (4.72). El alfa de Cronbach ($\alpha = 0.86$) es el más alto de todas las dimensiones, lo que indica una excelente fiabilidad. Esta cohesión demuestra que la metodología está bien integrada al currículo, niveles de grado y aprendizaje, además de la dinámica de aula.

4.4 Discusión de los Resultados en la implementación de la propuesta.

En esta sección se presentará la discusión de los resultados, haciendo comparación entre cada uno de los instrumentos aplicados en la investigación. Se realizaron pruebas de hipótesis para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos de comparación. Se calculará la ganancia de aprendizaje de Hake para evaluar el impacto de la metodología STEM en el aprendizaje de las matemáticas. Se analizaron los datos cuantitativos obtenidos de la guía de observación para identificar patrones.

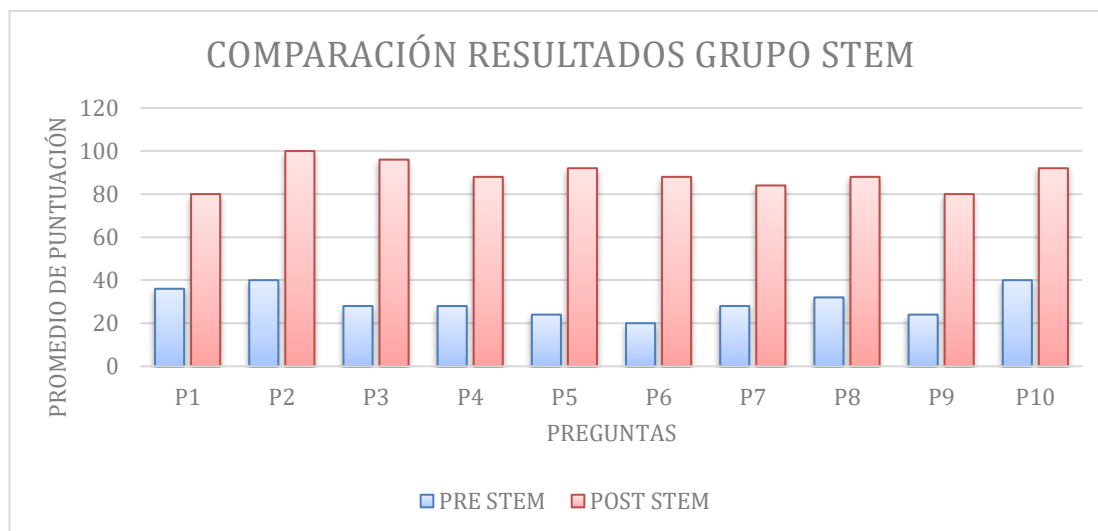
Análisis Estadístico Descriptivo Inicial:

El análisis de los estadísticos descriptivos revela tendencias significativas en el rendimiento de los estudiantes tras la implementación de la metodología STEM.

La figura 13 muestra la comparativa entre los grupos experimental y de control, tanto en sus fases pre como post intervención, dando a conocer un claro patrón de mejora. El grupo experimental, sometido a la metodología STEM, exhibió un incremento notable en sus puntuaciones promedio, pasando de una media de 3.00 en la fase pre intervención (PRESTEM) a 8.04 en la fase post intervención (POSSTEM). Este aumento sustancial indica un impacto positivo de la metodología en el aprendizaje de las matemáticas.

Figura 13.

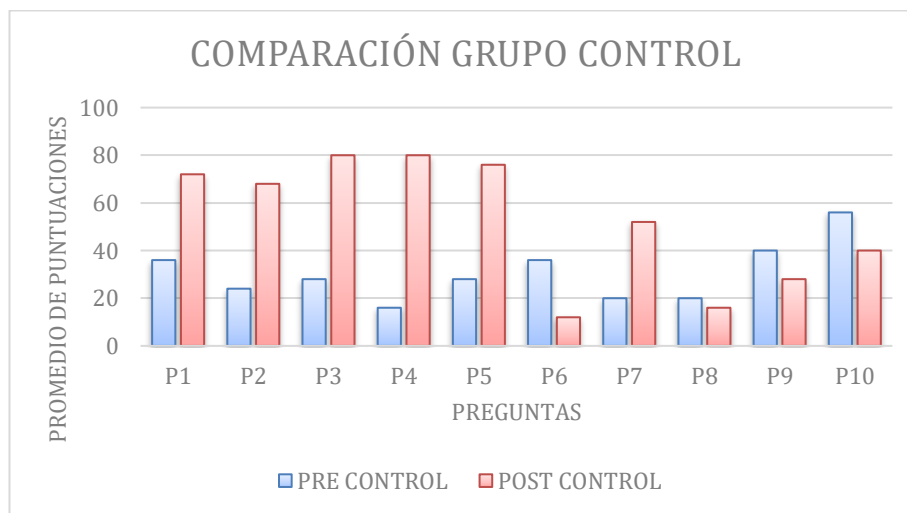
Comparación de los resultados del grupo experimental



Nota: Creación propia (2025)

En contraste, el grupo de control, que no recibió la intervención STEM, también mostró una mejora, pero en menor medida, como se observa en la figura 13. Sus puntuaciones promedio aumentaron de 3.04 (PRECONTROL) a 5.68 (POSCONTROL). Esta diferencia en el incremento de las medias entre ambos grupos sugiere que la metodología STEM tuvo un efecto diferencial significativo en el aprendizaje. Además, la dispersión de las puntuaciones, medida por la desviación estándar, fue relativamente similar entre todos los grupos, lo que indica una homogeneidad en la distribución de los datos.

La evaluación de los valores mínimos y máximos refuerza esta interpretación. En el grupo experimental, las puntuaciones mínimas y máximas experimentaron un aumento considerable, lo que sugiere un desplazamiento generalizado hacia un mejor rendimiento. Por otro lado, el grupo de control mostró un incremento más moderado en estos valores. Los intervalos de confianza al 95% para las medias de los grupos post intervención (POST STEM y POST CONTROL) no se superponen, lo que apoya la conclusión de que existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento entre los grupos.

Figura 14.*Comparación de puntuaciones grupo Control***Nota:** Creación Propia**Pruebas de Hipótesis:**

Para asegurar la validez de las pruebas estadísticas paramétricas, se evaluó la normalidad de la distribución de las puntuaciones en los grupos pre y post intervención, tanto para el grupo experimental como para el grupo de control.

H1: Los datos de las puntuaciones pre y post intervención en ambos grupos (experimental y de control) se ajustarán a una distribución normal, permitiendo el uso de pruebas estadísticas paramétricas.

H01 (hipótesis nula): Los datos de las puntuaciones pre y post intervención en al menos uno de los grupos (experimental o de control) no se ajustarán a una distribución normal, impidiendo el uso de pruebas estadísticas paramétricas.

Tabla 30.*Pruebas de normalidad para las Puntuaciones grupo Control y grupo Experimental.*

Variable	Kolmogorov–Smirnov (K–S)			Shapiro–Wilk (S–W)		
	Estadístico	g l	p	Estadístico	g l	p
PRE STEM		2	.13		2	.05
		5	5		5	9
POS STEM	.153	2	.05	.923	2	.05
PRE	.173	5	3	.921	5	4
CONTROL	.205	2	.00	.922	2	.05
POS	.207	5	8	.938	5	6
CONTROL		2	.00		2	.13
		5	7		5	3

Nota: Fuente, Creación propia SPSS

Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, cuyos resultados se presentan en la Tabla 30. La prueba de Shapiro-Wilk mostraron que las puntuaciones en los grupos PRE STEM (Sig. = .059), POS STEM (Sig. = .054) y PRE CONTROL (Sig. = .056) no difirieron significativamente de una distribución normal ($p > .05$). Sin embargo, las puntuaciones en el grupo POSCONTROL mostraron una desviación significativa de la normalidad (Sig. = .007) según la prueba de Kolmogorov-Smirnov, aunque la prueba de Shapiro-Wilk indicó normalidad (Sig. = .133).

Considerando que la prueba de Shapiro-Wilk es más poderosa para muestras pequeñas, se concluyó que las puntuaciones en todos los grupos se aproximan a una distribución normal, permitiendo el uso de pruebas paramétricas como la prueba t de Student y se valida la hipótesis 1.

H2: Habrá diferencias significativas en las puntuaciones del pre test entre el grupo experimental y el grupo de control, lo que indica que ambos grupos tienen un nivel de conocimiento inicial similar.

H02 (hipótesis nula): No Habrá diferencias significativas en las puntuaciones del pre test entre el grupo experimental y el grupo de control, lo que indica que los grupos no tienen un nivel de conocimiento inicial similar.

Tabla 31.*Prueba T- Student para muestras emparejadas. Análisis antes de la intervención.*

P a r	Comparación	Me dia	Desv. Desviaci ón	Desv. Error promedi o	95% intervalo de confianza de la diferencia (Inferior)	de de 95% intervalo de confianza de la diferencia (Superior)	t	g l	Sig. (bilater al)
P a r 1	PRE STEM PRE CONTROL	- 0,0 40	1,695	0,339	-0,740	0,660	- 0, 11 8	2 4	0,907
P a r 2	POST STEM POSTCONTROL	2,3 60	1,890	0,378	1,580	3,140	6, 24 2	2 4	0,000

Nota: Fuente: Creación propia

En negrilla se muestra el valor de significancia a tener en cuenta para validar la hipótesis en este caso 0,907

Se realizó una prueba t de muestras emparejadas para comparar las puntuaciones entre los grupos experimental y de control en las fases pre y post intervención. Los resultados revelaron que no hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las puntuaciones PRE STEM y PRE CONTROL ($t(24) = -0,118$, $p = 0,907$).

Dado que el valor $p = 0,907$ es mayor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se acepta la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas entre los grupos en la fase pre intervención. Esto indica que ambos grupos, experimental y de control, presentaban un nivel de conocimiento y rendimiento similar en la variable evaluada al comienzo del estudio, lo que fortalece la validez de las comparaciones realizadas en la fase post intervención.

H3: Los estudiantes que participen en la metodología STEM mostrarán una mejora significativa en su rendimiento en matemáticas, medida por el cuestionario pre y post intervención.

H03(hipótesis nula): No habrá diferencias significativas en el aprendizaje de las matemáticas y el desarrollo del pensamiento computacional entre los estudiantes antes y después de la implementación de la metodología STEM.

Se realizó una prueba t de muestras emparejadas para comparar las puntuaciones post intervención entre los grupos experimental y de control, con el fin de evaluar el impacto de la metodología STEM.

Tabla 32.

Prueba T- Student para muestras emparejadas. Análisis Posterior a la intervención.

P a r	Comparación	Me dia	Desv. Desviaci ón	Desv. Error promedi o	95% intervalo de confianza diferencia (Inferior)	de de 95% intervalo de confianza diferencia (Superior)	t	g l	Sig. (bilater al)
P a r 1	PRE STEM PRE CONTROL	- 0,0 40	1,695	0,339	-0,740	0,660	- 0, 11 8	2 4	0,907
P a r 2	POST STEM POSTCONTROL	2,3 60	1,890	0,378	1,580	3,140	6, 24 2	2 4	0,000

Nota: Fuente: Creación propia

En negrilla se muestra el valor de significancia a tener en cuenta para validar la hipótesis en este caso 0,000

Los resultados de la prueba t revelaron una diferencia estadísticamente significativa entre las puntuaciones POST STEM (grupo experimental) y POS CONTROL (grupo de control) ($t(24) = 6,242$, $p < ,001$).

Dado que el valor p (0,000) es menor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de que existen diferencias significativas entre los grupos en la fase post intervención. Esto indica que el grupo experimental, que recibió la metodología STEM, mostró un rendimiento significativamente mejor en la variable evaluada en comparación con el grupo de control. Estos resultados respaldan la hipótesis de investigación de que la metodología STEM tuvo un impacto positivo y significativo en el aprendizaje de las matemáticas.

Ganancia de Aprendizaje de Hake:

El análisis de la ganancia de aprendizaje de Hake (g) se realizó para evaluar la efectividad de la metodología STEM en comparación con el enfoque tradicional. Los resultados revelan una diferencia significativa en la ganancia de aprendizaje entre los grupos experimental (STEM) y de control.

Tabla 33.

Puntuaciones promedio. Ganancia de aprendizaje de Hake grupo experimental y grupo control.

Pregunta	PUNTUACIONES					
	PRE	POST	GANANCIA	PRE	POST	GANANCIA
	STEM	STEM	GRUPO STEM	CONTROL	CONTROL	GRUPO CONTROL
P1	36	80	0,6875	36	72	0,5625
P2	40	100	1	24	68	0,578947368
P3	28	96	0,944444444	28	80	0,722222222
P4	28	88	0,833333333	16	80	0,761904762
P5	24	92	0,894736842	28	76	0,666666667
P6	20	88	0,85	36	12	-0,375
P7	28	84	0,777777778	20	52	0,4
P8	32	88	0,823529412	20	16	-0,05
P9	24	80	0,736842105	40	28	-0,2
P10	40	92	0,866666667	56	40	-0,363636364
Promedio	30	88,8	0,84	30,4	52,4	0,316091954

Nota: Fuente: Creación propia

El grupo experimental mostró una ganancia de aprendizaje promedio de 0.84, lo que indica un alto impacto de la metodología STEM en el aprendizaje de las matemáticas. Según la clasificación de Hake, una ganancia de 0.84 se considera alta ($g \geq 0.7$), lo que sugiere que los estudiantes en este grupo experimentaron una mejora sustancial en su rendimiento después de la intervención

Por otro lado, como se observa en la tabla 33, el grupo control mostró una ganancia de aprendizaje promedio de 0.316. Aunque este valor indica una ganancia de aprendizaje 0,3, es considerablemente menor en comparación con el grupo experimental.

Esto sugiere que, si bien el enfoque tradicional también condujo a una mejora en el rendimiento, el impacto fue mucho menor en comparación con la metodología STEM. Incluso se observa que en algunas preguntas la ganancia de aprendizaje en el grupo control, fue negativa.

Los resultados son agrupados en tres categorías que se llaman zonas de ganancia y se establecen según los siguientes rangos:

- Baja ($g \leq 0.3$)
- Media ($0.3 < g \leq 0.7$)
- Alta ($g > 0.7$)

Así, “cualquier ganancia superior a 0.3 sugiere un panorama alentador en relación con el aprendizaje de los conceptos y la eficacia de la metodología empleada” (Ramírez y Santana, 2014 p. 73).

En este sentido la ganancia de aprendizaje del grupo STEM fue de 0,84 lo que implica que la ganancia se encuentra en el rango alto, mientras que la ganancia de aprendizaje del grupo CONTROL fue de 0,31, implicando que se encuentra en una ganancia de aprendizaje media. La diferencia en la ganancia de aprendizaje entre los grupos es evidente en cada una de las preguntas evaluadas, con el grupo experimental mostrando consistentemente una mayor ganancia.

Análisis del Factor de Concentración (C):

El análisis del Factor de Concentración (C), desarrollado por Bao y Redish (2001), se realizó para complementar la evaluación del impacto de la metodología STEM en el aprendizaje de las matemáticas. Este factor mide la tendencia de los estudiantes a concentrar sus respuestas en una o pocas opciones, proporcionando información valiosa

sobre la claridad de su comprensión conceptual. En este estudio, se calculó el Factor de Concentración (C) para cada pregunta y el promedio general, tanto para el grupo experimental (STEM) como para el grupo de control, en las fases pre y post intervención.

Los resultados se presentan en la Tabla 12, que muestra los valores de concentración para cada pregunta y los promedios generales.

Tabla 34.

Concentración de los grupos experimental y control pre y post la intervención.

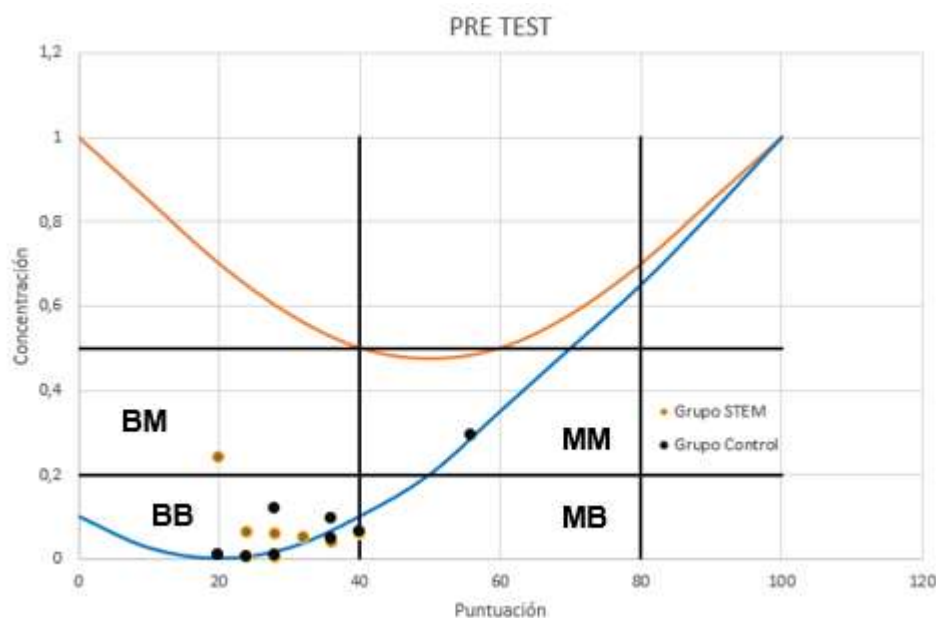
CONCENTRACIÓN				
PREGUNTA	PRE	POST	PRE	POST
S	STEM	STEM	CONTROL	CONTROL
P1	0,040	0,847	0,094	0,495
P2	0,058	1,000	0,002	0,433
P3	0,058	0,922	0,009	0,634
P4	0,002	0,778	0,100	0,618
P5	0,002	0,843	0,117	0,549
P6	0,242	0,769	0,046	0,388
P7	0,002	0,710	0,009	0,287
P8	0,052	0,626	0,009	0,331
P9	0,064	0,626	0,064	0,473
P10	0,064	0,843	0,292	0,168
PROMEDIOS	0,059	0,796	0,074	0,438

Nota: Fuente: Creación propia

La Tabla 34, muestra los valores de concentración (C) para cada pregunta y el promedio general, tanto para el grupo experimental STEM como para el grupo de control, en las fases pre y post intervención.

Figura 15.

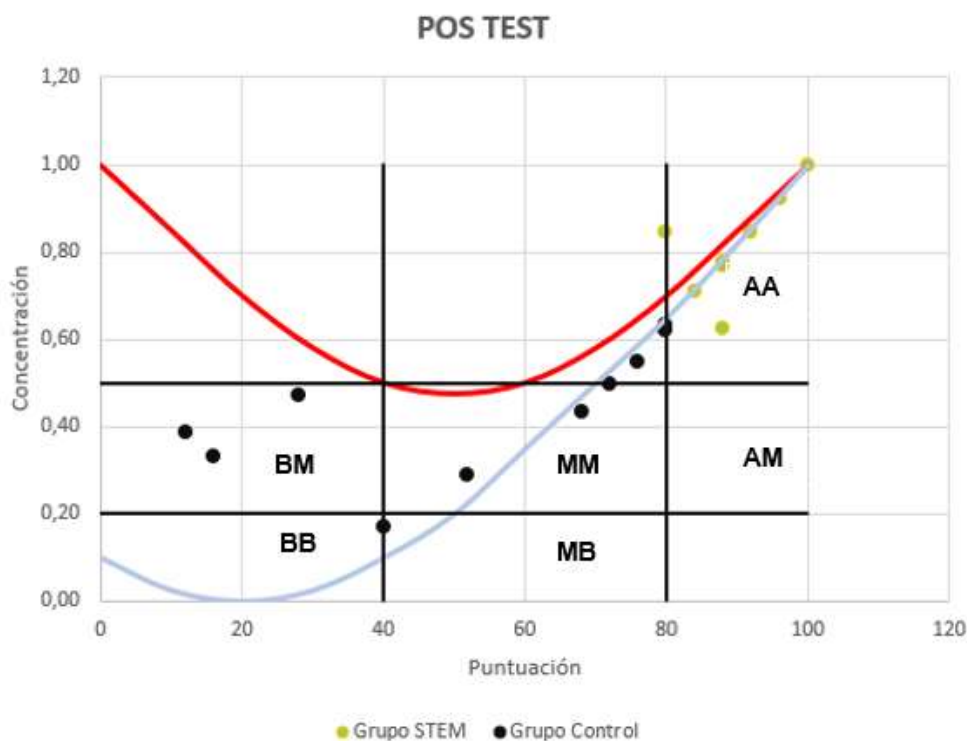
Diagrama de dispersión PC pre la intervención.



Nota: Creación propia

El gráfico PC en el pre test se evidencia que en la fase pre intervención, ambos grupos mostraron una concentración baja (B), con promedios de 0.059 para el grupo STEM y 0.074 para el grupo de control. Esto sugiere que, al inicio del estudio, los estudiantes de ambos grupos tenían una distribución de respuestas relativamente uniforme, lo que podría indicar una falta de claridad en los conceptos evaluados.

Sin embargo, en la figura 6 se observaron cambios notables en la fase post intervención. El grupo experimental STEM experimentó un aumento significativo en la concentración, con un promedio de 0.796, lo que indica una concentración alta (A). Este resultado sugiere que la metodología STEM fue efectiva para promover una comprensión clara de los conceptos, lo que se refleja en una mayor tendencia de los estudiantes a concentrar sus respuestas en una o pocas opciones. En contraste, el grupo de control mostró un aumento menor en la concentración, con un promedio de 0.438, lo que indica una concentración media (M).

Figura 16.*Diagrama de Dispersión PC. Post intervención..**Nota: Creación Propia.*

Esto sugiere que, si bien hubo alguna mejora en la concentración de las respuestas, la metodología tradicional no fue tan efectiva como la metodología STEM.

La comparación entre los grupos post intervención destaca la efectividad de la metodología STEM. La alta concentración observada en el grupo experimental respalda la hipótesis de que la metodología STEM fue efectiva para promover una comprensión clara de los conceptos. Por otro lado, la concentración media en el grupo de control sugiere que, si bien hubo alguna mejora, la metodología tradicional no fue tan efectiva como la metodología STEM.

Resultados de la Escala Likert sobre Uso de Herramientas Tecnológicas:

El análisis de los datos obtenidos en la escala Likert tras la implementación de la metodología basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional permitió identificar tendencias claras respecto al desempeño y la percepción de los estudiantes.

Los resultados evidencian no solo altos niveles de aceptación y satisfacción, sino también una mejora significativa en dimensiones clave relacionadas con el aprendizaje, la motivación y la accesibilidad a los recursos.

Tabla 35.

Resumen de los resultados obtenidos en la Escala Likert en cada una de las dimensiones

Dimensión	Media	Alfa de Cronbach
Integración STEM	4.70	0.74
Pensamiento Computacional	4.71	0.75
Motivación	4.79	0.67
Accesibilidad	4.67	0.81
Alineación	4.69	0.86

Nota: Creación propia. Excel

Los resultados obtenidos muestran una percepción altamente favorable hacia la metodología innovadora implementada, evidenciada por promedios superiores a 4.6 en todas las dimensiones analizadas en la escala. Este patrón de valoración indica que la propuesta no solo logró captar el interés de los estudiantes de Media del Colegio Cundinamarca IED, sino que además promovió una comprensión más profunda de los conceptos a través de actividades prácticas y colaborativas.

La consistencia interna de las dimensiones, con coeficientes alfa de Cronbach superiores a 0.65 y alcanzando incluso valores mayores a 0.80 en accesibilidad y alineación, refuerza la validez del instrumento utilizado y confirma que los ítems evaluaron constructos homogéneos. Este nivel de fiabilidad fortalece la interpretación de los resultados y respalda la conclusión de que la metodología fue percibida como pertinente, clara y coherente con los propósitos pedagógicos del área.

En particular, la dimensión de motivación evidenció los valores más altos, lo que sugiere que la integración de actividades STEM y de pensamiento computacional generó un ambiente de aprendizaje atractivo, estimulante y retador para los estudiantes; este hallazgo es consistente con estudios previos que indican que la metodología STEM aumenta la curiosidad, la exploración y el compromiso estudiantil.

Las percepciones positivas en accesibilidad tecnológica demuestran que los estudiantes no encontraron barreras significativas para interactuar con los recursos digitales utilizados, lo que es clave para garantizar la implementación efectiva de propuestas basadas en pensamiento computacional, dando a conocer la importancia del acceso a salas de cómputo en la institución y el uso de celulares inteligentes en cada uno de los grupos de trabajo.

La dimensión de alineación, con el alfa de consistencia más alto (0.86), evidencia que los estudiantes identifican una clara correspondencia entre los objetivos de aprendizaje en matemáticas, el nivel de complejidad de las actividades y la dinámica del aula, lo cual es fundamental para asegurar la relevancia curricular de la propuesta.

Los resultados señalan un impacto positivo tanto en la comprensión conceptual como en el desarrollo de habilidades prácticas y de resolución de problemas, lo que demuestra que la metodología no solo influyó en la percepción estudiantil, sino también en su desempeño académico en la asignatura de matemáticas. En conjunto, estos hallazgos muestran que la propuesta basada en STEM y pensamiento computacional es una alternativa pedagógica eficaz para fortalecer el aprendizaje de las matemáticas en contextos de educación pública, abriendo la posibilidad de escalar o replicar la metodología en otros niveles educativos o áreas del conocimiento, especialmente en instituciones que buscan innovar sus prácticas didácticas mediante enfoques interdisciplinarios.

Resultados de la Guía de Observación:

La guía de observación aplicada durante la implementación de la metodología innovadora basada en el enfoque STEM permitió analizar de manera sistemática el

desarrollo de la planificación docente, los procesos de implementación en el aula y las evidencias de aprendizaje manifestadas por los estudiantes. Los resultados obtenidos evidencian patrones consistentes en la claridad de los objetivos, la pertinencia curricular, la variedad de actividades, el uso de recursos, la interacción pedagógica y la actitud estudiantil frente a las experiencias STEM.

A partir de estos hallazgos, se discute la relevancia de las prácticas observadas, su coherencia con los principios del enfoque STEM y el pensamiento computacional, y su aporte al fortalecimiento de competencias matemáticas y científicas en el contexto educativo intervenido.

La información obtenida mediante la guía de observación fue sistematizada cuantitativamente a partir de categorías e indicadores organizados en dimensiones de análisis. Para ello, se empleó una escala de valoración que permitió transformar las observaciones en datos numéricos susceptibles de análisis estadístico descriptivo, facilitando la identificación de tendencias y comportamientos asociados al desarrollo de la metodología STEM.

Escala de valor dada por los expertos para interpretar los resultados observados

- Valor 1: Interpretación BAJA
- Valor 2: Interpretación MEDIO
- Valor 3: Interpretación ALTO
- Valor 4: Interpretación MUY ALTO

Tabla 36.

Categorización de la guía de observación.

Dimensión	Categoría de Observación	Indicador Observado	Académico 1	Académico 2	Académico 3	Promedio
Planificación	Claridad de los objetivos de aprendizaje	Objetivos definidos y relevantes	4	4	4	4.0
			4	3	4	3.7

	Articulación con el currículo	Alineación con estándares y contenidos				
Implementación	Diversidad de actividades	Promoción de resolución de problemas, indagación y pensamiento crítico	3	4	3	3.3
	Uso de materiales y recursos	Uso de materiales manipulativos, tecnología y recursos auténticos	4	4	4	4.0
	Organización del aula	Facilitación del trabajo colaborativo y la exploración	3	3	4	3.3
	Interacción docente-estudiante	Promoción de participación activa y respuesta a preguntas	4	4	4	4.0
	Colaboración entre estudiantes	Trabajo en equipo y compartición de ideas	4	3	4	3.7
	Evidencias de aprendizaje	Demostración de comprensión de conceptos STEM	3	4	3	3.3
Aprendizaje	Desarrollo de habilidades	Mejoras en resolución de problemas, pensamiento crítico y creatividad	4	4	4	4.0

Actitud hacia la ciencia	Interés y curiosidad por la ciencia	4	4	3	3.7
--------------------------	-------------------------------------	---	---	---	-----

Nota: Fuente: Creación propia

La guía de observación fue aplicada y valorada por tres académicos expertos, quienes evaluaron cada uno de los indicadores mediante una escala cuantitativa de cuatro niveles. Posteriormente, se calcularon promedios por categoría y dimensión, permitiendo realizar un análisis descriptivo del comportamiento observado durante la implementación de la metodología STEM.

Planificación y Preparación de la Clase:

La observación realizada por los tres docentes destaca la capacidad para planificar una clase efectiva y coherente con los objetivos del currículo STEM. Se evidenció una clara definición de los objetivos de aprendizaje, que fueron comprendidos por los estudiantes, lo que sugiere una comunicación efectiva de las expectativas. La alineación de las actividades con los estándares y contenidos del currículo STEM también fue notable, lo que indica una planificación cuidadosa y una comprensión profunda de los objetivos curriculares. La diversidad de actividades implementadas, que incluyeron proyectos prácticos, experimentos y discusiones, demuestra un enfoque pedagógico variado y dinámico. Además, el uso efectivo de materiales manipulativos, tecnología y recursos auténticos facilitó la experimentación y el aprendizaje activo de las matemáticas en los estudiantes del grupo experimental.

Implementación y Ambiente de Aprendizaje:

Durante la implementación de la clase, se observó una organización del aula que fomentó el trabajo en grupo y la exploración, lo que permitió un movimiento libre y una interacción activa entre los estudiantes. La capacidad para promover la participación y

proporcionar retroalimentación oportuna creó un ambiente de respeto y confianza, lo que alentó a los estudiantes a hacer preguntas y compartir ideas. El trabajo colaborativo entre los estudiantes fue notable, con un alto nivel de trabajo en equipo y apoyo mutuo, lo que facilitó el intercambio efectivo de ideas. La recopilación de evidencias de aprendizaje a través de productos, presentaciones y discusiones demostró una comprensión efectiva de los conceptos STEM por parte de los estudiantes.

Impacto en el Aprendizaje y Desarrollo de Habilidades:

La observación también reveló un impacto positivo en el aprendizaje y el desarrollo de habilidades lógico matemáticas de los estudiantes. Se notaron mejoras en la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad, lo que sugiere que las actividades propuestas fueron efectivas para fomentar el desarrollo de estas habilidades.

Los estudiantes fueron capaces de diseñar soluciones innovadoras y realizar evaluaciones críticas, lo que indica un aprendizaje profundo y significativo. Además, se observó un alto nivel de interés y curiosidad por la ciencia, lo que demuestra que tu enfoque pedagógico logró motivar a los estudiantes y generar una actitud positiva hacia el aprendizaje.

Triangulación de Datos y Análisis Integrado:

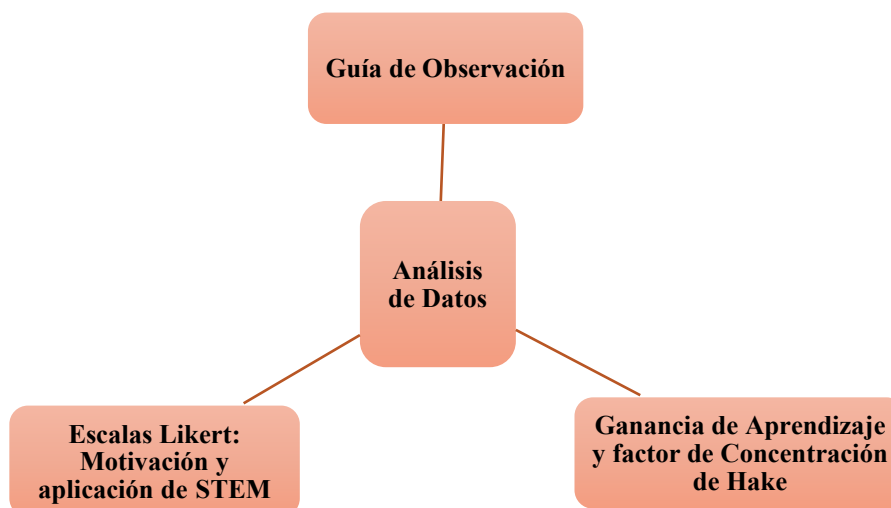
La triangulación de los datos recopilados a través de la guía de observación, la escala Likert y la ganancia de aprendizaje junto con el Factor de Concentración (C) revela una imagen coherente y robusta del impacto positivo de la metodología implementada en la enseñanza de las matemáticas y el desarrollo del pensamiento computacional.

La guía de observación, realizada por tres docentes, destaca la efectividad de la planificación y la implementación de la clase, evidenciando una clara definición de objetivos, una alineación con el currículo STEM y un ambiente de aprendizaje colaborativo y participativo. Estos hallazgos se ven reforzados por los resultados de la escala Likert, que muestran una percepción consistentemente positiva por parte de los

estudiantes en relación con la integración de conceptos STEM, el desarrollo del pensamiento computacional, la motivación y la accesibilidad de la metodología

Figura 17

Triangulación de datos en la Investigación.



Nota: *Creación propia*

La escala Likert, con medias elevadas y baja dispersión en las respuestas, indica un alto grado de consenso entre los estudiantes sobre la efectividad y el impacto positivo de la metodología. Los estudiantes perciben que las actividades propuestas son atractivas, curiosas y propicias para la experimentación, lo que sugiere un alto nivel de motivación. Además, la percepción de accesibilidad, evidenciada por la facilidad de uso, la disponibilidad de dispositivos y la asistencia técnica, refuerza la idea de que la metodología fue implementada de manera efectiva y adaptada a las necesidades de los estudiantes.

El Factor de Concentración (C) proporciona una perspectiva adicional sobre la efectividad de la metodología. Los resultados muestran un aumento significativo en la concentración de las respuestas en el grupo experimental (STEM) en comparación con el

grupo de control. Esto sugiere que la metodología STEM fue efectiva para mejorar la comprensión de los conceptos y llevar a los estudiantes a seleccionar respuestas más consistentes y correctas.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que la metodología implementada generó un ambiente de aprendizaje positivo y colaborativo, lo que resultó en un aprendizaje significativo para los estudiantes. La coherencia en los resultados de las diferentes fuentes de datos respalda la efectividad de las estrategias pedagógicas utilizadas y su capacidad para fomentar el desarrollo de habilidades y actitudes positivas hacia el aprendizaje de las matemáticas y el pensamiento computacional.

Los resultados de este estudio tienen implicaciones prácticas para la enseñanza de las matemáticas y el desarrollo del pensamiento computacional. La metodología implementada, que incluye una planificación cuidadosa, un enfoque centrado en el estudiante y el uso de diversas estrategias pedagógicas, ha demostrado ser efectiva para mejorar el aprendizaje y la motivación de los estudiantes.

CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una metodología innovadora basada en el enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de Educación Media del Colegio Cundinamarca IED, Bogotá Colombia. Para ello se desarrolló un estudio con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental con esquema pretest y posttest y grupo control, lo que permitió diseñar,

implementar y validar una propuesta metodológica que integra el pensamiento computacional en el aprendizaje de las matemáticas. Los resultados obtenidos permitieron identificar avances significativos en el proceso de aprendizaje de los estudiantes y evidenciar la pertinencia pedagógica del enfoque STEM en el contexto de la educación pública.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a diagnosticar las dificultades y necesidades de los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas, los resultados del diagnóstico inicial evidenciaron debilidades en la comprensión conceptual, el pensamiento lógico y la resolución de problemas matemáticos. Asimismo, se identificó una baja disposición hacia actividades que implicaran análisis y razonamiento matemático. Estos hallazgos permitieron establecer una línea base clara sobre el estado inicial del aprendizaje de los estudiantes y justificaron la necesidad de implementar estrategias pedagógicas innovadoras que integren metodologías activas y el uso de herramientas tecnológicas para fortalecer el aprendizaje de las matemáticas.

Respecto con el segundo objetivo específico, orientado a sistematizar los fundamentos teóricos y pedagógicos relacionados con el uso del enfoque STEM en el aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento computacional, la revisión teórica permitió consolidar un marco conceptual que articula los principios del enfoque STEM, el pensamiento computacional y el Aprendizaje Basado en Proyectos. Esta sistematización evidenció que la integración de estos enfoques favorece el desarrollo de habilidades cognitivas superiores como el razonamiento lógico, la abstracción, la creatividad y la resolución de problemas, lo cual sustenta la pertinencia de su incorporación en procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la educación media.

El tercer objetivo específico, orientado a elaborar una metodología innovadora con enfoque STEM para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento computacional, se diseñó una propuesta pedagógica que integra proyectos interdisciplinarios, actividades experimentales, el uso de herramientas tecnológicas y estrategias de pensamiento computacional. Esta metodología se estructuró a partir de los resultados del diagnóstico y de los fundamentos

teóricos analizados, logrando una propuesta didáctica coherente, contextualizada y adaptable a las condiciones del Colegio Cundinamarca IED.

En relación con el cuarto objetivo específico, orientado a validar la metodología innovadora mediante su aplicación en estudiantes de educación media, los resultados obtenidos a partir de la implementación de la propuesta evidenciaron mejoras en el proceso de aprendizaje de los estudiantes del grupo experimental. El análisis cuantitativo de los resultados, mediante la comparación de las pruebas pretest y posttest, permitió identificar avances en el desempeño académico y en el razonamiento matemático de los estudiantes que participaron en la intervención pedagógica. Asimismo, el cálculo del índice de ganancia de aprendizaje de Hake y el análisis del factor de concentración evidenciaron cambios positivos en la comprensión conceptual y en la coherencia de las respuestas, lo cual confirma la efectividad de la metodología propuesta.

En cuanto a la hipótesis planteada en la investigación, los resultados obtenidos permiten su aceptación, dado que se evidenció que la implementación de una metodología innovadora basada en el enfoque STEM, mediada por el desarrollo del pensamiento computacional, contribuye significativamente al mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED. Lo anterior se evidencia en los hallazgos derivados del análisis comparativo entre el pretest y el posttest en los grupos control y experimental, así como en los valores obtenidos en la ganancia de aprendizaje de Hake y el factor de concentración, los cuales reflejan un impacto positivo en la comprensión conceptual, el razonamiento matemático y la coherencia en las respuestas de los estudiantes donde se realizó la intervención.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la metodología innovadora basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional constituye una alternativa pedagógica pertinente para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de educación media del Colegio Cundinamarca IED. Su implementación favorece el desarrollo del razonamiento matemático, promueve una mayor participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y fortalece la integración de estrategias pedagógicas innovadoras en contextos educativos públicos

Se concluye que la investigación aporta una propuesta metodológica estructurada que integra el enfoque STEM y el pensamiento computacional como estrategias pedagógicas para el aprendizaje de las matemáticas en la educación media. Esta propuesta no solo responde a las necesidades identificadas en el contexto del Colegio Cundinamarca IED, sino que también constituye una alternativa replicable en instituciones educativas públicas con características similares. De esta manera, el estudio contribuye al fortalecimiento de prácticas pedagógicas innovadoras que promueven el desarrollo del razonamiento matemático, la resolución de problemas y la integración de herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza y aprendizaje, aportando elementos relevantes para la mejora de la educación matemática en el contexto educativo colombiano.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en la investigación y considerando los hallazgos derivados del proceso de diseño, implementación y validación de la metodología basada en el enfoque STEM y el pensamiento computacional, se presentan las siguientes recomendaciones dirigidas a investigadores, docentes e instituciones educativas interesadas en fortalecer el aprendizaje de las matemáticas en la educación media.

Desde lo metodológico, se recomienda que futuras investigaciones orientadas al estudio de metodologías innovadoras en educación matemática continúen utilizando diseños cuasi experimentales que permitan comparar los resultados entre grupos control y experimentales, ya que este tipo de diseño facilita la evaluación objetiva del impacto de las intervenciones pedagógicas, se sugiere complementar los análisis cuantitativos con estudios longitudinales que permitan analizar los efectos de la implementación de metodologías STEM en el aprendizaje de las matemáticas a mediano y largo plazo. De igual manera, resulta pertinente ampliar el tamaño de las muestras y considerar la aplicación de la metodología en diferentes instituciones educativas con el fin de fortalecer la validez externa de los resultados, así mismo se recomienda continuar utilizando indicadores cuantitativos como el índice de ganancia de aprendizaje de Hake y el factor de concentración, debido a su utilidad para analizar tanto la magnitud del aprendizaje como la coherencia conceptual de las respuestas de los estudiantes.

Desde el punto de vista pedagógico, se recomienda promover la incorporación del enfoque STEM en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, ya que su integración con el pensamiento computacional favorece el desarrollo de habilidades de razonamiento lógico, resolución de problemas y trabajo interdisciplinario. Igualmente, se sugiere fortalecer la formación docente en metodologías activas y en el uso pedagógico de herramientas tecnológicas que faciliten la integración del pensamiento computacional en el aula. La capacitación permanente del profesorado constituye un elemento fundamental para garantizar la implementación efectiva de propuestas innovadoras en el proceso educativo, asimismo, se recomienda promover el aprendizaje basado en proyectos

como estrategia didáctica que permita contextualizar los contenidos matemáticos y relacionarlos con situaciones reales, favoreciendo así un aprendizaje más significativo y motivador para los estudiantes.

En el contexto institucional, se recomienda que el Colegio Cundinamarca IED continúe promoviendo espacios de innovación pedagógica que permitan la implementación de metodologías basadas en el enfoque STEM en diferentes áreas del conocimiento. De igual manera, se sugiere fortalecer la disponibilidad de recursos tecnológicos y didácticos que faciliten el desarrollo de actividades relacionadas con el pensamiento computacional y la resolución de problemas matemáticos.

Por último, se recomienda promover la socialización de experiencias pedagógicas exitosas derivadas de la implementación de la metodología propuesta, con el fin de que otros docentes e instituciones educativas puedan adaptarla e implementarla en contextos educativos similares, contribuyendo así al fortalecimiento del aprendizaje de las matemáticas en la educación media, es decir que las instituciones educativas y los organismos responsables de la formulación de políticas educativas promuevan la incorporación de enfoques pedagógicos innovadores como el STEM y el pensamiento computacional dentro de los currículos de matemáticas en la educación media, ya que la integración de estas metodologías puede contribuir significativamente al fortalecimiento de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de los estudiantes, favoreciendo su preparación para los desafíos académicos, profesionales y tecnológicos del siglo XXI.

BIBLIOGRAFIA

- Association for Computing Machinery & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2010). Task force report on computing curricula 2001. Computer Science, 2001. <http://www.acm.org/education/curricula.html>
- Artigue, M. (2009). Didactic engineering as a framework for the conception of teaching products. In C. Winsløw (Ed.), *Didactic and curriculum design in mathematics education* (pp. 27–39). University of Copenhagen.
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of classroom learning*. Holt, Rinehart and Winston.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International Society for Technology in Education.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*. MIT Media Lab.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Bybee, R. W., Carpenter, L. H., Crone, W. L., & Rose, C. A. (2006). *Educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM): Una visión general*. En *Ciencia para todos los estadounidenses*. National Academies Press.
- Cuesta, R., Mainer, J., Mateos, J., Merchán, J., & Vicente, M. (2005). *Didáctica crítica: Allí donde se encuentran la necesidad y el deseo*. Diada. https://nebraskaria.es/Trabajos_y_publicaciones_files/La%20necesidad%20y%20el%20deseo.pdf

- Czernik, D. (2006). Alfabetos y saberes: La alfabetización digital. *Comunicar: Revista científica de comunicación y educación*.
- Dede, C. (2014). The role of digital technologies in deeper learning. Students at the Center: Deeper Learning Research Series.
- Dimaté, R. C., & Correa, M. (2010). Referentes para la didáctica del lenguaje en el ciclo quinto. Secretaría de Educación del Distrito.
- Dewey, J. (1997). *How we think*. Dover. (Trabajo original publicado en 1910).
- Felder, R. M., & Brent, R. (2001). Effective strategies for cooperative learning. *Journal of Cooperation and Collaboration in College Teaching*, 10(2), 69–75.
- Flores, A. (2011). Desarrollo del pensamiento computacional en la formación en matemática discreta. *Lámpsakos*, (5), 28–33.
- Frolov, I. N. (2009). E-learning as a form of education in the XXI century. *Informatics and Education*, 2, 109–110.
- García, A. M. (2021). Implementación de una estrategia didáctica basada en el enfoque STEM para el aprendizaje de la geometría espacial en educación secundaria [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla].
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference* (4th ed.). Allyn & Bacon.
- Godino, J. D. (2003). *Teoría de los sistemas de objetos matemáticos*. Universidad de Granada.

- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
<https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). (2022). Informe nacional de resultados SABER 11: Análisis postpandemia.
<https://www.icfes.gov.co>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11).
<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Krutz, M. J., & Morrison, B. (2019). Stepwise refinement in block-based programming. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 35(5), 91–100.
- Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30–43.
- Merla González, A. E., & Yáñez Encizo, C. G. (2016). El aula invertida como estrategia para la mejora del rendimiento académico. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 8(16), 68–78.
- Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 43–59.

- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares básicos de competencias matemáticas. Editorial Magisterio.
- Ministerio de Educación Nacional. (2021). Lineamientos para el uso de tecnologías en procesos educativos tras el retorno a la presencialidad. <https://www.mineduacion.gov.co>
- Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía didáctica. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- National Council of Teachers of Mathematics. (2014). Principles to actions: Ensuring mathematical success for all. NCTM.
- Niss, M., & Højgaard, T. (2011). Competencies and mathematical learning. Roskilde University.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). PISA 2021 mathematics framework. OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning outcomes. <https://www.oecd.org>
- Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in Psychology*, 8, 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
- Piaget, J. (1970). Science of education and the psychology of the child. Grossman.
- Polya, G. (1945). How to solve it. Princeton University Press.

- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1–6.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
- Raczynski, D., & Muñoz, G. (2004). Factores que desafían los buenos resultados educativos de escuelas en sectores de pobreza.
- Ramírez, J., & Santana, J. (2014). Análisis en el aprendizaje de conceptos aplicando el factor de concentración de Hake.
- Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators (DigCompEdu). Publications Office of the European Union.
- Salas, A. (2001). Implicaciones educativas de la teoría sociocultural de Vygotsky. *Revista Educación*, 25(2), 59–65.
- Serrano, J. M. (2008). Acerca de la naturaleza del conocimiento matemático. *Anales de Psicología*, 24(2).
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Siemens, G. (2004). Knowing in an age of the internet. In *Proceedings of the 2004 ASCE International Conference on Engineering Education* (pp. 12–17).
- Sneider, C., Stephenson, C., Schafer, B., & Flick, L. (2014). Exploring the science framework and NGSS: Computational thinking in the science classroom. *Science Scope*.

- Thomas, J. W. (2000). A review of project-based learning. The Autodesk Foundation.
<https://www.bie.org>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Harvard University Press.
- Walpole, R. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Pearson.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *Revista de Educación a Distancia*, (46).
<https://revistas.um.es/red/article/view/240321>
- Zapata-Ros, M. (2018). Pensamiento computacional: Una tercera competencia clave. *RED. El aprendizaje en la sociedad del conocimiento*.
<https://red.hypotheses.org/1059>
- Zapata-Ros, M. (2021). El principio de activación en el pensamiento computacional, las matemáticas y el STEM. *Revista de Educación a Distancia*, 21(68).
<https://doi.org/10.6018/red.498531>
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2
- Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2011). *Handbook of self-regulation of learning and performance*. Routledge.

ANEXOS

ANEXO 1. Cuestionario pre y post intervención.

UNIVERSIDAD DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN DE MÉXICO UIIX

COLEGIO CUNDINAMARCA IED

Evaluación de Pensamiento Computacional y Matemático con enfoque STEM

PRE-TEST. Línea de Investigación de matemáticas con enfoque STEM

Nombre: _____ **curso:**

Objetivo: Evaluar la capacidad de los estudiantes para aplicar conceptos matemáticos en la resolución de problemas computacionales y el análisis de estructuras de datos básicas.

Sección 1: Algoritmos y Pensamiento Lógico

1. ¿Cuál es el siguiente paso en un algoritmo de búsqueda binaria si el elemento buscado es menor que el elemento del medio de la lista?

- a) Buscar en la mitad izquierda de la lista.
- b) Buscar en la mitad derecha de la lista.
- c) El elemento no se encuentra en la lista.
- d) Reiniciar la búsqueda desde el principio.

2. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es FALSA sobre los algoritmos?

- a) Un algoritmo debe tener un punto de inicio y un punto final.

- b) Un algoritmo siempre produce el mismo resultado para una misma entrada.
- c) Un algoritmo puede resolver cualquier problema.
- d) La eficiencia de un algoritmo se puede medir por el tiempo que tarda en ejecutarse.

Sección 2: Representación de Información

3. ¿Cuál es la estructura de datos más adecuada para representar una pila de platos?
- a) Lista
 - b) Pila
 - c) Cola
 - d) Árbol
4. Si queremos almacenar información sobre los estudiantes de un curso, incluyendo su nombre, edad y calificaciones, ¿qué estructura de datos sería la más apropiada?
- a) Arreglo
 - b) Estructura
 - c) Lista enlazada
 - d) Gráfico

Sección 3: Modelización Matemática

5. ¿Cuál de las siguientes funciones de Excel se utiliza para calcular el promedio de un rango de celdas?
- a) SUMA
 - b) PROMEDIO

c) CONTAR

d) MAX

6. Si queremos simular el lanzamiento de una moneda al aire 100 veces, ¿qué herramienta podríamos utilizar?

a) Una hoja de cálculo

b) Un lenguaje de programación como Python

c) Una calculadora

d) Todas las anteriores

7. Si queremos simular el crecimiento de una población, ¿qué tipo de modelo matemático podríamos utilizar?

a) Modelo lineal

b) Modelo exponencial

c) Modelo logístico

d) Modelo trigonométrico

Sección 5: Pensamiento Computacional en Contextos Reales

8. ¿Cuál de los siguientes problemas se puede resolver utilizando un algoritmo de ordenamiento?

a) Encontrar el camino más corto entre dos ciudades en un mapa.

b) Ordenar una lista de nombres alfabéticamente.

c) Calcular el área de un triángulo.

d) Simular el movimiento de un planeta alrededor del sol.

9. ¿Cuál de los siguientes lenguajes de programación es más utilizado para el desarrollo web?

- a) Python
- b) C++
- c) Java
- d) JavaScript

10. ¿Cuál es la diferencia entre un error de sintaxis y un error de lógica?

- a) Un error de sintaxis ocurre cuando se viola una regla del lenguaje de programación, mientras que un error de lógica ocurre cuando el programa no produce el resultado esperado.
- b) Un error de sintaxis es más grave que un error de lógica.
- c) Un error de sintaxis se puede detectar en tiempo de compilación, mientras que un error de lógica se detecta en tiempo de ejecución.
- d) Un error de sintaxis ocurre cuando el logaritmo matemático no se puede ejecutar, mientras que un error de lógica ocurre cuando se obtiene el resultado esperado al compilar.

TABLA DE RESPUESTAS

PREGUNTA	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ANEXO 2. Escala Likert Evaluación de Pensamiento Computacional y Matemático con enfoque STEM

UNIVERSIDAD DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN DE MÉXICO UIIX

COLEGIO CUNDINAMARCA IED

Evaluación de Pensamiento Computacional y Matemático con enfoque STEM

Escala Likert. Línea de Investigación de matemáticas con enfoque STEM

Nombre: _____ **curso:** _____

Objetivo: Determinar el nivel de motivación hacia cada una de las actividades STEM y el interés de seguir explorando este campo, en relación al aprendizaje de las matemáticas

Instrucciones:

Marca con un “X” el grado de acuerdo o desacuerdo para cada una de las afirmaciones planteadas.

Afirmación	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
------------	--------------------------------	------------------	--------------------------------------	---------------	--------------------------

En mi clase se realizan actividades que integran conocimientos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

Los proyectos que realizamos en clase me permiten

desarrollar habilidades de pensamiento computacional, como la resolución de problemas y el diseño de algoritmos.

Utilizo herramientas tecnológicas de forma regular para aprender matemáticas y ciencias.

Considero que el enfoque STEM me ha ayudado a comprender mejor los conceptos matemáticos.

Me siento motivado/a participar en actividades STEM en mi tiempo libre.

Creo que el enfoque STEM me prepara mejor para los desafíos del mundo real.

Los proyectos STEM me permiten trabajar en equipo y desarrollar habilidades de comunicación.

**Considero que el enfoque
STEM es relevante para mi
futuro profesional.**

**Mi profesor/a me brinda
suficiente apoyo para
desarrollar proyectos STEM.**

**Los recursos disponibles en mi
escuela son adecuados para
llevar a cabo actividades
STEM.**

ANEXO 3. Guía de Observación. Línea de Investigación de matemáticas con enfoque STEM

UNIVERSIDAD DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN DE MÉXICO UIIX

COLEGIO CUNDINAMARCA IED

Guía de Observación. Línea de Investigación de matemáticas con enfoque STEM

Objetivo: Detallar de manera precisa cómo se implementa el enfoque STEM en el aula, identificando las prácticas pedagógicas, los recursos utilizados y las interacciones que se producen.

Dimensión	Categorías de Observación	Indicadores a Observar
	Claridad de los objetivos de aprendizaje	¿Los objetivos están claramente definidos y son relevantes para el enfoque STEM?
Planificación	Articulación con el currículo	¿Las actividades están alineadas con los estándares y contenidos del currículo STEM?
	Diversidad de actividades	¿Se proponen actividades que promueven la resolución de problemas, la indagación y el pensamiento crítico?

Implementación	Uso de materiales y recursos	¿Se utilizan materiales manipulativos, tecnología y recursos auténticos?
	Organización del aula	¿El aula está organizada de manera que facilita el trabajo colaborativo y la exploración?
	Interacción docente-estudiante	¿El docente promueve la participación activa de los estudiantes y responde a sus preguntas?
	Colaboración entre estudiantes	¿Los estudiantes trabajan en equipo y comparten ideas?
Aprendizaje	Evidencias de aprendizaje	¿Los estudiantes demuestran comprensión de los conceptos STEM a través de productos, presentaciones o discusiones?
	Desarrollo de habilidades	¿Se observan mejoras en habilidades como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad?
	Actitud hacia la ciencia	¿Los estudiantes muestran interés y curiosidad por la ciencia?

ANEXO 4. Escala Likert Herramientas y plataformas educativas

UNIVERSIDAD DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN DE MÉXICO UIIX

COLEGIO CUNDINAMARCA IED

Evaluación de Pensamiento Computacional y Matemático con enfoque STEM

Herramientas y plataformas educativas

Línea de Investigación de matemáticas con enfoque STEM

Nombre: _____ **curso:** _____

Instrucciones:

Dar a conocer una valoración para cada una de las herramientas y plataformas educativas utilizadas teniendo en cuenta la escala de 1 a 5. Siendo 1: Nada, 2: Bajo, 3: Medio, 4: Alto, 5: Muy alto

Dimensión	Indicador	Escala de Valoración: (1-5)
Integración STEM	Integra conceptos de las cuatro áreas STEM	
	Promueve la aplicación práctica de los conocimientos	
	Fomenta el trabajo colaborativo	

Desarrollo del Pensamiento Computacional	Desarrolla habilidades de resolución de problemas
	Permite la creación de algoritmos
	Fomenta la creatividad
Motivación	Es atractiva y motivante
	Fomenta la curiosidad
	Permite la experimentación
Accesibilidad y Facilidad de Uso	Es fácil de usar
	Está disponible en múltiples dispositivos
	No requiere conocimientos técnicos avanzados
Alineación con el Currículo	Se alinea con los objetivos de aprendizaje
	Complementa las actividades en el aula
	Puede ser adaptada a diferentes niveles