

La interacción Humanos con Medios en el uso de *Prompts* de inteligencia artificial generativa
para aprender trigonometría

Edwar Santiago Rangel Díaz, Brayan Sneider Serrano Gómez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Licenciado en Matemáticas

Directora

Jenny Patricia Acevedo Rincón

Doctora en Educación

Codirector

Juan Diego Andrés Prada Ramírez

Magister en innovación y tecnologías educativas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Matemáticas

Bucaramanga

2026

Dedicatorias

Dedico este logro académico al motor de mi vida, mis padres Sonia y Alvaro. Ellos, que con su presencia, apoyo y amor incondicional me ayudaron a mantenerme en pie a lo largo de este camino universitario. Gracias por ser mi motivación para seguir adelante, por creer en mí y por dedicar sus vidas para que pueda cumplir los sueños de la mía.

Brayan Sneider Serrano Gómez

Dedico a quien me inspiro desde pequeño: Cristiano Ronaldo dos Santos Aveiro. Aquel que siempre me demostraba que la disciplina, perseverancia y capacidad de levantarse sin importar el resultado, quien me hizo disfrutar durante mucho tiempo mi gran pasión el futbol, a quien no solo veía como un futbolista sino como alguien a seguir por todo esto esta dedicatoria va para él. A mis padres, por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y el ejemplo de perseverancia que me han brindado durante toda mi vida. Gracias por acompañarme en este camino y por ser parte fundamental de este logro académico. Y, a todas aquellas personas que, con su compañía, apoyo y aliento, estuvieron presentes en los momentos más difíciles y me impulsaron a seguir adelante hasta ver los frutos de este esfuerzo.

Edwar Santiago Rangel Díaz

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, por haberme brindado la formación académica y humana que hoy me permite culminar esta etapa. Sus espacios de conocimiento y su comunidad universitaria marcaron de manera significativa mi desarrollo profesional.

A la Escuela de Matemáticas de la UIS, por su excelencia académica y por cultivar en mí el pensamiento riguroso y la pasión por esta bella disciplina. Cada asignatura, cada demostración y cada reto matemático contribuyeron a forjar al profesional que hoy soy.

A mi directora de tesis, la profesora Jenny Patricia Acevedo Rincón, por su guía permanente, su paciencia y su dedicación a lo largo de todo este proceso investigativo. Su orientación fue determinante para dar forma y solidez a este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la universidad, quienes estuvieron presentes en cada reto, examen y proyecto. Su amistad, solidaridad y compañía hicieron que cada obstáculo fuera más fácil de superar y cada logro más significativo.

A mi familia, por su apoyo incondicional y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro es tan mío como de ustedes.

A todos, gracias.

Edwar Santiago Rangel Díaz

Agradecimientos

A la profesora Jenny Patricia Acevedo Rincón y al profesor Juan Diego Andrés Prada Ramírez, por estar al frente de esta investigación con su paciencia, apoyo y gestión para que todo este proceso se consolidara con éxito y fuera una experiencia de aprendizaje enriquecedora. Su calidad humana y profesionalismo son el ejemplo vivo de la clase de educadores que aspiro a ser.

Agradecimiento especial al Instituto Técnico Santo Tomás y al Colegio Sagrado Corazón de Jesús. A sus directivos por permitirnos llevar a cabo esta investigación, y sobre todo a los estudiantes de grado 11° por su comprensión, atención y participación en cada una de las sesiones.

De igual manera, agradezco profundamente a todas aquellas personas que, de una u otra forma me acompañaron y me brindaron su apoyo durante estos años de formación. Su presencia, sus palabras de motivación en los momentos difíciles y su fe en mis capacidades fueron fundamentales para mantenerme firme y culminar de la mejor manera esta etapa.

Brayan Sneider Serrano Gómez

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	14
1. El problema de investigación	16
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	19
2. Referentes	21
2.1. ANTECEDENTES	22
2.1.1. IA como recurso didáctico.....	25
2.1.2. Recursos de aprendizaje	26
2.1.3. IA en el aula: Desafíos y limitaciones.....	26
2.1.4. La IA en el currículo escolar.	27
2.1.5. Aplicaciones en la enseñanza de la trigonometría	28
2.2. REFERENTES TEÓRICOS.....	29
2.2.1. Uso instrumental de la IA (Categoría C1)	34
2.2.2. Solicitud de procedimiento paso a paso (Categoría C2)	36
2.2.3. Solicitud de explicación conceptual (Categoría C3)	37
2.2.4. Planteamiento matemático del problema (Categoría C4).....	38
3. Aspectos metodológicos	40
3.1. MÉTODO.....	41
3.2. DISEÑO METODOLÓGICO	42
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	44
3.4. POBLACIÓN	49

3.5. ASPECTOS ÉTICOS.....	50
4. Análisis de resultados	53
4.1. CARACTERIZACIÓN ASPECTOS TECNOLÓGICOS, ACADÉMICOS Y PERSONALES	53
4.1.1. <i>Resultados colegio Público-ITST.....</i>	<i>54</i>
4.1.2. <i>Resultados Colegio Privado- SCJ</i>	<i>66</i>
4.1.3. <i>Comparativa de la caracterización aspectos tecnológicos, académicos y personales en las instituciones</i>	<i>75</i>
4.2. PRUEBA DIAGNÓSTICA DE CONTENIDOS MATEMÁTICOS	83
4.2.1 <i>Preguntas de conocimientos geométricos básicos y clasificación de triángulos</i>	<i>84</i>
4.2.2 <i>Preguntas relacionadas con razones trigonométricas y relaciones en el triángulo.....</i>	<i>89</i>
4.2.3 <i>Preguntas de resolución de triángulos y medida angular</i>	<i>95</i>
4.3. RESULTADOS DE LA RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SIN IA.....	99
4.3.1. <i>Colegio Público ITST</i>	<i>101</i>
4.3.2. <i>Colegio Privado SCJ.....</i>	<i>104</i>
4.4. RESULTADOS DE LA CAPACITACIÓN TÉCNICA DE INTERACCIÓN CON LA IA	112
4.4.1 <i>Acceso a la plataforma</i>	<i>113</i>
4.4.2 <i>Interacciones en plataforma.....</i>	<i>115</i>
4.5 ANÁLISIS DE LAS INTERACCIONES HCM DURANTE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS TRIGONOMÉTRICOS USANDO LA IA	120
4.5.1. <i>Interacciones de los estudiantes del ITST</i>	<i>125</i>
4.5.2. <i>Interacción de los estudiantes del SCJ</i>	<i>134</i>
4.5.3. <i>Comparativa de las interacciones entre las instituciones.....</i>	<i>141</i>
Conclusiones.....	145
Referencias bibliográficaS.....	150
Apéndices	156

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Niveles de demanda cognitiva	32
Tabla 2. Definición categoría C1	35
Tabla 3. Definición categoría C2	36
Tabla 4. Definición categoría C3	37
Tabla 5. Definición Categoría C4	38
Tabla 6. Síntesis de categorías de demanda cognitiva usando IA	39
Tabla 7. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	45
Tabla 8. Matriz de análisis para la codificación de los prompts	47
Tabla 9. Recursos digitales y su uso ITST	59
Tabla 10. Experiencias matemáticas ITST	61
Tabla 11. Percepción sobre trigonometría ITST	64
Tabla 12. Recursos digitales y su uso SCJ.....	71
Tabla 13. Experiencias matemáticas SCJ	72
Tabla 14. Percepción sobre trigonometría SCJ	74
Tabla 15. Respuestas conocimientos geométricos ITST	85
Tabla 16. Respuestas conocimientos geométricos SCJ	87
Tabla 17. Respuestas razones trigonométricas ITST	90
Tabla 18. Respuestas razones trigonométricas SCJ	92
Tabla 19. Respuestas resolución de triángulos ITST	96
Tabla 20. Respuestas resolución de triángulos SCJ	97

Tabla	21.	Desarrollo de los ejercicios sin IA ITST.....	101
Tabla	22.	Desarrollo de los ejercicios sin IA SCJ.....	105
Tabla	23.	Número de prompts obtenidos.....	125
Tabla	24.	Clasificación de los prompts en los ejercicios del ITST.....	126
Tabla	25.	Clasificación de los estudiantes del ITST.....	129
Tabla	26.	Ejemplos de prompts observados ITST.....	131
Tabla	27.	Clasificación de los prompts en los ejercicios del SCJ.....	135
Tabla	28.	Clasificación de los estudiantes del SCJ.....	137
Tabla	29.	Ejemplos de prompts observados SCJ.....	139
Tabla	30.	Comparativa de la clasificación de estudiantes entre instituciones.....	141

Lista de Figuras

Figura 1.	Fases de la investigación.....	43
Figura 2.	Distribución de edad ITST.....	54
Figura 3.	Estrategia de estudio ITST.....	55
Figura 4.	Estrategias para resolver dudas ITST	56
Figura 5.	Acceso a dispositivos tecnológicos ITST	58
Figura 6.	Frecuencia uso Internet e IA ITST.....	60
Figura 7.	Distribución de edad SCJ.....	67
Figura 8.	Estrategia de estudio SCJ.....	68
Figura 9.	Estrategias para resolver dudas SCJ	69
Figura 10.	Acceso a dispositivos tecnológicos SCJ	70
Figura 11.	Frecuencia uso Internet e IA SCJ	71
Figura 12.	Distribución de edades por institución	76
Figura 13.	Estrategia de estudio por institución.....	77
Figura 14.	Acceso a dispositivos tecnológicos por institución	78
Figura 15.	Uso de recursos digitales por institución	79
Figura 16.	Capacidad para afrontar problemas trigonométricos.....	82
Figura 17.	<i>Ejemplo de aproximación a la resolución mediante aplicación de la razón tangente.</i>	103
Figura 18.	Resolución correcta de un problema relacionado con ángulos.....	103
Figura 19.	Ejemplo de aproximación a la resolución mediante aplicación de la razón trigonométrica tangente.	107

Figura 20.	Resolución correcta de un problema relacionado con ángulos.....	107
Figura 21.	Explicación de problema de tangente durante el taller de refuerzo	110
Figura 22.	Explicación de problema de ángulos durante el taller de refuerzo	111
Figura 23.	Desarrollo de ejercicios de práctica durante el taller de refuerzo.....	111
Figura 24.	Accesos de la plataforma ZapIA-Lab	114
Figura 25.	Interacciones en la plataforma ZapIA-Lab	115
Figura 26.	Prompts de los estudiantes durante la interacción inicial	117
Figura 27.	Errores durante la interacción en la plataforma	119
Figura 28.	Ejercicios implementados en la Fase 3 sobre tangente.....	121
Figura 29.	Ejercicios implementados en la Fase 3 sobre ángulos.....	122
Figura 30.	Desarrollo Fase 3 ITST	134
Figura 31.	Interacción de los estudiantes SCJ durante la Fase 3	140

Lista de Apéndices

Apéndice A. Prueba diagnóstica 11°	156
Apéndice B. Cuestionario grado 11°	158
Apéndice C. Consentimiento informado a padres grado 11°	160
Apéndice D. Asentimiento informado a estudiantes grado 11°	162

Resumen

Título: La interacción Humanos con Medios en el uso de Prompts de inteligencia artificial generativa para aprender trigonometría*

Autor: Edwar Santiago Rangel Diaz, Brayan Sneider Serrano Gómez**

Palabras Clave: IAG, *prompts*, educación matemática, trigonometría, educación media, tecnología.

Descripción: En el contexto educativo actual, la incorporación de herramientas de inteligencia artificial generativa ha transformado la interacción y la resolución de problemas matemáticos, generando así nuevos escenarios de mediación tecnológica. El objetivo de este trabajo es explicar la interacción Humanos con Medios (HcM) que se configura a través de los *prompts* generados por estudiantes de grado undécimo al utilizar tutores basados en inteligencia artificial generativa, al enfrentarse a situaciones trigonométricas en instituciones educativas públicas y privadas. Se adopta un enfoque cualitativo de carácter descriptivo-interpretativo.

Los resultados evidenciaron que las interacciones con la IA se concentraron principalmente en usos instrumentales orientados a la obtención de respuestas y en solicitudes de procedimientos paso a paso, mientras que las interacciones asociadas con niveles más altos de demanda cognitiva fueron menos frecuentes. En consecuencia, la investigación permitió comprender cómo el lenguaje empleado en los *prompts* influye en la naturaleza de la interacción HcM y en los procesos de aprendizaje matemático, aportando elementos para orientar el uso reflexivo, crítico y pedagógicamente intencionado de la IA en la enseñanza de la trigonometría.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Matemáticas. Director: Jenny Patricia Acevedo Rincón. Doctora en educación. Codirector: Juan Diego Andrés Prada Ramírez. Magister en Innovación y Tecnologías para la Educación

Abstract

Title: Human interaction with Media in the use of generative Artificial Intelligence prompts to learn trigonometry*

Author: Edwar Santiago Rangel Diaz, Brayan Sneider Serrano Gómez.^{††}

Key Words: AIG, prompts, mathematical education, trigonometry, secondary education, technology.

Description: In the current educational context, the incorporation of generative artificial intelligence tools has transformed interaction and mathematical problem solving, thus generating new scenarios of technological mediation. The objective of this study is to explain the Humans-with-Media (HwM) that emerges through the prompts generated by 11th-grade students when using tutors based on generative artificial intelligence to tackle trigonometric problems in public and private educational institutions. A qualitative, descriptive-interpretive approach is adopted.

The results showed that interactions with AI were primarily focused on instrumental uses aimed at obtaining answers and requests for step-by-step procedures, while interactions associated with higher levels of cognitive demand were less frequent. Consequently, the research provided insight into how the language used in prompts influences the nature of HwM interaction and mathematical learning processes, offering guidance for the reflective, critical, and pedagogically intentional use of AI in the teaching of trigonometry

* Degree Work

†† Faculty of Sciences. School of Mathematics. Director: Jenny Patricia Acevedo Rincón. Doctor of education. Co-director: Juan Diego Andrés Prada Ramírez. Master's in Innovation and Educational Technologies

Introducción

La Inteligencia Artificial generativa (IAG) en los últimos años ha originado una gran incertidumbre respecto al camino que ha venido trazando y el que debe tomar la educación matemática y sus procesos. Posiblemente, porque los estudiantes y docentes han limitado la interacción tradicional con libros o calculadoras, prefiriendo en la actualidad hacerlo por medio de tutores basados en IA, los cuales son capaces de ofrecer explicaciones, soluciones a problemas, representaciones y consejos en tiempo real sin importar cual sea el tema o la asignatura presentada.

En este nuevo escenario tecnológico-educativo, la interacción que tienen los estudiantes con la inteligencia artificial no es automática ni neutra; sino que se encuentra mediada por procesos cognitivos, lingüísticos y estratégicos que configuran la manera en que se construye el conocimiento matemático. En este sentido, el concepto de Humanos con Medios (HcM) permite comprender que el aprendizaje no ocurre únicamente en el sujeto ni exclusivamente con la herramienta tecnológica, sino en la relación dinámica que se establece entre ambos. De esta manera, posibilita analizar la interacción estudiante-IA como un sistema integrado en el que el conocimiento emerge de la coordinación entre lenguaje, herramienta tecnológica y razonamiento matemático, especialmente en contextos como la resolución de problemas trigonométricos, donde convergen representaciones gráficas, geométricas y algebraicas.

Los *prompts*^{‡‡} son un elemento central de dicha comunicación y proceso de resolución de problemas ya que la manera en que un estudiante formula un *prompt* influye en la respuesta o explicación, el nivel de detalle, el procedimiento y los conceptos utilizados, tal como lo señalan

^{‡‡} Instrucciones, o preguntas que los estudiantes usan para obtener respuestas en los tutores IA.

Lee y Palmer (2025). Por tanto, conocer cómo los estudiantes de undécimo grado utilizan los tutores IA y cómo generan sus *prompts* es una parte fundamental para analizar el aprendizaje que se está produciendo.

Y es aquí donde la trigonometría entra en juego con un papel fundamental, ya que esta rama de las matemáticas permite modelar y generar situaciones que están presentes en contextos académicos, tecnológicos y cotidianos. Por lo que la enseñanza de esta permite la integración de dichos problemas mediante el uso de IA, con el fin de no buscar solo el uso de procedimientos sino la comprensión de dichas relaciones y modelados, para poder así generar una articulación entre lo gráfico, geométrico y algebraico.

En consecuencia, esta investigación se propone explicar el uso de tutores IA por parte de estudiantes de undécimo grado en la resolución de problemas trigonométricos, poniendo especial atención en los *prompts* —su estructura y función— como mediadores del aprendizaje. De esta manera, se buscan elementos teóricos y empíricos que permitan comprender la interacción estudiante-IA desde una perspectiva educativa, contribuyendo al debate actual sobre el papel de la inteligencia artificial en la enseñanza de las matemáticas y ofrecer interpretaciones para su integración pedagógica y crítica fundamentada en el aula.

Por lo anterior, esta propuesta busca derivar orientaciones pedagógicas para la integración crítica de tutores de IA en el aula de matemáticas, entendiendo que su potencial formativo no reside únicamente en la herramienta tecnológica en sí misma, sino en el tipo de interacción que se promueve y en la calidad de los *prompts* que los estudiantes construyen. De esta manera, se espera contribuir a la consolidación de un marco didáctico que articule la enseñanza de la trigonometría con el uso reflexivo de la inteligencia artificial. Situando al estudiante como sujeto activo, crítico y consciente de los procesos cognitivos y lingüísticos que median su aprendizaje.

1. El problema de investigación

Este apartado aproxima al planteamiento del problema de investigación desde el análisis de la interacción Humanos con Medios (HcM) que emerge entre estudiantes y tutores basados en IAG para resolver situaciones matemáticas. Partiendo de las dificultades conceptuales persistentes en la enseñanza de la trigonometría y del creciente uso de estos sistemas en contextos escolares, así como del análisis desde una perspectiva didáctica, en el cual se delimita el vacío de conocimiento existente y se fundamenta la pertinencia de estudiar los patrones de interacción que se configuran en este escenario educativo.

1.1. Planteamiento y formulación del Problema

La trigonometría constituye un eje central del currículo de matemáticas en la educación media, al articular conceptos geométricos, el pensamiento funcional y el análisis del cambio. No obstante, investigaciones en didáctica de las matemáticas han evidenciado que los estudiantes presentan dificultades persistentes al enfrentar situaciones trigonométricas (Nanmumpuni & Retnawati, 2021). Desde una perspectiva didáctica y epistemológica, estas dificultades pueden vincularse con procesos de construcción de significado matemático (Sierpinska, 1992), particularmente en aspectos con obstáculos epistemológicos asociados desde la transición entre la trigonometría del triángulo y la del círculo unitario, a la comprensión de la periodicidad y la construcción de las funciones trigonométricas, así como a una débil apropiación del radián como unidad de medida angular y la lectura de representaciones gráficas. Estas dificultades suelen estar vinculadas a concepciones previas que, aunque funcionales en otros contextos matemáticos, se convierten en obstáculos al abordar la naturaleza funcional y periódica de las razones trigonométricas (Kamber & Takaci, 2018).

Es por esto por lo que, en el contexto escolar, la trigonometría representa un contexto idóneo para el desarrollo de la resolución de problemas, ya que requiere que los estudiantes interpreten situaciones, seleccionen estrategias adecuadas y posteriormente verifiquen resultados, siguiendo así procesos similares a los descritos por Pólya (1973) para el pensamiento matemático, esto con la finalidad de que los estudiantes comprendan las matemáticas como una actividad razonada y no solo procedimental.

En particular, estudios como el de Rosjanuardi, R., & Jupri, A. (2020). Muestran que los estudiantes suelen asociar los valores trigonométricos únicamente con ángulos especiales y presentan confusión en el significado matemático de π , lo cual se evidencia en la conversión entre grados y radianes realizada de manera mecánica; además de las dificultades mostradas en la interpretación de gráficas de funciones trigonométricas, incluso después de haber recibido instrucción formal sobre el tema. Estos hallazgos evidencian la persistencia de dificultades conceptuales en la enseñanza y el aprendizaje de la trigonometría en el nivel de Educación Media.

De manera paralela, el uso de tutores basados en IAG se ha incrementado en contextos educativos, siendo empleados por los estudiantes como apoyo autónomo para resolver tareas matemáticas. Aunque investigaciones recientes (Lewkowycz et al., 2022; OpenAI, 2023) han mostrado altos niveles de precisión de estos sistemas al resolver problemas matemáticos, aún se conoce poco sobre la interacción que establecen los estudiantes con dichos tutores al enfrentar situaciones matemáticas específicas, particularmente en el campo de la trigonometría. Asimismo, Vergara Aguilera y Solis-Granda (2026) señalan que, cuando los tutores inteligentes se implementan de manera estructurada se evidencian mejoras significativas en el rendimiento académico, especialmente en la resolución de problemas matemáticos y en el fortalecimiento de la comprensión conceptual.

En el Instituto Técnico Santo Tomás y Colegio Sagrado Corazón de Jesús se ha observado un aumento en el uso de modelos de lenguaje (LLM) por parte de los estudiantes para resolver problemas matemáticos. Aunque estas herramientas pueden apoyar el aprendizaje, su uso se centra principalmente en obtener respuestas rápidas, lo que podría estar reemplazando procesos de razonamiento y comprensión. Esto genera una preocupación pedagógica, ya que no basta con reconocer su uso, sino que es necesario entender la manera en que los estudiantes interactúan con estas herramientas y qué procesos cognitivos se ven involucrados.

Actualmente, existe un vacío de información sobre estas interacciones al formular *prompts* con tutores IAG en el contexto de estas instituciones educativas, por lo que se requiere generar evidencia que permita orientar estrategias docentes para un uso adecuado de la inteligencia artificial. Además, se hace necesario investigar los patrones de interacción que emergen y las dificultades que se manifiestan los estudiantes en estas formulaciones al resolver situaciones trigonométricas en grado undécimo del Instituto Técnico Santo Tomás. Para ello, se plantea la siguiente pregunta de investigación: *¿Qué interacciones HcM emergen en los prompts generados por estudiantes de grado undécimo del Instituto Técnico Santo Tomás (público) y del Colegio Sagrado Corazón de Jesús (privado) de Zapatoca (Santander) al utilizar tutores basados en IAG para resolver situaciones trigonométricas?*

1.2. Objetivos

Con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación, se tiene por objetivo general: *Explicar la interacción Humanos con Medios (HcM) que se configura a través de los prompts generados por estudiantes de grado undécimo al utilizar tutores basados en inteligencia artificial generativa, al enfrentar situaciones trigonométricas en instituciones educativas públicas y privadas.*

Para lo cual se pretende desarrollar los siguientes objetivos específicos:

- Examinar la manera en que los estudiantes de grado undécimo estructuran y emplean *prompts* al hacer uso de tutores basados en inteligencia artificial generativa, identificando patrones de formulación y dificultades recurrentes al enfrentar situaciones trigonométricas.
- Interpretar la interacción Humanos–Medio que emerge del uso de tutores de inteligencia artificial generativa en situaciones trigonométricas, a partir del análisis de los *prompts* elaborados por los estudiantes.

1.3. Justificación

El creciente uso de tutores basados en IAG en el ámbito educativo plantea nuevos desafíos y oportunidades para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Si bien estudios como el de Li et al. (2023) han evidenciado que sistemas como ChatGPT alcanzan altos niveles de precisión en la resolución de problemas matemáticos y contribuyen al aprendizaje personalizado y a la autorregulación de los estudiantes, estos resultados se han centrado principalmente en evaluar el desempeño del sistema, más que en comprender la naturaleza de la interacción que se establece entre los estudiantes y la inteligencia artificial.

Desde una perspectiva didáctica, diversas investigaciones (Daher, 2020; Drijvers, 2015; Hoyles & Noss, 2009) han señalado la importancia de incorporar entornos tecnológicos que favorezcan procesos de exploración, construcción de significados y elaboración de narrativas matemáticas por parte de los estudiantes, particularmente en el aprendizaje de la trigonometría. En este sentido, Drijvers (2015) señala que los entornos digitales favorecen procesos de razonamiento matemático al permitir la articulación entre diferentes representaciones (gráficas, simbólicas y numéricas), complementando así el estudio de Daher (2020) el cual analiza los procesos de exploración tecnológica desarrollados por estudiantes de grado undécimo en torno a la función

seno. Este estudio evidencia la articulación entre representaciones gráficas, numéricas y simbólica mediante el uso de herramientas digitales, así como la construcción de narrativas que permiten a los estudiantes otorgar sentido a conceptos como la variación, la periodicidad y la dependencia funcional. Estos resultados muestran que la tecnología no actúa únicamente como un recurso instrumental, sino como un medio que incide en las formas de razonamiento y comunicación matemática de los estudiantes al enfrentar situaciones trigonométricas.

Asimismo, este estudio se justifica por su aporte al campo de la Educación Matemática, al desplazar el foco desde la evaluación de la eficacia de la inteligencia artificial hacia el análisis de la interacción estudiante-IA como fenómeno didáctico. Los resultados de esta investigación podrán contribuir a la construcción de criterios para la integración pedagógica de tutores de IAG en la enseñanza de la trigonometría, tanto en instituciones públicas como privadas, favoreciendo un uso que potencie el aprendizaje conceptual y la autonomía de los estudiantes.

2. Referentes

El avance rápido de la Inteligencia Artificial generativa (IAG) ha creado un nuevo escenario para la enseñanza de las matemáticas en la Educación Media. Herramientas como ChatGPT, DALL·E y Midjourney no solo facilitan tareas, sino que también simulan procesos de razonamiento y generación de conocimiento, lo que plantea interrogantes sobre su impacto en la educación, el aprendizaje y la comprensión matemática.

En este contexto, es crucial analizar las oportunidades educativas que ofrece la IA y los desafíos éticos, pedagógicos y curriculares que conlleva su integración en el aula. Este apartado revisa los antecedentes investigativos y las bases teóricas que fundamentan la investigación actual, considerando la IA como una variable autónoma que altera las dinámicas de interacción, retroalimentación y mediación educativa en la clase de matemáticas. Además, se destaca la resolución de problemas como el núcleo del aprendizaje matemático, especialmente en trigonometría, y como una habilidad que puede ser influenciada o potenciada mediante el uso intencional de recursos digitales y programas de mentoría inteligente. Desde esta perspectiva, se relacionan contribuciones de la didáctica de las matemáticas, la teoría sociocultural y las investigaciones recientes sobre la tutoría impulsada por IA, con el fin de fundamentar el estudio de la percepción del estudiante y las implicaciones educativas que estas tecnologías tienen en el ámbito educativo.

2.1. Antecedentes

La expansión acelerada de herramientas de inteligencia artificial basadas en modelos generativos como ChatGPT, DALL·E o Midjourney, ha colocado al sistema educativo frente a un desafío inédito: reconocer la percepción que tienen los estudiantes ante unas tecnologías capaces de procesar información, aprender patrones y ejecutar tareas asociadas al pensamiento complejo. De acuerdo con Deng (2018), la Inteligencia Artificial puede entenderse como un conjunto de tecnologías sustentadas en modelos y algoritmos que permiten simular procesos cognitivos, lo que evidencia su potencial transformador en los contextos escolares. En la misma línea, Fernández et al. (2019) destacan que la asistencia automatizada brinda nuevas posibilidades para dinamizar el aprendizaje y ofrecer apoyos personalizados a estudiantes de distintos niveles educativos.

Si bien la IA es un campo reciente dentro del ámbito educativo, ello no ha impedido el desarrollo de investigaciones orientadas a examinar sus implicaciones. Sin embargo, como señalan Bond et al. (2024), las revisiones sistemáticas a nivel internacional muestran que en Latinoamérica aún es limitado el estudio sobre el tema, dificultando así contar con una visión consolidada acerca de su impacto en la educación. Además, investigaciones previas (Salas-Pilco, Xiao y Hu, 2022) han tendido a concentrarse en dimensiones administrativas o de gestión institucional, dejando en segundo plano la percepción estudiantil frente a la IA siendo solo recientemente que han comenzado a aparecer trabajos en los cuales se recupera la voz de los estudiantes en países latinoamericanos como los son Ecuador, Perú y México (Grájeda et al. 2024; Torres-Gómez, 2024).

En los últimos años los *chatbots* basados en Inteligencia Artificial han comenzado a consolidarse como tutores digitales en la educación secundaria, especialmente en el área de matemáticas y, de manera particular en la enseñanza de la trigonometría. Sin embargo, muchas de

estas herramientas se han centrado principalmente en la entrega automática de respuestas, dejando en segundo plano la profundidad del diálogo, el fortalecimiento del pensamiento crítico y la mediación pedagógica necesaria para la construcción del conocimiento. En este contexto surgen propuestas como *BEEXPERT*, un *chatbot* con interacción por voz diseñado para apoyar estudiantes de secundaria en el aprendizaje de las matemáticas mediante técnicas de *Retrieval-Augmented Generation (RAG)* (Marchella et al., 2025), buscando enriquecer la experiencia formativa mediante una comunicación más dinámica y cercana.

Así mismo, se propone *CURUMIM*, desarrollado por Barbosa et al. (2022), es un Sistema de Tutoría Inteligente (ITS) orientado a programas K-12 que integra al docente como agente activo del proceso de aprendizaje y se fundamenta en la Teoría de las Experiencias de Aprendizaje Mediadas (MLE). Este sistema incorpora un Asistente Virtual Pedagógico capaz de aclarar dudas y generar diálogos ajustados al nivel de reciprocidad del estudiante, promoviendo así una mediación intencionada en la resolución de problemas trigonométricos. En conjunto, estos antecedentes evidencian un avance hacia modelos de tutoría inteligente que no solo automatizan respuestas, sino que buscan articular tecnología, acompañamiento docente y construcción significativa del conocimiento matemático.

La IA puede comprenderse como una variable independiente cuando se introduce intencionalmente en el proceso de enseñanza para analizar su influencia en la comprensión de un objeto matemático. En este sentido, la IA actúa como un mediador didáctico que transforma las dinámicas de interacción, retroalimentación y construcción de significado. Como señalan Torres-Peña et al. (2024), el uso de tutores virtuales basados en IA favorece entornos de aprendizaje adaptativos, proporciona retroalimentación inmediata y fortalece tanto la precisión procedimental como la claridad conceptual en contenidos como las derivadas y las tasas de cambio. Así, su

incorporación impacta directamente en la comprensión conceptual y el razonamiento matemático de los estudiantes frente al objeto de estudio.

Con el propósito de delimitar y organizar los antecedentes que sustentan esta investigación, se realizó una búsqueda sistemática de literatura en bases de datos académicas especializadas como *Scopus*, *Web of Science* y *Academic Google*. La búsqueda se realizó combinando palabras clave en español e inglés relacionadas con la Inteligencia Artificial, la educación matemática y la trigonometría. Para ello, se utilizaron expresiones como “Inteligencia Artificial” o “Artificial Intelligence”, junto con términos como “educación matemática”, “trigonometría”, “tutorIA”, “sistema de tutoría inteligente” y “educación secundaria” o “K-12”. Estas palabras se combinaron de distintas maneras para encontrar investigaciones que relacionaran la IA con la enseñanza de las matemáticas en contextos escolares. Como fórmula de búsqueda en dichas bases de datos se tiene:

(“Artificial intelligence”) AND (“chatbot” OR “tutor AI”) AND (“trigonometry” OR Math* AND “educat*”) AND (“problem solut*”) AND “K-12”.
--

Como criterios de inclusión se consideraron: artículos publicados entre 2018 y 2025, investigaciones empíricas o revisiones sistemáticas relacionadas con el uso de IA en contextos educativos, estudios centrados en educación secundaria o en el sistema K-12, y trabajos que abordaran implicaciones didácticas, curriculares o de aprendizaje en Matemáticas. Se excluyeron: publicaciones sin revisión por pares, estudios enfocados exclusivamente en aspectos técnicos de programación sin relación pedagógica, investigaciones centradas únicamente en ámbitos empresariales, y documentos duplicados o con información insuficiente para el análisis.

El proceso de revisión permitió identificar tendencias recurrentes y agrupar los hallazgos en cinco categorías emergentes que estructuran los antecedentes del estudio: (i) IA como recurso

didáctico, (ii) recursos de aprendizaje mediados por tecnología, (iii) desafíos y limitaciones de la IA en el aula, (iv) integración de la IA en el currículo escolar y (v) aplicaciones en la enseñanza de la trigonometría.

2.1.1. IA como recurso didáctico

La IA puede entenderse como una herramienta pedagógica que, en muchos casos, los propios estudiantes reconocen como un recurso de apoyo en su aprendizaje. Del mismo modo, su incorporación al ámbito de la educación puede beneficiar el proceso de formación, siempre y cuando el uso de ella esté guiado por el objetivo de generar aprendizajes significativos. En este sentido, Martínez, Morales y Gonzáles (2023) argumentan que la inteligencia artificial permite organizar los contenidos y los ejercicios para dar cabida a las características y necesidades de cada estudiante, lo cual favorece el proceso educativo. A partir de esta visión, la IA puede ser considerada como una herramienta docente, no como un obstáculo, ofreciendo recursos para ayudar a nutrir la enseñanza y el aprendizaje.

Ahora bien, para un planteamiento constructivista, el docente debe tener en cuenta que debe posicionarse en la selección y la organización de aquellos recursos que se utilizan para el aula, haciendo de ellos un medio para intentar suscitar experiencias de aprendizajes significativas, incluso en aquellos contextos más adversos por la ausencia de materiales (Ortiz Granja, 2015). De esta manera, podemos decir que la inteligencia artificial puede ser utilizada como un recurso más en el proceso educativo, siempre que el uso de ella venga guiado por el docente mediante actividades pensadas para propiciar la participación activa del estudiante en la construcción de su conocimiento.

2.1.2. Recursos de aprendizaje

La inclusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los procesos formativos ha potenciado los procesos de formación y apoyado el aprendizaje autónomo en diferentes escenarios educativos. Las TIC pueden incidir de forma positiva en el rendimiento académico y en la motivación de los estudiantes, debido a que posibilitan diferentes modos y estrategias de acceso al conocimiento (Jara y Ochoa, 2020). En esta misma línea, González-González (2023) señala que la inteligencia artificial constituye una herramienta de apoyo para el proceso educativo, ya que permite personalizar el aprendizaje, ofrecer retroalimentación inmediata y generar nuevos recursos didácticos. No obstante, enfatiza que estas tecnologías no sustituyen al docente, sino que complementan su labor pedagógica y fortalecen los procesos de enseñanza y aprendizaje.

A lo anterior, hay que recordar que a partir de la teoría sociocultural la inteligencia artificial puede interpretarse como una mediación del aprendizaje, ya que siguiendo los postulados de Chaves Salas (2001), las tecnologías y la IA son parte del entorno cultural donde se encuentran los estudiantes y, por lo tanto, aportan al desarrollo de habilidades cognitivas. En este sentido, su uso podría proporcionar elementos en la zona de desarrollo próximo favoreciendo aprendizajes más elaborados que pueden construirse a partir de la interacción y la mediación.

2.1.3. IA en el aula: Desafíos y limitaciones

Si bien el potencial de la inteligencia artificial en los procesos de aprendizaje es extenso, su integración en el ámbito educativo debe incorporar otros desafíos. Según González-González (2023), para sacar provecho de lo que la IA supone en el ámbito educativo para mejorar necesariamente la eficiencia educativa, debe incluir otros aspectos fundamentales como, por ejemplo, la formación de los docentes en el uso de las tecnologías; la garantía de unas condiciones

en el acceso equitativas hacia el alumnado; la definición de unos principios éticos que orienten hacia un uso responsable de las tecnologías también; etc. Por lo mismo, es igualmente importante tener en cuenta la consideración frente a la IA del alumnado, como por ejemplo el de las opiniones de los estudiantes de educación superior sobre la consideración de la IA, por cuanto se observa que ellos son conscientes de que puede ayudar a organizar el estudio, siempre que se superen los obstáculos (Ríos Hernández et al, 2024). Si bien esta última investigación se desarrolló con estudiantes universitarios –quienes presentan máximos niveles de madurez académica-, este estudio se pronuncia más bien por una clase de estudiantes en grado undécimo dado que, con la formación e indica de un uso significativo, este puede contribuir a ampliar las posibilidades que el contexto socio-escolar le ofrece.

2.1.4. La IA en el currículo escolar.

La adopción de la inteligencia artificial en el currículo escolar está en relación con un desafío estructural, ya que conlleva revisar los objetivos de la educación matemática y conceder mayor importancia a competencias como la autonomía, la resolución de problemas o el análisis crítico de la información. A este respecto, Numa-Sanjuán et al. (2024) plantean que la integración de la IA tiene que estar orientada a la personalización del aprendizaje, es decir, a que los contenidos se adapten al ritmo y a las características de cada alumno. Para ello sería necesario promover una educación más inclusiva y centrada en el alumno, consensuando la incorporación de herramientas tecnológicas con procesos de formación que preparen al docente y al alumno para un uso responsable y adecuado de la inteligencia artificial.

De acuerdo con todo ello, la investigación aquí presentada trata de dar respuesta a cómo esta herramienta puede contribuir al desarrollo de estrategias de enseñanza-aprendizaje adecuadas, contextualizadas y eficaces con la finalidad de enriquecer la experiencia formativa del alumnado.

2.1.5. Aplicaciones en la enseñanza de la trigonometría

La enseñanza de la trigonometría ha tenido transformaciones en el ámbito investigativo centrándose en las dificultades conceptuales que presentan los estudiantes al trabajar con las nociones de ángulos, funciones y razones trigonométricas (Nanmumpuni & Retnawati, 2021; Rosjanuardi, R., & Jupri, A. 2020) así como por aportes teóricos sobre la comprensión de los conceptos matemáticos y, en particular, de la noción de función (Sierpinska, 1992). Sin embargo, nace la necesidad de incorporar enfoques didácticos a partir de la interacción con diferentes herramientas tecnológicas mediadoras. En particular, estudios han evidenciado que el uso de tecnologías digitales permite procesos de exploración, visualización y modelación contribuyendo a una comprensión más a fondo de los conceptos matemáticos (Hoyles & Noss, 2009; Daher, 2020; Drijvers, 2015).

En este sentido, al trabajar con el enfoque de HcM, el cual plantea que el conocimiento matemático se construye a partir de la interacción entre los sujetos y las herramientas tecnológicas que median su actividad (Borba & Villarreal, 2005). Desde esta perspectiva, el uso de tutores basados en IA por parte de los estudiantes bajo la enseñanza de la trigonometría se presenta como un escenario ideal para poder analizar dichas interacciones, debido a que los conceptos trigonométricos implican relaciones entre sí e interactúan con múltiples representaciones —geométricas, algebraicas y gráficas—.

Es por esto por lo que esta investigación se centra en dos tipos de problemas trigonométricos: problemas sobre ángulos y problemas con el uso de tangente. La elección de estos contenidos se fundamenta en lo establecido por el Ministerio de Educación Nacional específicamente en los Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas y los Derechos Básicos de Aprendizaje.

De acuerdo con el Ministerio de Educación Nacional (2006), el desarrollo del pensamiento espacial y métrico en la educación media implica que los estudiantes sean capaces de analizar relaciones entre ángulos, longitudes y razones trigonométricas, así como poder utilizar estas relaciones en problemas de diferentes contextos. Por eso, los problemas relacionados con ángulos permiten un mejor abordaje de su relación con figuras trigonométricas y sus diferentes unidades. Por otra parte, los problemas asociados a la tangente modelan relaciones entre los lados de un triángulo rectángulo, afianzando los conceptos de razones trigonométricas y las relaciones de manera aplicativa.

En coherencia con los Derechos Básicos de Aprendizaje (MEN, 2016) estos contenidos buscan que los estudiantes desarrollen la capacidad de interpretar, modelar y resolver situaciones que involucren diferentes representaciones matemáticas en su construcción y sus aplicaciones en situaciones contextualizadas para poder evidenciar procesos de razonamiento matemático y más aún, la interacción con los tutores basados en IA para así comprender y orientar el uso pedagógico de estas herramientas.

2.2. Referentes teóricos

El uso de la Inteligencia Artificial está cambiando la forma en como interactúan los diferentes actores en el proceso de enseñanza y aprendizaje. En particular, los estudiantes han comenzado a asumir un papel más autónomo en su formación, debido a la capacidad de respuesta inmediata y personalizada que ofrecen estas herramientas.

Bajo este contexto la forma de aprender matemáticas ahora surge con nuevos enfoques adaptados a la necesidad del estudiante ya que obtienen en esta herramienta un apoyo adicional diferente al recibido en un aula de clase.

A continuación, se aborda la IA como medio para optimizar la resolución de problemas matemáticos y como base fundamental en los referentes de esta investigación. Schoenfeld (1985) propone cuatro componentes esenciales en la resolución de problemas matemáticos. Primero, los *recursos* corresponden a conocimientos previos y mecanización de la teoría. Segundo, la *heurística*, que consiste en estrategias para hacer el problema más sencillo o dividir el proceso en más partes. Tercero, el *control* como la capacidad del estudiante de saber que estrategias utilizar y cuando mediante la observación a los ejercicios resueltos. Por último, las *creencias* que representa lo que el estudiante concibe de las matemáticas y el significado real que tiene en su vida y en su proceso de aprendizaje.

Recapitulando, la IA con la ayuda de las herramientas digitales, busca potenciar competencias o habilidades como la resolución de problemas matemáticos. A su vez, ver con claridad como es más efectivo el uso de estas herramientas y la percepción del estudiante impacta sobre las matemáticas y sobre el uso de la IA.

La literatura reciente sobre inteligencia artificial en educación matemática señala un creciente interés por el uso de estas herramientas para fortalecer habilidades relacionadas con la resolución de problemas, la autorregulación y el aprendizaje autónomo (Yıldız & Körpeoğlu, 2025). Asimismo, se ha identificado que la incorporación de estas tecnologías puede impactar positivamente en las creencias de los estudiantes, promoviendo una actitud más favorable hacia las matemáticas y aumentando su motivación e interés (Chavez Santos, 2025).

Particularmente, en el ámbito de los sistemas tutoriales inteligentes aplicados a la trigonometría, se destaca el sistema CURUMIM, desarrollado por Barbosa et al. (2022), el cual constituye un tutor inteligente diseñado para adaptar contenidos, proponer actividades y ofrecer

retroalimentación personalizada en función del desempeño del estudiante. Este tipo de sistemas permite guiar el proceso de aprendizaje de manera progresiva, favoreciendo la comprensión de conceptos complejos y el desarrollo de habilidades de resolución de problemas.

De manera complementaria, el estudio de Dos Santos, Abar y Almeida (2022) han explorado el uso de tareas diseñadas en GeoGebra con retroalimentación automática, las cuales permiten modelar el comportamiento del estudiante, identificar errores y ofrecer ayudas progresivas durante la resolución de problemas. Estas tareas incorporan estrategias de retroalimentación dinámica que favorecen la autorregulación del aprendizaje y pueden integrarse en sistemas tutoriales inteligentes más amplios, evidenciando el potencial de la IA para construir entornos de aprendizaje personalizados y adaptativos.

Los antecedentes revisados evidencian que los tutores basados en inteligencia artificial constituyen un medio pertinente para apoyar el aprendizaje de las matemáticas y favorecer procesos de resolución de problemas. En consecuencia, el interés de esta investigación no se centra únicamente en evaluar el uso de la herramienta tecnológica, sino en comprender la naturaleza de las interacciones que los estudiantes establecen con ella. Para ello, se adopta la teoría de demanda cognitiva propuesta por Smith y Stein (1998), quienes sostienen que las tareas matemáticas pueden clasificarse según el tipo de pensamiento y razonamiento que exigen al estudiante. Desde esta perspectiva, no todas las actividades matemáticas promueven los mismos procesos cognitivos, ya que algunas se centran en la reproducción mecánica de información, mientras que otras favorecen la comprensión conceptual, la argumentación y la construcción de estrategias propias. En este sentido, dicha teoría proporciona un referente para caracterizar el nivel de razonamiento evidenciado en los *prompts* generados por los estudiantes durante su interacción con el Tutor IA.

Las tareas matemáticas se organizan en cuatro categorías principales de demanda cognitiva: memorización, procedimientos sin conexiones, procedimientos con conexiones y hacer matemáticas. Las dos primeras corresponden a tareas de bajo nivel cognitivo, mientras que las dos últimas se relacionan con tareas de alto nivel cognitivo.

En primer lugar, en el nivel bajo, las tareas de *memorización* implican reproducir hechos, reglas, fórmulas o definiciones previamente aprendidas, sin necesidad de establecer relaciones conceptuales profundas. Estas tareas suelen caracterizarse por ser directas, rutinarias y centradas en la repetición de información. Por su parte, los *procedimientos sin conexiones* corresponden a actividades donde el estudiante sigue algoritmos o secuencias explícitas para obtener una respuesta correcta, pero sin relacionar el procedimiento con el significado matemático subyacente. Según Smith y Stein (1998), este tipo de tareas prioriza la ejecución mecánica sobre la comprensión conceptual.

En contraste, en el nivel alto, las tareas de *procedimientos con conexiones* requieren que el estudiante vincule los procedimientos matemáticos con ideas y conceptos, promoviendo una comprensión más profunda del contenido. Estas tareas demandan reflexión sobre los procesos utilizados y permiten establecer relaciones entre distintas representaciones matemáticas. Finalmente, la categoría de *hacer matemáticas* representa el nivel más alto de demanda cognitiva, ya que implica razonamiento no algorítmico, exploración de estrategias, análisis de relaciones y autorregulación durante la resolución de problemas. En este tipo de tareas (Tabla 1), los estudiantes deben formular ideas propias, justificar procedimientos y enfrentarse a situaciones novedosas o complejas.

Tabla 1.

Niveles de demanda cognitiva

Nivel	Características
Memorización	- Implica reproducir hechos, reglas, fórmulas o definiciones previamente aprendidas.
	- La tarea es directa y no presenta ambigüedad.
	- Se basa en la repetición de información conocida.
Procedimientos sin conexiones	- No establece conexiones con conceptos o significados matemáticos profundos.
	- La tarea es algorítmica y el procedimiento suele estar explícito o ser evidente.
	- Existe poca demanda cognitiva para resolverla.
Procedimientos con conexiones	- Se centra en obtener respuestas correctas más que en comprender el contenido matemático.
	- No requiere justificar el procedimiento utilizado.
	- No relaciona el procedimiento con conceptos matemáticos subyacentes.
Procedimientos con conexiones	- Los procedimientos se utilizan para desarrollar comprensión conceptual.
	- Se establecen conexiones entre procedimientos y significados matemáticos. - La tarea puede representarse mediante diagramas, símbolos o diferentes representaciones.
	- Requiere cierto esfuerzo cognitivo y reflexión sobre los conceptos involucrados.
Hacer matemáticas	- Favorece la comprensión del contenido matemático además de la respuesta correcta.
	- Requiere pensamiento complejo y no algorítmico.
	- No existe un procedimiento evidente o previamente establecido.
Hacer matemáticas	- Demanda explorar relaciones y conceptos matemáticos.
	- Requiere analizar, comparar y argumentar estrategias de solución. - Implica autorregulación y monitoreo de los propios procesos cognitivos.
	- Exige usar conocimientos matemáticos en situaciones nuevas o complejas.

Fuente: Smith y Stein (1998)

A partir de esta clasificación, la presente investigación adapta la propuesta de Smith y Stein (1998) para analizar las interacciones de los estudiantes con la inteligencia artificial en la

resolución de tareas matemáticas. En consecuencia, se establecen cuatro subniveles de demanda cognitiva: bajo-bajo, bajo-medio, medio-alto y alto-alto. Esta adaptación permite identificar con mayor precisión los matices presentes en las interacciones de los estudiantes con la IA, reconociendo que no todas las solicitudes o usos de la herramienta implican el mismo grado de razonamiento matemático.

De manera que, los niveles *bajo-bajo* y *bajo-medio* se relacionan con las categorías de *memorización* y *procedimientos sin conexiones*, respectivamente, debido a que predominan solicitudes mecánicas, reproducción de respuestas y dependencia de algoritmos explícitos. Por otro lado, el nivel *medio-alto* se vincula con los *procedimientos con conexiones*, puesto que los estudiantes buscan comprender relaciones matemáticas, justificar procedimientos y reflexionar sobre las estrategias utilizadas. Finalmente, el nivel *alto-alto* se asocia con la categoría *hacer matemáticas*, dado que el estudiante construye estrategias propias, formula preguntas matemáticas y desarrolla procesos de exploración y argumentación durante la resolución de problemas.

2.2.1. Uso instrumental de la IA (Categoría C1)

La categoría denominada *Uso instrumental de la IA (delegación total)* corresponde a aquellas interacciones en las que el estudiante utiliza la inteligencia artificial principalmente como un medio para obtener respuestas inmediatas o resolver tareas de manera rápida, sin involucrarse activamente en la comprensión, análisis o construcción del conocimiento matemático. En este tipo de interacción, es común que los estudiantes envíen imágenes de ejercicios, escriban consignas breves o soliciten directamente la solución de problemas, evidenciando una dependencia significativa de la herramienta tecnológica. Asimismo, estas interacciones suelen estar acompañadas de lenguaje cotidiano, expresiones coloquiales o solicitudes poco estructuradas,

donde la IA es percibida como un interlocutor cercano más que como un recurso para promover procesos de aprendizaje profundo.

Desde la perspectiva de la demanda cognitiva propuesta por Smith y Stein (1998), esta categoría se relaciona principalmente con los niveles bajos de demanda cognitiva, particularmente con la memorización, debido a que no se promueve el establecimiento de conexiones conceptuales ni la reflexión sobre los procedimientos utilizados. La actividad matemática queda reducida a la reproducción de respuestas o a la obtención mecánica de resultados, sin que el estudiante deba justificar, argumentar o analizar relaciones matemáticas. Asimismo, este tipo de uso limita las oportunidades de desarrollar procesos de razonamiento matemático, ya que el estudiante no construye estrategias propias ni participa en la exploración de conceptos (Tabla 2). En consecuencia, la IA funciona únicamente como sustituto del proceso de resolución y no como una herramienta de mediación para el aprendizaje matemático.

Tabla 2.

Definición categoría C1

Descripción	Indicadores	Ejemplos de <i>prompts</i>	Nivel
El estudiante utiliza la IA como sustituto del proceso de resolución, limitándose a enviar la imagen o el ejercicio sin mayor elaboración.	- No hay formulación matemática. - Uso de frases cortas. - Dependencia total de la IA.	“Solo le tomo una foto, y que lo resuelva.” “Me puedes ayudar en esto. “	Bajo-bajo

Nota: Los ejemplos hacen referencia a los *prompts* esperados para cada categoría.

2.2.2. *Solicitud de procedimiento paso a paso (Categoría C2)*

La categoría *Solicitud de procedimiento paso a paso* agrupa aquellas interacciones en las que el estudiante solicita a la inteligencia artificial el desarrollo detallado de un ejercicio mediante explicaciones secuenciales o algoritmos explícitos. A diferencia de la categoría anterior, el estudiante muestra cierto interés por comprender cómo se obtiene la respuesta; sin embargo, continúa dependiendo de instrucciones guiadas y procedimientos ya estructurados.

Desde la teoría de Smith y Stein (1998), esta categoría se relaciona con los *procedimientos sin conexiones*, debido a que el énfasis permanece en seguir pasos correctos para llegar a una solución, más que en comprender los significados matemáticos involucrados. Aunque existe una participación mayor por parte del estudiante, la demanda cognitiva sigue siendo limitada, ya que el razonamiento se orienta principalmente a reproducir algoritmos o secuencias de resolución previamente establecidas. En este tipo de interacción, la inteligencia artificial funciona como una guía procedimental que organiza el camino de solución, mientras el estudiante asume un rol de seguimiento más que de exploración matemática autónoma (Tabla 3).

Tabla 3.

Definición categoría C2

Descripción	Indicadores	Ejemplos de <i>prompts</i>	Nivel
El estudiante solicita explicaciones secuenciales o desarrollo detallado del ejercicio mediante pasos organizados.	Solicita “paso a paso”. Interés en seguir procedimientos. Dependencia de algoritmos explícitos.	- “Explicame paso a paso cómo hacerlo.” - “Muéstrame el procedimiento de completo.”	Bajo-medio

2.2.3. *Solicitud de explicación conceptual (Categoría C3)*

La categoría *Solicitud de explicación conceptual* corresponde a aquellas interacciones en las que el estudiante busca comprender conceptos, propiedades, definiciones o relaciones matemáticas involucradas en la resolución del problema. En este caso, la intención no se limita únicamente a obtener la respuesta o seguir un procedimiento, sino a entender el porqué de las operaciones y las ideas matemáticas que sustentan la solución.

De acuerdo con Smith y Stein (1998), esta categoría se relaciona con los *procedimientos con conexiones*, debido a que los procedimientos comienzan a vincularse con significados matemáticos y con procesos de comprensión conceptual (Tabla 4). El estudiante evidencia una participación más activa, formulando preguntas orientadas a interpretar conceptos, establecer relaciones o comprender propiedades matemáticas. La interacción con la inteligencia artificial adquiere entonces un carácter más formativo, puesto que la herramienta es utilizada como apoyo para profundizar en la comprensión matemática y no únicamente como medio para obtener respuestas inmediatas.

Tabla 4.

Definición categoría C3

Descripción	Indicadores	Ejemplos de <i>prompts</i>	Nivel
El estudiante busca comprender conceptos, propiedades o relaciones matemáticas	-Preguntas sobre conceptos. -Interés por el significado matemático. -Relación entre procedimiento y concepto.	“¿Por qué se utiliza ese procedimiento?” “Explícame por qué x es el cateto opuesto en este ejercicio.”	Medio-Alto

asociadas al
problema.

2.2.4. Planteamiento matemático del problema (Categoría C4)

Esta categoría agrupa las interacciones en las que el estudiante formula preguntas matemáticas propias, organiza información, propone relaciones o analiza estrategias para resolver la situación planteada. En este nivel, el estudiante utiliza la inteligencia artificial como una herramienta de apoyo para discutir ideas matemáticas y no solamente para recibir instrucciones o respuestas.

Desde la propuesta de Smith y Stein (1998), esta categoría se asocia con *hacer matemáticas*, debido a que exige razonamiento no algorítmico, exploración de estrategias, análisis de relaciones y construcción autónoma de procedimientos. El estudiante participa activamente en la resolución, toma decisiones y reflexiona sobre las posibilidades de solución. En consecuencia, la interacción evidencia altos niveles de demanda cognitiva, ya que el estudiante desarrolla procesos de argumentación, análisis y autorregulación durante la resolución de la tarea matemática (Tabla 5).

Tabla 5.

Definición Categoría C4

Descripción	Indicadores	Ejemplos de <i>prompts</i>	Nivel
El estudiante formula preguntas matemáticas, analiza relaciones y construye estrategias	- Formulación de hipótesis. - Análisis de estrategias. - Exploración	“¿Qué pasaría si cambio esta condición?” “Creo que esta igualdad trigonométrica no se cumple con todos los ángulos por	Alto-alto

propias para resolver el problema.	matemática autónoma.	este paso, ¿está bien mi razonamiento?"
---------------------------------------	-------------------------	--

Con el propósito de relacionar las interacciones de los estudiantes con la inteligencia artificial y los niveles de demanda cognitiva propuestos por Smith y Stein (1998), se presenta la siguiente Tabla de categorización. En ella se organizan las categorías identificadas durante el análisis de las interacciones, considerando el nivel cognitivo al que corresponden y las características principales que evidencian los estudiantes durante el desarrollo de ejercicios matemáticos con apoyo de IA. Esta organización permite establecer una relación entre el tipo de uso que realizan los estudiantes de la herramienta tecnológica y los procesos matemáticos involucrados, identificando desde interacciones centradas en la reproducción mecánica de respuestas hasta aquellas orientadas a la comprensión conceptual, la formulación de estrategias y el razonamiento matemático (Tabla 6).

Tabla 6.

Síntesis de categorías de demanda cognitiva usando IA

Nivel	Categoría	Nombre de la categoría	Descripción
Bajo- Bajo	C1	Uso instrumental de la IA (delegación total)	El estudiante reproduce solicitudes directas hacia la IA sin elaboración matemática. La interacción se limita a pedir respuestas o copiar procedimientos, sin establecer conexiones conceptuales ni justificar procesos. Además, hace uso de un lenguaje no elaborado o coloquial.
Bajo- Medio	C2	Solicitud de procedimiento paso a paso	El estudiante solicita pasos o algoritmos explícitos para resolver ejercicios. Existe seguimiento de procedimientos

			rutinarios orientados a obtener respuestas correctas, pero con poca comprensión conceptual.
Medio- Alto	C3	Solicitud de explicación conceptual	El estudiante busca comprender conceptos, propiedades y relaciones matemáticas. Los procedimientos se vinculan con significados matemáticos y se favorece la comprensión del contenido.
Alto- Alto	C4	Planteamiento matemático del problema	El estudiante construye estrategias propias, formula preguntas matemáticas y resuelve situaciones no rutinarias. La interacción implica exploración, argumentación y autorregulación cognitiva.

3. Aspectos metodológicos

La presente investigación se fundamenta en un enfoque cualitativo, orientado a comprender en profundidad los procesos de aprendizaje de los estudiantes en trigonometría, más allá de la obtención de respuestas correctas. Para ello, se adopta un diseño de estudio de casos múltiple, siguiendo los planteamientos de Stake (1995), lo que permite analizar de manera detallada las interacciones de los estudiantes en contextos reales de aula.

El estudio se enmarca en el modelo de interacción Humanos-con-Medio (HcM), centrando la atención sobre la construcción de soluciones de los estudiantes, las estrategias que emplean y las dificultades que enfrentan, especialmente al interactuar con herramientas de inteligencia artificial. En este sentido, el interés investigativo se sitúa en el análisis de los procesos, las decisiones y las formas de razonamiento que emergen durante la resolución de problemas.

Para dar cumplimiento a este propósito, el diseño metodológico se organiza en tres fases: caracterización, capacitación técnica e interacción y resolución de problemas, apoyándose en fuentes de información como cuestionarios, observaciones, registros escritos y el historial de interacción con el *chatbot*^{§§}.

3.1. Método

Esta investigación está centrada como un estudio de casos múltiple, que de acuerdo con Stake (1995), el estudio de caso se caracteriza por el análisis profundo de una situación o fenómeno dentro de su contexto real, con el propósito de comprender su complejidad y particularidad por encima de establecer generalizaciones. Es por esto por lo que esta investigación se centra en analizar la interacción de un grupo de estudiantes de grado undécimo con tutores de IAG cuando enfrentan situaciones de problemas trigonométricos.

Asimismo, el referente teórico de Humanos-con-Medios (HcM) permitirá analizar el conocimiento matemático como el resultado de la interacción entre sujetos y diversos medios, tales como tecnologías digitales, lenguaje, representaciones simbólicas y recursos materiales. Desde esta perspectiva, la unidad de análisis no se restringe al individuo, sino que se amplía al colectivo humanos-con-medios, entendido como un sistema en el que las acciones, decisiones y formas de razonamiento emergen de la interacción entre los participantes y los medios disponibles. En este sentido, la inteligencia artificial, los registros escritos y las dinámicas de aula son considerados elementos constitutivos del proceso cognitivo.

El objetivo principal no radica en medir el rendimiento o la eficacia del medio (IAG) sino explicar la interacción Humanos con Medios (HcM) que se configura a través de los *prompts*

^{§§} Herramienta programada por los directores del proyecto.

generados por estudiantes de grado undécimo al utilizar tutores basados en inteligencia artificial generativa, al enfrentar situaciones trigonométricas más allá de la obtención de resultados correctos o incorrectos.

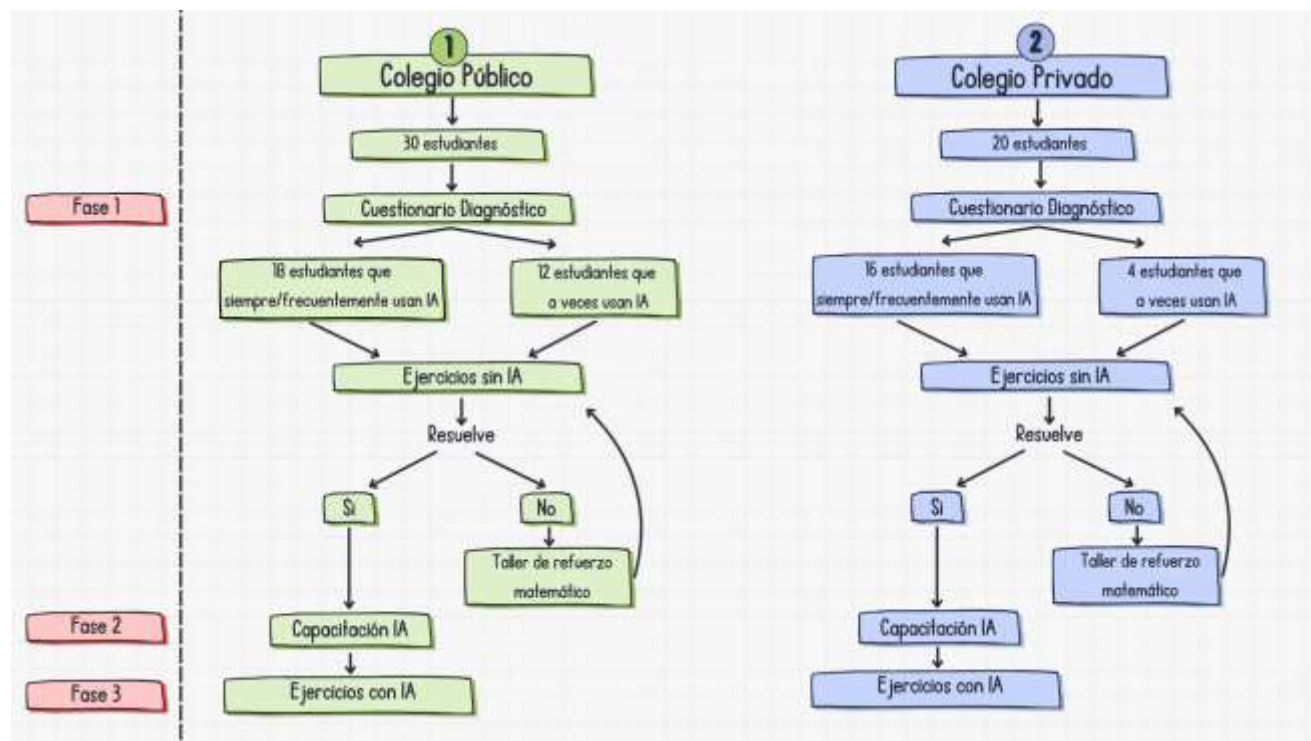
Para ello, se adopta un abordaje metodológico centrado en el análisis de procesos, interacciones y producciones, privilegiando la interpretación de los significados construidos por los participantes en el desarrollo de las actividades.

3.2. Diseño metodológico

El diseño se organiza en tres fases consecutivas: Caracterización, capacitación técnica e Interacción y solución. Las cuales son descritas en la Figura 1.

Figura 1.

Fases de la investigación



La fase 1, *Caracterización*, consiste en la aplicación de un cuestionario diagnóstico de tipo encuesta mediante el cual se permite caracterizar a los estudiantes y organizar a los estudiantes en 2 subgrupos dependiendo la frecuencia con la que utilizan la IA.

A su vez en esta fase se presentan ejercicios de ángulos y tangentes los cuales deben resolver sin el uso de IA, esto con la finalidad de ver los saberes previos que tienen los estudiantes y poder analizar la implementación de los ejercicios con IA de las siguientes fases. Si los estudiantes presentan falencias consistentes que impiden la correcta realización de los ejercicios, se desarrolla un taller de refuerzo con el propósito de revisar la resolución de las actividades diagnósticas, aclarar las dificultades identificadas y fortalecer los conocimientos previos requeridos para la investigación. Posteriormente, se realiza una segunda implementación con

ejercicios diferentes, la cual permite evidenciar la apropiación de dichos conocimientos y verificar que los estudiantes cuenten con las bases necesarias para dar inicio a la siguiente fase de la investigación.

La fase 2, *Capacitación técnica*, consiste en un proceso de formación centrado en la apropiación del medio (Modelo IA) por parte de los estudiantes. Dicha capacitación se da por medio de un video explicativo en el cual se les muestra la manera en que opera el modelo y la forma de uso para que así tengan clara la manera de trabajar y se dé una correcta interacción.

La fase 3, *Interacción y resolución*, consiste en la implementación de situaciones problema trabajando con el modelo de IA, esto con el fin de analizar cómo los estudiantes configuran la interacción HcM mediante la construcción de *prompts* para la resolución de dichos problemas. A partir de estas interacciones se identifican las estrategias de resolución, razonamientos y representaciones al incorporar la IA dentro de su proceso de resolución matemática. Para esta fase se recogerán datos a partir del historial de interacción con el *chatbot*, las producciones escritas y observaciones dadas en la sesión.

3.3. Técnicas e instrumentos

Con el propósito de garantizar la rigurosidad metodológica del estudio, se definieron diferentes fases de recolección de información que permitieron caracterizar a los participantes, documentar su interacción con la herramienta de inteligencia artificial y analizar los procesos desarrollados durante la resolución de tareas matemáticas. Para ello, se emplearon diversas técnicas e instrumentos que posibilitaron obtener información tanto de las percepciones iniciales de los estudiantes como de las interacciones generadas durante la implementación. La Tabla 7 presenta las fases del proceso investigativo, las técnicas utilizadas, los instrumentos de recolección de datos y una descripción de la función que cada uno cumplió dentro de la investigación.

Tabla 7.*Técnicas e instrumentos de la investigación*

Fase	Técnica	Instrumento	Descripción
<i>Caracterización</i>	Encuesta	Prueba diagnóstica (Apéndice A)	Instrumento diseñado para identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre los contenidos matemáticos abordados en la investigación, así como sus formas iniciales de resolución y comprensión conceptual.
		Cuestionario (Apéndice B)	Instrumento diseñado para recopilar información sobre las percepciones, opiniones y experiencias de los estudiantes respecto a los contenidos matemáticos desarrollados durante la investigación, así como para complementar el análisis de los resultados obtenidos mediante la prueba diagnóstica y la prueba final.
<i>Capacitación técnica</i>	Observación participante	Diario de campo	Registro sistemático de las observaciones realizadas durante las sesiones de trabajo, incluyendo comportamientos, dificultades, estrategias utilizadas por los estudiantes y situaciones relevantes surgidas durante la interacción con la IA.
<i>Interacción y resolución</i>	Resolución de problemas	Registros de inteligencia artificial:	Conjunto de conversaciones, <i>prompts</i> y respuestas generadas entre los estudiantes y la herramienta de inteligencia artificial durante el desarrollo de las actividades matemáticas, constituyendo la principal

ZapIA-Lab ^{***}	fuerza de información para el análisis de las interacciones.
Matriz de Instrumento	elaborado para organizar, análisis para clasificar y analizar los <i>prompts</i> generados codificar los por los estudiantes y las interacciones <i>prompts</i> y las Humanos-con-Medio (HcM), permitiendo interacciones identificar patrones de uso, niveles de HcM demanda cognitiva y categorías emergentes de análisis.

La información presentada en la Tabla resume las fases de investigación, las técnicas de recolección de información y los instrumentos utilizados para caracterizar a los participantes, documentar sus interacciones con la IA y analizar los procesos desarrollados durante la resolución de tareas matemáticas.

^{***} La Inteligencia artificial usada *ZapIA-Lab* es creación del codirector del presente trabajo de grado, cedida en pilotaje para efectos del desarrollo de la investigación. Esta IA conserva los derechos originales al autor sobre la herramienta. Por el contrario, esta investigación en versión pilotaje, servirá para el desarrollo y mejora de la herramienta.

Tabla 8.*Matriz de análisis para la codificación de los prompts*

Categoría	Intención predominante	Indicadores	Nivel
C1	Obtener la respuesta	Solicita resolver directamente	Bajo-bajo
C2	Comprender el procedimiento	Solicita explicación paso a paso	Bajo-medio
C3	Comprender conceptos	Pregunta el por qué	Medio-alto
C4	Explorar estrategias	Formula preguntas matemáticas	Alto-alto

La matriz de análisis fue construida a partir de las categorías teóricas definidas en la investigación y ajustada durante el proceso de análisis de datos para capturar las características de las interacciones entre los estudiantes y la inteligencia artificial.

La validación constituye un proceso fundamental dentro de toda investigación, ya que permite garantizar la pertinencia, coherencia y calidad de los instrumentos y procedimientos empleados durante la recolección de información. En este sentido, Hernández Sampieri et al. (2014) plantea que la validez hace referencia al grado en que un instrumento realmente mide aquello que pretende medir. Dentro de esta perspectiva, la validación por expertos se relaciona especialmente con la validez de contenido, entendida como la revisión realizada por personas con

experiencia y conocimiento en el área de estudio, quienes evalúan aspectos como la claridad, pertinencia, coherencia y suficiencia de los instrumentos diseñados para la investigación.

En el presente trabajo, la validación de expertos se desarrolla principalmente mediante el acompañamiento de la directora de tesis y la retroalimentación del autor de la IA y codirector de la tesis, quienes orientan el proceso de construcción, organización e implementación de las actividades propuestas. A partir de las observaciones de la retroalimentación dada, se revisan y ajustan distintos elementos relacionados con las categorías de análisis, la formulación de las actividades y la manera en que se interpretan las producciones de los estudiantes. Este proceso de retroalimentación permite fortalecer la coherencia metodológica de la investigación y garantizar que las actividades implementadas respondan a los objetivos planteados.

Por otra parte, la validación también se evidencia desde la interacción con los estudiantes durante las implementaciones. En el desarrollo de las actividades, los estudiantes permiten identificar dificultades, errores y aspectos susceptibles de mejora a partir de sus respuestas, intervenciones y formas de abordar las tareas propuestas. La retroalimentación que se genera en la IA, actuando como tutor, posibilita reconocer elementos que inicialmente no habían sido contemplados, tales como errores de interpretación, dificultades en la comprensión de consignas o problemas asociados a la organización de las actividades.

Asimismo, como investigadores partícipes del proceso, también se identifican situaciones que requieren ajustes durante la implementación. En algunos casos, surgen dificultades relacionadas con la distribución de los espacios, la organización de las categorías de análisis o el desarrollo mismo de las actividades en el contexto real de aplicación. Estas situaciones permiten comprender que la validación no corresponde únicamente a una revisión previa del instrumento,

sino a un proceso continuo de reflexión, ajuste y mejora que involucra tanto a los expertos como a los estudiantes y a los investigadores participantes del estudio.

Dado que el Tutor IA empleado en esta investigación fue desarrollado por el codirector del presente trabajo y que la validación metodológica de los instrumentos contó con la participación de la directora y del codirector de la investigación, se consideró pertinente declarar esta situación como un posible conflicto de interés. No obstante, la participación del codirector se limitó al desarrollo de la herramienta tecnológica y al acompañamiento académico propio de la dirección del trabajo, sin intervenir en el proceso de codificación, análisis ni interpretación de los datos. Asimismo, las implicaciones metodológicas de esta situación y las medidas adoptadas para garantizar la objetividad del estudio se discuten en el apartado de conclusiones, dentro de las limitaciones de la investigación.

3.4. Población

La población de estudio está dividida en dos y está conformada por 30 estudiantes de grado undécimo del Instituto Técnico Santo Tomás^{†††} (Institución Pública), y por 20 estudiantes del mismo nivel educativo del Colegio Sagrado Corazón de Jesús^{‡‡‡} (Institución Privada) ambas ubicadas en el municipio de Zapatoca. En total, participan 50 estudiantes que pertenecen a estratos socioeconómicos 1, 2 y 3, lo cual permite contar con una población heterogénea en términos de condiciones socioeconómicas y acceso a recursos tecnológicos. Esta diversidad resulta pertinente ya que posibilita analizar cómo esta puede incidir en la interacción de los estudiantes con la IAG

^{†††} En adelante, esta institución será referida mediante la sigla ITST

^{‡‡‡} En adelante, esta institución será referida mediante la sigla SCJ

La selección de esta población responde, en primer lugar, a su nivel educativo, dado que los estudiantes de grado undécimo ya han abordado contenidos fundamentales de trigonometría, tales como razones trigonométricas, así como ejercicios con ángulos y triángulos. Esto garantiza que los estudiantes cuentan con conocimientos previos que le permitan enfrentar situaciones de tipo trigonométrico y, a su vez, interactuar de manera significativa con los tutores IAG.

De la misma manera, esta población posee cierta familiaridad con el uso de herramientas digitales, particularmente con IAG la cual ha comenzado a ser utilizada como apoyo en la realización de actividades académicas. Este aspecto es fundamental para la investigación, ya que el objetivo no se centra en el aprendizaje inicial de la herramienta, sino en el análisis de las interacciones que generan a través de los *prompts* durante la resolución de problemas trigonométricos.

Finalmente, la inclusión de estudiantes provenientes de instituciones de distintos sectores (público y privado) permite ampliar la comprensión de las interacciones al considerar diferentes contextos educativos y dinámicas de acceso y uso de la tecnología ofreciendo una visión más amplia sobre el papel de la IAG en la enseñanza.

3.5. Aspectos éticos

La presente investigación se fundamenta en los principios éticos establecidos en el Informe Belmont, los cuales orientan la protección de los sujetos humanos en procesos investigativos (Sims, 2010). En particular, se retoman los principios de *respeto* por las personas, *beneficencia* y *justicia*, los cuales permiten garantizar un desarrollo ético y responsable del estudio.

En primer lugar, el *principio de respeto por las personas* reconoce los participantes como agentes autónomos, capaces de tomar decisiones informadas sobre su participación en la investigación. Asimismo, implica la protección de aquellos individuos con autonomía disminuida.

En este sentido, en el desarrollo del presente trabajo se asegura la participación voluntaria de los estudiantes, así como la obtención del consentimiento informado, garantizando que conozcan los objetivos, procedimientos y posibles implicaciones del estudio. De igual manera, se procura que la información sea presentada de forma clara y comprensible, respetando en todo momento la libertad de los participantes para retirarse del proceso sin ningún tipo de presión o consecuencia.

En segundo lugar, el *principio de beneficencia* establece la obligación de maximizar los beneficios y minimizar los posibles riesgos asociados a la investigación. En coherencia con este principio, el estudio se diseñó procurando que las actividades desarrolladas no generaran afectaciones físicas, psicológicas o académicas para los estudiantes participantes. Por el contrario, se busca que el enfoque HcM a partir de los prompts usados en la inteligencia artificial para el desarrollo de problemas trigonométricos contribuya al fortalecimiento de sus procesos de aprendizaje en trigonometría. Asimismo, se realiza una valoración cuidadosa de las actividades propuestas, asegurando que los beneficios educativos superen cualquier posible riesgo derivado del uso de la tecnología.

Durante la implementación de la fase de interacción con el Tutor IA se empleó una versión de la herramienta previamente configurada para presentar, de manera controlada, algunas respuestas con inconsistencias matemáticas. Esta condición tuvo como finalidad analizar si los estudiantes cuestionaban, verificaban o aceptaban la información proporcionada por el sistema durante la resolución de los problemas, en concordancia con el propósito de comprender las interacciones Humanos con Medios (HcM). En atención al principio de beneficencia, se reconoció que esta estrategia implicaba un riesgo potencial asociado a la aceptación de información incorrecta. Por ello, al finalizar la sesión se realizó una retroalimentación con los estudiantes, en la que se revisaron las respuestas presentadas por el Tutor IA, se identificaron las inconsistencias

introducidas deliberadamente, se explicó el propósito metodológico de esta configuración y se reforzaron los conceptos matemáticos trabajados, procurando que la participación en la investigación no generara afectaciones en su proceso de aprendizaje.

Finalmente, el *principio de justicia* hace referencia a la distribución equitativa de las cargas y beneficios de la investigación. En este trabajo, la selección de los participantes se realiza sin discriminación, atendiendo a criterios académicos y contextuales propios de la institución educativa, evitando cualquier tipo de sesgo o exclusión injustificada. De igual forma, se garantiza que los resultados de la investigación puedan beneficiar tanto a los participantes como a la comunidad educativa en general, mediante la generación de orientaciones pedagógicas para el uso crítico y reflexivo de la IA en la enseñanza de las matemáticas.

En conjunto, estos principios permiten asegurar que la investigación no solo cumpla con criterios metodológicos rigurosos, sino también con estándares éticos que protejan la dignidad, el bienestar y los derechos de los estudiantes involucrados, a través del acceso al consentimiento informado (Apéndice C) y el asentimiento informado (Apéndice D).

4. Análisis de resultados

En el presente capítulo se analizan los resultados obtenidos durante el desarrollo de las tres fases de la investigación realizadas con los estudiantes participantes. El análisis se organiza de acuerdo con los instrumentos y actividades realizadas, considerando tanto los resultados del cuestionario de caracterización como las evidencias obtenidas de las interacciones de los estudiantes con el tutor IAG en la resolución de problemas trigonométricos. En este sentido el análisis se realizará inicialmente presentando los resultados de cada institución y, posteriormente, mediante una comparación entre los resultados obtenidos en la institución educativa pública y privada con el propósito de identificar las similitudes, diferencias y/o tendencias respecto al uso de la IAG al aprender trigonometría.

4.1. Caracterización aspectos tecnológicos, académicos y personales

La primera fase de la investigación, la cual correspondió a la aplicación del cuestionario de caracterización con el propósito de obtener información relacionada con aspectos tecnológicos, académicos y personales vinculados a su proceso de aprendizaje y más especialmente de la trigonometría mediante el uso de herramientas basadas en IAG. Y para realizar el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, el cuestionario se organizó en cuatro categorías principales: Caracterización de la población participante, acceso y uso de tecnología, experiencias matemáticas y percepción sobre la trigonometría.

En el caso de la primera categoría, permitió identificar aspectos generales de los estudiantes y contextualizar la población participante, la segunda permitió conocer sus preferencias de estudio e interacción con herramientas digitales; mientras que en el caso de la categoría de experiencias matemáticas buscó conocer la percepción de los participantes respecto a su gusto o nivel de

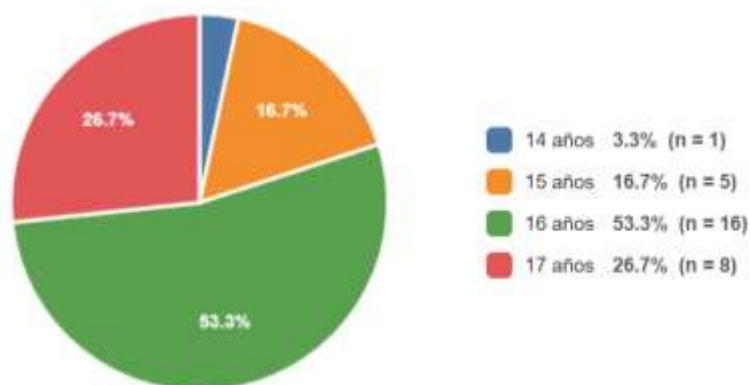
confianza respecto a las matemáticas. Finalmente, la categoría de percepción sobre la trigonometría permitió analizar las percepciones respecto a su comodidad y confianza al momento de enfrentar situaciones de dicha área. Estas cuatro categorías permiten llevar una comprensión inicial del contexto y un análisis del uso tecnológico en el ámbito educativo sirviendo como base para posteriormente interpretar las interacciones de los estudiantes con los tutores basados en IAG y sus resultados son analizados a continuación.

4.1.1. Resultados colegio Público-ITST

Al realizar la aplicación de la Fase 1 (caracterización) del colegio público, se puede evidenciar con respecto a la *población participante* del Instituto Técnico Santo Tomás los estudiantes de grado undécimo se encuentran en un mismo rango de edad entre los 14 y 17 años el cual es el esperado para este nivel educativo (Figura 2).

Figura 2.

Distribución de edad ITST



Nota: En la Figura se presenta la distribución porcentual de las edades registradas en los participantes.

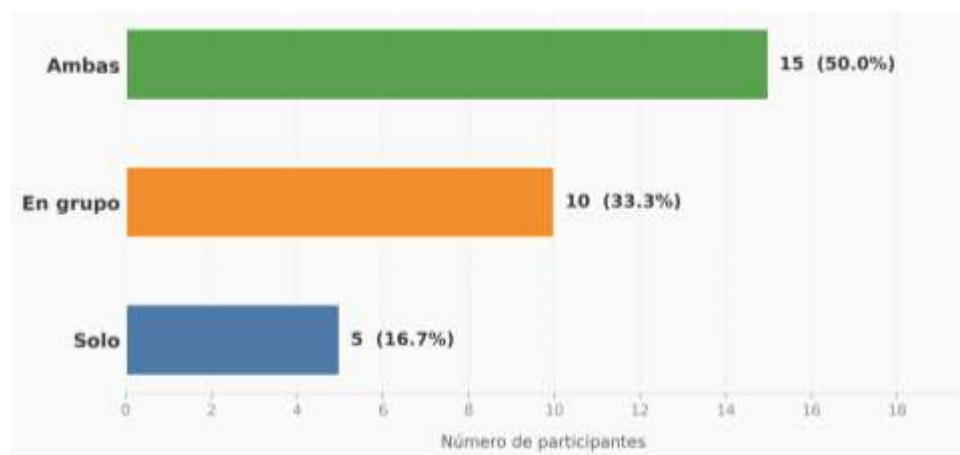
Como se observa en la Figura 2, la mayor parte de los estudiantes participantes tiene 16 años, representando el 53.3% de la población (n=16). Así mismo, el 26.7% corresponde a

estudiantes de 17 años, mientras que los estudiantes de 15 años representan el 16.7% y únicamente un 3.3% (n=1) tiene 14 años. Estos resultados permiten asumir cierta homogeneidad respecto a los conocimientos previos relacionados con la trigonometría, así como dar relevancia al momento de contextualizar las dinámicas de interacción con los tutores IAG dado que las experiencias tecnológicas pueden variar según la edad, tal como lo afirma la Lobato (2015), al señalar que las prácticas digitales de los estudiantes y sus formas de interacción con la tecnología dependen de distintos niveles de acceso, experiencia y apropiación tecnológica, aspectos que inciden en los procesos de aprendizaje mediados por recursos digitales.

De la misma manera, los resultados obtenidos del cuestionario nos muestran que la mayoría de los estudiantes no presentan una preferencia exclusiva por una estrategia de estudio definida, sino que combinan tanto el trabajo individual como el grupal en sus procesos de aprendizaje (Figura 3).

Figura 3.

Estrategia de estudio ITST



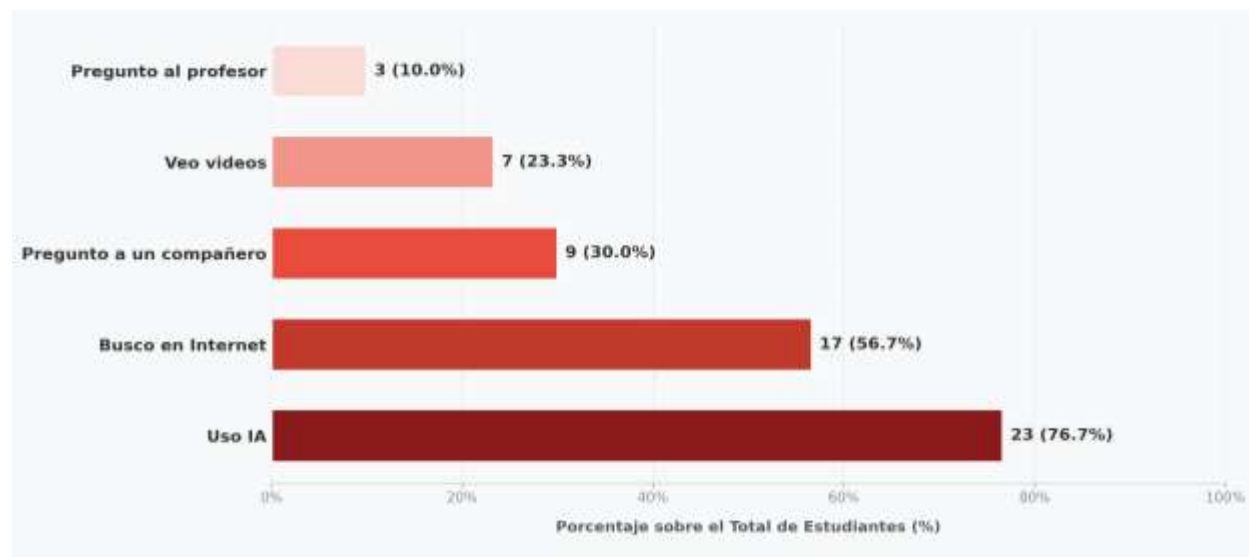
Nota: En la Figura se presentan las estrategias de estudio predominantes en los estudiantes de dicha institución predominando el uso de estrategias conjuntas.

Como se observa en la Figura 3, el 50% de los estudiantes ($n=15$) manifestaron estudiar tanto de manera individual como grupal, mientras que el 33.3% ($n=10$) señaló preferir el trabajo grupal y únicamente el 16.7% ($n=5$) indicó que su preferencia era estudiar en solitario. Estos resultados de preferencia hacia las estrategias de aprendizaje colaborativo se relacionan con lo dicho por Vygotsky (1978) quien sostiene que el aprendizaje se fortalece y complementa mediante los procesos de interacción social que se generan llevando a una construcción colectiva del conocimiento.

También los estudiantes hacen evidente en sus respuestas, que al presentar confusión respecto a algún ejercicio matemático recurren a: búsquedas en internet, visualización de videos y uso IA siendo muy pocos los estudiantes que prefieren preguntar al profesor. (Figura 4)

Figura 4.

Estrategias para resolver dudas ITST



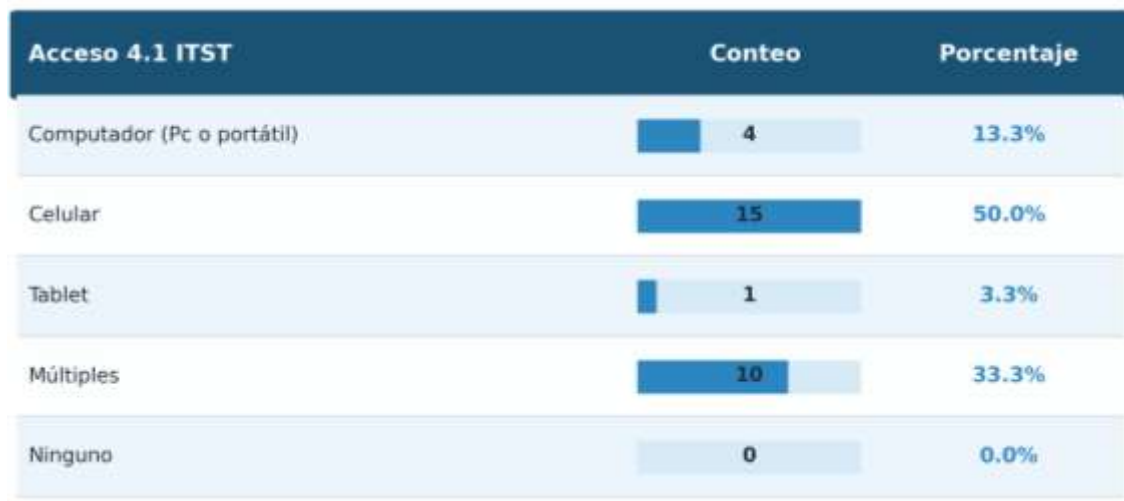
Nota: En la Figura se presentan las estrategias utilizadas por los estudiantes, mostrando preferencia por el uso de la IA.

El uso de herramientas basadas en inteligencia artificial fue seleccionado por el 76.7% de los participantes (n=23) siendo esta la más usada. De igual manera, el 56.7% (n=17) realiza la aclaración de sus dudas por medio de búsquedas en internet y el 23.3% (n=7) lo hizo mediante videos. Por otra parte, el 30% (n=9) realiza las consultas a sus compañeros y solo el 10% (n=3) manifiesta hacer dicha aclaración con el profesor del curso.

Estos resultados muestran la fuerte incorporación de los recursos digitales dentro de los procesos de aprendizaje de matemática en los estudiantes especialmente herramientas o recursos autónomos como lo son la IAG o los videos educativos. Reforzando los conocimientos necesarios para los desafíos en el siglo XXI planteados por Álvarez, Gándara y Macías (2024).

Donde se menciona que los docentes han tenido que adaptarse cada vez que surge nuevos desafíos educativos, en este caso particular, profundizar en la implementación de competencias digitales con el fin de mejorar su práctica durante los procesos de enseñanza, esto ya que las nuevas herramientas tecnológicas promueven una tendencia directa hacia la autonomía del estudiante al usarlas y la población estudiantil las demanda.

En relación con el *acceso y uso de la tecnología* los resultados muestran al celular como principal dispositivo utilizado por los estudiantes para sus tareas escolares. De los 30 participantes, 15 de ellos señalaron utilizar el teléfono celular, mientras que 4 indicaron hacer uso del computador para sus tareas, 1 estudiante hace uso de *tablets* y finalmente 10 estudiantes eligieron que hacen uso de varias opciones entre los dispositivos (Figura 5).

Figura 5.*Acceso a dispositivos tecnológicos ITST*

Nota: La Figura muestra el conteo de las respuestas respecto al uso de dispositivo para tareas escolares.

Al obtener estas respuestas, nos permite observar que el acceso a recursos tecnológicos se encuentra fuertemente inclinado hacia los dispositivos móviles, y esta inclinación genera un aspecto muy relevante en el ámbito tecnológico; ya que, el tipo de dispositivo que es usado por el estudiante puede influir en la manera como se relaciona con los recursos digitales y educativos (Kukulska-Hulme, 2007) ya sea por sus características y/o limitaciones que este posee tales como tamaño de la pantalla, velocidad de respuesta, conexión a internet o datos móviles y la capacidad de soportar las páginas o aplicaciones). Desde esta perspectiva y considerando que los tutores basados en IAG constituyen también recursos de aprendizaje digitales, es de importancia analizar dichas características tecnológicas del medio para su debida interacción.

De la misma manera, una parte importante de los estudiantes manifestó usar recursos digitales como Videos educativos al momento de enfrentarse a las matemáticas, pero en particular

la casi totalidad de los estudiantes también seleccionó el uso de Inteligencia Artificial con dicho objetivo reflejando así una inclusión de la IA como herramienta novedosa y actual volviéndose casi indispensable en su uso cotidiano. (Tabla 9)

Tabla 9.

Recursos digitales y su uso ITST

<i>¿Qué recursos digitales?</i>		<i>¿Para qué tipo de actividades usaste la IA?</i>	
Videos Educativos	13	Explicación de Temas	13
Plataformas Educativas	0	Elaboración de resúmenes	13
Aplicaciones Móviles	5	Resolución de ejercicios	21
Páginas Web	8	Búsqueda de información	21
Inteligencia Artificial	29		
Ninguno	0		

Nota: En la Tabla 9 se presentan las respuestas combinadas a dos preguntas de selección múltiple sobre el total de la población.

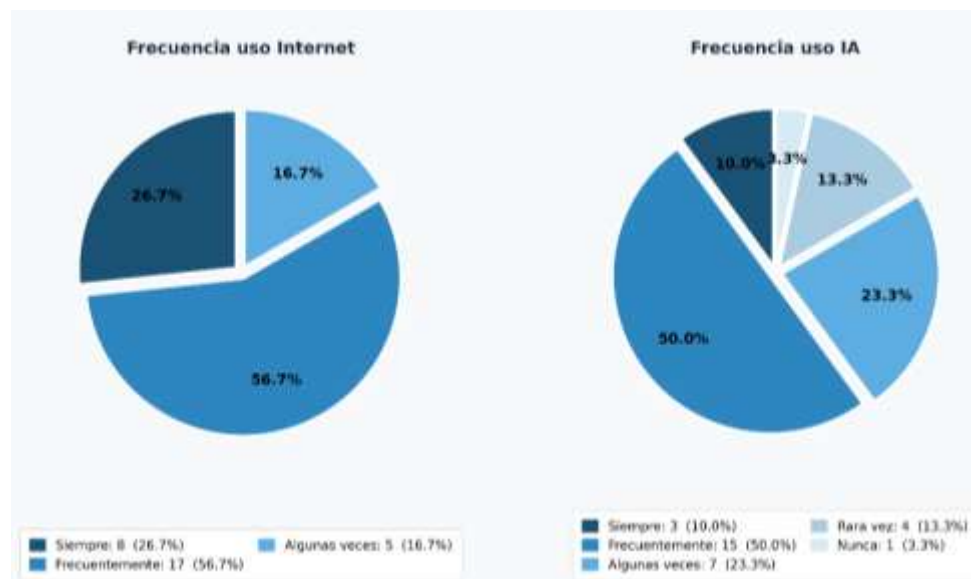
En términos de su uso, 13 estudiantes señalaron emplearla para que les explique temas y les elabore resúmenes, pero su uso principal dado por 21 estudiantes es la resolución de ejercicios y búsqueda de información en el área de matemáticas. Mostrando así que la IAG no es únicamente usada como un mecanismo de respuesta rápida, sino también como apoyo para poder entender contenidos matemáticos, recibir acompañamiento y retroalimentación durante su aprendizaje y estudio.

Con el propósito de seguir identificando las prácticas digitales asociadas al estudio y realización de actividades y tareas académicas, se consultó también a los estudiantes sobre la

frecuencia con la que utilizan internet y herramientas de IA como apoyo en su proceso de aprendizaje. La Figura 6 presenta la distribución de respuestas obtenidas para ambas preguntas.

Figura 6.

Frecuencia uso Internet e IA ITST



Como se observa en la Figura 6, el uso de internet se encuentra ampliamente incorporado dentro de las prácticas de aprendizaje en los estudiantes. En particular, el 56.7% de los participantes manifestó utilizar internet frecuentemente para estudiar o realizar tareas, mientras que el 26.7% indicó hacerlo siempre. Por otra parte, únicamente el 16.7% señaló utilizarlo algunas veces, y no se registraron respuestas en las opciones de rara vez o nunca.

En relación con el uso de la inteligencia artificial para estudio, los resultados presentes en la Figura muestran que, el 50% de los participantes manifestó utilizar herramientas basadas en IA frecuentemente, mientras que el 10% señaló hacerlo siempre. De la misma manera, el 23.3% indicó utilizarlas algunas veces y el 13.3% rara vez, dando finalmente un único estudiante manifestando no hacer uso de este tipo de herramientas.

Con respecto a las *Experiencias Matemáticas del ITST*, este apartado contenía 4 afirmaciones orientadas a explorar sus niveles de gusto, seguridad y comprensión con esta disciplina. Los resultados obtenidos en este apartado permiten contextualizar y comprender mejor las dinámicas de aprendizaje de los estudiantes al conocer su predisposición enfrentando situaciones del área de matemáticas (Tabla 10)

Tabla 10.

Experiencias matemáticas ITST

<i>Afirmación</i>	<i>Muy de De</i>	<i>Ni de acuerdo ni En</i>	<i>Muy en</i>		
	<i>acuerdo</i>	<i>acuerdo</i>	<i>en desacuerdo</i>	<i>desacuerdo</i>	<i>desacuerdo</i>
<i>Me gustan las matemáticas</i>	1	5	17	4	3
<i>Comprendo fácilmente los temas de matemáticas</i>	0	6	15	7	2
<i>Me siento seguro al resolver ejercicios de matemáticas.</i>	1	2	14	11	2
<i>Suelo buscar ayuda cuando no entiendo un tema</i>	6	15	5	3	1

Como se observa en la Tabla 10, las respuestas de los estudiantes evidencian percepciones diversas respecto a su relación con el área de las matemáticas. En primer lugar, frente a la afirmación “Me gustan las matemáticas”, la mayor proporción de estudiantes se ubicó en la categoría de “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” con un 56.7% mientras que únicamente el 20% manifestó una postura favorable “Muy de acuerdo” y “De acuerdo” y un 23.3% expresó desacuerdo con la afirmación. Estos resultados sugieren que los estudiantes tienen una relación moderada de poca atracción hacia el área, sin llegar a observar un rechazo generalizado.

De manera similar, con la afirmación “Comprendo fácilmente los temas de matemáticas”, el 50% de los estudiantes se ubicó de manera neutral, mientras que el 20% manifestó estar de acuerdo y el 30% expresó desacuerdo. Mostrando así que, aunque algunos estudiantes perciben comprensión sobre los contenidos y temáticas, existe un porcentaje importante que presenta dificultades o inseguridad frente a estos procesos de aprendizaje de las matemáticas.

En la seguridad al momento de resolver ejercicios matemáticos, los resultados muestran mayores niveles de incertidumbre y dificultad. El 46.7% manifestó una posición neutral en sus respuestas respecto a la afirmación, mientras que el 43.3% se ubicó en desacuerdo o muy en desacuerdo y únicamente el 10% expresó sentir confianza al realizarlos. Este comportamiento resulta relevante para la investigación ya que evidencia las limitaciones percibidas en cuanto a la resolución independiente de situaciones matemáticas aspecto que puede influir en la búsqueda de apoyos externos como el uso de tutores de IAG.

Por último, en la afirmación “Suelo buscar ayuda cuando no entiendo un tema” se presenta una tendencia marcadamente favorable hacia la búsqueda de apoyo académico, puesto que el 70% de los estudiantes manifestó estar de acuerdo o muy de acuerdo. Estas respuestas remarcen la

actitud positiva hacia la búsqueda de acompañamiento ante dificultades matemáticas, generando así una posible interacción posterior con los tutores de IAG

Finalmente, la *Percepción sobre trigonometría ITST*, se tiene que, de acuerdo con Boyer (2011), la evolución histórica de las matemáticas propició su ramificación gradual partiendo desde la geometría clásica y la aritmética hacia áreas de alta abstracción como el álgebra, el análisis matemático y las aplicaciones de estas, formando todo un sistema de ramas interdisciplinarias conectadas entre sí.

Así como esta ramificación en las matemáticas está presente, la percepción y gusto de los estudiantes puede variar dependiendo de la rama en la que se esté trabajando. Respecto a esto, Ursini (2019) plantea que la percepción y el gusto hacia lo que se está trabajando se encuentra influenciado por elementos cognitivos relacionados con las creencias y concepciones que han construido sobre la asignatura, así como elementos afectivos asociados a emociones de agrado, confianza o rechazo frente a los contenidos matemáticos de dicha rama.

Por lo que resulta pertinente analizar particularmente la percepción de los estudiantes hacia la trigonometría, y por ello para esta categoría se realizaron cinco preguntas de única respuesta con la finalidad de conocer su percepción respecto a la trigonometría y su capacidad de trabajar con ella. Los resultados obtenidos en este apartado presentes en la Tabla 11 permiten contextualizar y comprender mejor las dinámicas de aprendizaje de los estudiantes al conocer su predisposición enfrentando situaciones de la rama de la trigonometría.

Tabla 11.*Percepción sobre trigonometría ITST*

<i>Afirmación</i>	<i>Muy de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Muy en desacuerdo</i>
<i>Afronto problemas trigonométricos con los conocimientos aprendidos.</i>	0	10	11	9	0
<i>Comprendo las razones trigonométricas.</i>	0	4	17	8	1
<i>Puedo resolver ejercicios de trigonometría sin ayuda.</i>	0	3	12	11	4
<i>La trigonometría me resulta difícil.</i>	7	9	11	3	0
<i>Me gustaría usar más herramientas digitales para aprender trigonometría.</i>	11	13	5	0	1

Como se observa en la Tabla 11, las respuestas de los estudiantes evidencian una tendencia marcada hacia la inseguridad e indiferencia respecto a su capacidad de trabajo autónomo con la trigonometría. Al observar las respuestas a la primera afirmación “Afronto problemas

trigonométricos con los conocimientos aprendidos”, el 36,7% de los estudiantes se ubicó en la neutralidad bajo la respuesta “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”, mientras que el 33,3% manifestó estar de acuerdo y el 30% en desacuerdo con que puede afrontar problemas trigonométricos con sus conocimientos. Esto muestra que, aunque existe un grupo de estudiantes que manifiesta contar con los conocimientos y conceptos necesarios para abordar problemas trigonométricos, una parte importante de los estudiantes aún presenta desconfianza y dudas respecto a sus conocimientos previos al momento de aplicarlos en la trigonometría, siendo necesario un refuerzo y mostrando la baja calidad de lo aprendido.

Una tendencia similar en las respuestas se observa en la segunda afirmación referente a las razones trigonométricas, donde predominó nuevamente la respuesta en posición neutral con un 56,7% mientras que el 30% manifestó desacuerdo o muy en desacuerdo y únicamente el 13,3% indicó estar de acuerdo con comprender las razones trigonométricas. Esto coincide con lo mostrado por Rohimah y Prabawanto (2020), quienes identificaron en los estudiantes dificultades relacionadas con la aplicación de fórmulas generales, comprensión de las relaciones entre razones trigonométricas y el desarrollo de procedimientos asociados al aprendizaje trigonométrico. Mostrando así que las dificultades no solo se limitan únicamente al cálculo o resolución mecánica de ejercicios, sino que también involucran aspectos conceptuales relacionados con la comprensión y significado de las razones trigonométricas.

Particularmente, en la percepción de autonomía y dificultad se evidencia en las respuestas que los estudiantes manifiestan bajos niveles de confianza para enfrentar ejercicios trigonométricos de manera independiente (Afirmación 3), con el 50% de los estudiantes en desacuerdo o muy en desacuerdo con poderlo hacer; 40% de los estudiantes estando ni de acuerdo ni en desacuerdo; y, solo el 10% manifestó dicha capacidad. De la misma manera esta dificultad

se ve directamente en la Afirmación 4 donde el 53,3% indicó estar de acuerdo o muy de acuerdo con que le resulta difícil la asignatura; solo el 10% manifestó desacuerdo con ella; y el 36,7% mostró posición neutral.

Las respuestas a estas dos afirmaciones (3 y 4) sugieren que la trigonometría es percibida por una parte importante de los estudiantes como un área compleja la cual no se consideran capaces de enfrentar autónomamente, y podría derivar en una posible relación con la búsqueda de apoyos externos derivando así en el uso de tutores basados en inteligencia artificial.

No obstante, pese a estas dificultades percibidas, los resultados muestran una actitud positiva y favorable en cuanto al apoyo tecnológico presente en el aprendizaje evidenciándose así en la afirmación 5. En esta, el 80% de los estudiantes estuvo de acuerdo o muy de acuerdo, mientras que únicamente un estudiante expresó desacuerdo con el hecho de usar más herramientas digitales para aprender trigonometría. Este hallazgo evidencia una disposición positiva hacia la incorporación de recursos digitales como apoyo al aprendizaje de la trigonometría, coincidiendo con lo planteado por Daher (2020), en el favorecimiento que les dan las herramientas tecnológicas a los procesos de construcción de conocimiento, y mostrando la apertura que tienen los estudiantes hacia estas herramientas favoreciendo escenarios de interacción con la IAG.

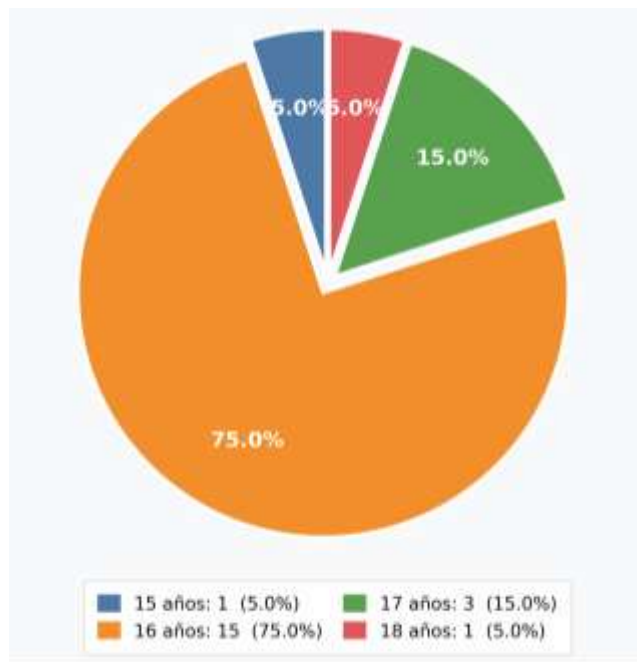
4.1.2. Resultados Colegio Privado- SCJ

De la misma manera, a continuación, se presentan los resultados obtenidos del cuestionario de caracterización al realizarlo en la institución educativa de carácter privado. Al incluir esta segunda institución se permite ampliar el enfoque de los resultados ya que se considera un contexto educativo con características institucionales distintas lo cual favorece el análisis comparativo respecto a aspectos relacionados con el acceso y uso de la tecnología, sus experiencias y percepciones sobre las matemáticas y la trigonometría.

Con respecto a la caracterización de los participantes, al realizar esta aplicación de la Fase 1 en el colegio privado, se evidencia que los estudiantes de grado undécimo se encuentran en un rango de edad entre los 15 y 18 años (Figura 7).

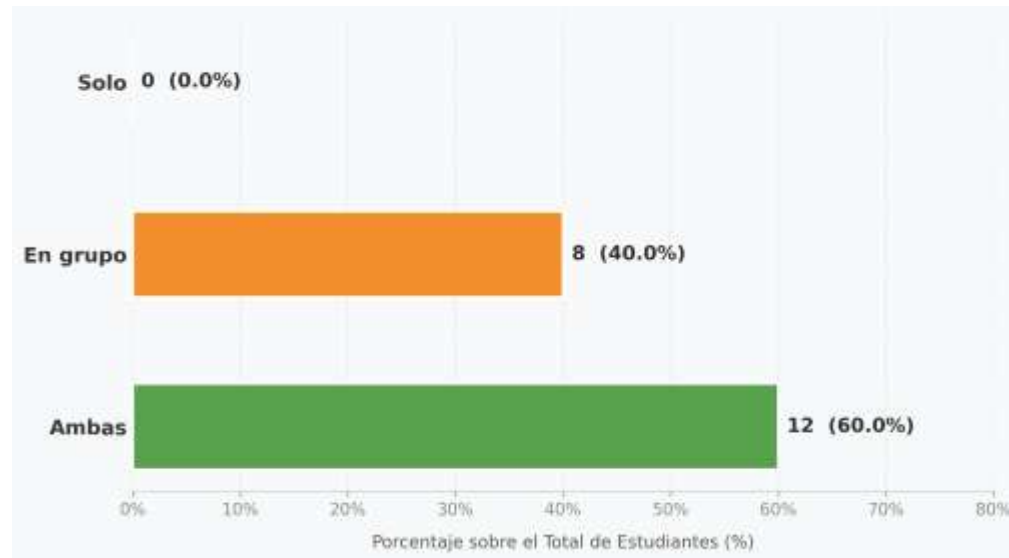
Figura 7.

Distribución de edad SCJ



Nota: En la Figura se presenta la distribución porcentual de las edades registradas en los participantes.

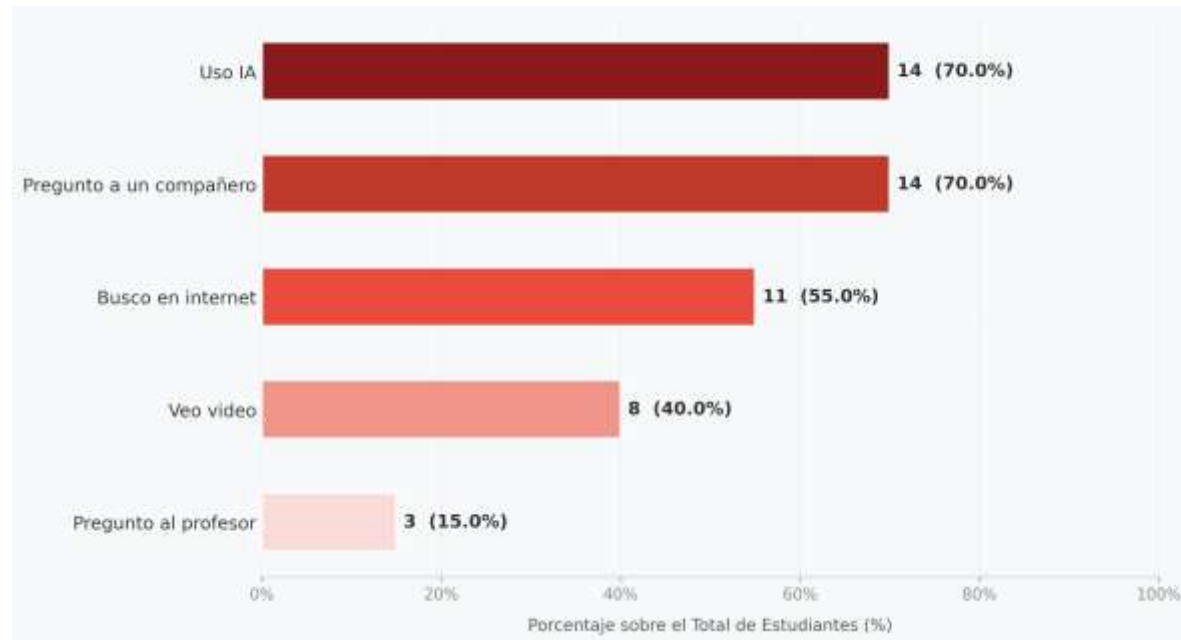
Como se observa en la Figura 7, el 75% de los estudiantes participantes tiene 16 años, el 15% corresponde a estudiantes de 17 años, mientras que los estudiantes de 15 años y 18 años representan el 5% cada uno. En el apartado específico de estrategias de estudio, los estudiantes de esta institución educativa dejan ver en sus respuestas que no tienen preferencia en su método de aprendizaje, sino que lo hacen de ambas maneras (Figura 8).

Figura 8.*Estrategia de estudio SCJ*

Nota: En la Figura se presentan las estrategias de estudio predominantes en los estudiantes de la institución privada predominando el uso de estrategias conjuntas.

Como se observa en la Figura 8, el 60% de los estudiantes manifestaron estudiar tanto de manera individual como grupal; mientras que el 40% señaló preferir el trabajo grupal; y ningún estudiante indicó que su preferencia era estudiar exclusivamente en solitario.

También los estudiantes hacen evidente en sus respuestas, que al presentar confusión respecto a algún ejercicio matemático recurren a: uso de la Inteligencia Artificial, preguntas a compañeros y búsquedas en internet; siendo muy pocos los estudiantes que prefieren preguntar al profesor (Figura 9).

Figura 9.*Estrategias para resolver dudas SCJ*

Nota: En la Figura se presentan las estrategias utilizadas por los estudiantes, mostrando preferencia por el uso de la IA.

Como se observa en la Figura 9, el uso de herramientas basadas en inteligencia artificial y las preguntas a compañeros fueron las seleccionadas por el 70% de los participantes ($n=14$) siendo estas las más usadas. De igual manera, el 55% ($n=11$) realiza la aclaración de sus dudas por medio de búsquedas en internet y el 40% ($n=8$) lo hizo mediante videos. Por otra parte, solo el 15% ($n=3$) manifiesta hacer dicha aclaración con el profesor del curso.

Estos resultados muestran nuevamente la fuerte incorporación de los recursos digitales dentro de los procesos de aprendizaje de matemática en los estudiantes especialmente herramientas o recursos autónomos como lo son la IAG o los videos educativos.

En relación con el *acceso y uso de la tecnología* los resultados muestran que los estudiantes hacen uso de múltiples dispositivos para sus tareas escolares. De los 20 participantes, 10 de ellos señalaron utilizar múltiples dispositivos, 7 estudiantes hacen uso del celular y solo 3 indicaron hacer uso del computador para sus tareas, ningún estudiante hace uso de *tablets* y todos poseen algún dispositivo (Figura 10)

Figura 10.

Acceso a dispositivos tecnológicos SCJ

Acceso 4.1 SCJ	Conteo	Porcentaje
Celular	7	35.0%
Computador	3	15.0%
Tablet	0	0.0%
Múltiples	10	50.0%
Ninguno	0	0.0%

Nota: La Figura muestra el conteo de las respuestas respecto al uso de dispositivo para tareas escolares.

De la misma manera, la mitad de los estudiantes incluyó en sus respuestas el usar recursos digitales como videos educativos al momento de enfrentarse a las matemáticas; pero, en particular, la totalidad de los estudiantes también seleccionó el uso de Inteligencia Artificial con dicho objetivo reflejando así nuevamente una inclusión de la IA como herramienta en su uso cotidiano. (Tabla 12)

Tabla 12.

Recursos digitales y su uso SCJ

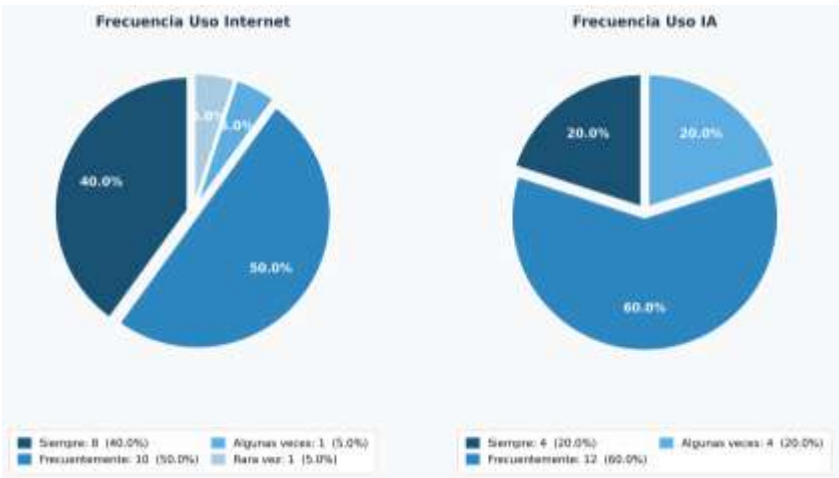
¿Qué recursos digitales?		¿Para qué tipo de actividades usaste la IA?	
Videos Educativos	10	Explicación de Temas	13
Plataformas Educativas	1	Elaboración de resúmenes	13
Aplicaciones Móviles	1	Resolución de ejercicios	15
Páginas Web	2	Búsqueda de información	12
Inteligencia Artificial	20		
Ninguno	0		

Nota: En la Tabla 12 se presentan las respuestas combinadas a dos preguntas de selección múltiple sobre el total de la población.

En términos de su uso, 13 estudiantes señalaron emplearla para que les explique temas y les elabore resúmenes, pero su uso principal dado por 15 estudiantes es la resolución de ejercicios y 12 de ellos con búsqueda de información en el área de matemáticas. Sobre la frecuencia con la que utilizan internet y herramientas de IA como apoyo en su proceso de aprendizaje (Figura 11).

Figura 11.

Frecuencia uso Internet e IA SCJ



Como se observa en la Figura 11, el uso de internet se encuentra ampliamente incorporado dentro de las prácticas de aprendizaje en los estudiantes. En particular, el 50% de los participantes manifestó utilizar internet frecuentemente para estudiar o realizar tareas, mientras que el 40% indicó hacerlo siempre. Por otra parte, únicamente el 5% señaló utilizarlo algunas veces y rara vez; mientras que, ningún estudiante señaló la opción de nunca. En relación con el uso de la inteligencia artificial para estudio, los resultados presentes en la Figura muestran que, el 60% de los participantes manifestó utilizar herramientas basadas en IA frecuentemente; mientras que, el 20% señaló hacerlo siempre. De la misma manera, el 20% indicó utilizarlas algunas veces; y, las opciones de rara vez, y nunca no presentan votos.

Los resultados obtenidos en esta institución educativa de carácter privado sobre su *experiencia con las matemáticas* se encuentran en la Tabla 13 a continuación

Tabla 13.

Experiencias matemáticas SCJ

Afirmación	Muy de De	Ni de acuerdo ni En	Muy en		
	acuerdo	en desacuerdo	desacuerdo		
Me gustan las matemáticas	2	4	8	5	1
Comprendo fácilmente los temas de matemáticas	0	7	7	3	3
Me siento seguro al resolver ejercicios de matemáticas.	0	4	8	7	1

<i>Suelo</i>	<i>buscar</i>	8	10	2	0	0
<i>ayuda cuando no</i>						
<i>entiendo un tema</i>						

Como se observa en la Tabla 13 las respuestas de los estudiantes evidencian percepciones diversas respecto a su relación con el área de las matemáticas. En primer lugar, frente a la afirmación “Me gustan las matemáticas”, la mayor proporción de estudiantes se ubicó en la categoría “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” con un 40%; mientras que, el 30% manifestó una postura favorable “Muy de acuerdo” y “De acuerdo” y otro 30% expresó desacuerdo o muy en desacuerdo con ello. Con la afirmación “Comprendo fácilmente los temas de matemáticas”, el 35% de los estudiantes manifestó estar de acuerdo con ello, y el mismo porcentaje adoptó posición neutral, mientras que el 30% expresó desacuerdo o muy en desacuerdo.

En la seguridad al momento de resolver ejercicios matemáticos, el 40% manifestó una posición neutral en sus respuestas respecto a la afirmación, y otro 43.3% se ubicó en desacuerdo o muy en desacuerdo y únicamente el 20% expresó sentirse seguro al resolver este tipo de ejercicios.

Finalmente, en la afirmación “Suelo buscar ayuda cuando no entiendo un tema” el 90% de los estudiantes manifestó estar de acuerdo o muy de acuerdo y únicamente el 10% fue neutral en sus respuestas, y, finalmente, no se presentaron respuestas de desacuerdo.

Los resultados obtenidos para la *Percepción sobre trigonometría* en esta institución educativa están presentes en la Tabla 14 donde se observa una marcada tendencia hacia la neutralidad en cuanto a resolución y gusto por la trigonometría

Tabla 14.*Percepción sobre trigonometría SCJ*

Afirmación	Muy de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Afronto problemas trigonométricos con los conocimientos aprendidos.	0	6	10	2	2
Comprendo las razones trigonométricas.	0	3	12	4	1
Puedo resolver ejercicios de trigonometría sin ayuda.	0	3	9	5	3
La trigonometría me resulta difícil.	3	9	6	2	0
Me gustaría usar más herramientas digitales para aprender trigonometría.	12	5	3	0	0

En la Tabla 14 las respuestas de los estudiantes nuevamente evidencian una tendencia marcada hacia la inseguridad e indiferencia respecto a su capacidad de trabajo autónomo con la trigonometría. Al observar las respuestas a la primera afirmación, el 50% de los estudiantes se

ubicó en la neutralidad bajo la respuesta “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”, mientras que el 30% manifestó estar de acuerdo y un 20% en desacuerdo o muy en desacuerdo.

De manera similar se observa en la segunda afirmación referente a las razones trigonométricas, donde predominó nuevamente la respuesta en posición neutral con un 60%; mientras que, el 25% manifestó desacuerdo o muy en desacuerdo y únicamente el 15% indicó estar de acuerdo con comprender las razones trigonométricas.

En la Afirmación 3 el 40% de los estudiantes está en desacuerdo o muy desacuerdo con poderlo hacer; mientras que, el 45% de los estudiantes no está ni de acuerdo ni en desacuerdo y solo el 15% manifestó dicha capacidad. De la misma manera esta dificultad se ve directamente en la Afirmación 4 dónde el 60% indicó estar de acuerdo o muy de acuerdo con que le resulta difícil la asignatura, solo el 10% manifestó desacuerdo con ella y el 30% mostró posición neutral.

En cuanto al apoyo tecnológico presente en la afirmación 5, el 85% de los estudiantes estuvo de acuerdo o muy de acuerdo, mientras que el 15% permaneció en neutralidad con el hecho de usar más herramientas digitales para aprender trigonometría y ningún estudiante tuvo respuestas de rechazo.

4.1.3. Comparativa de la caracterización aspectos tecnológicos, académicos y personales en las instituciones

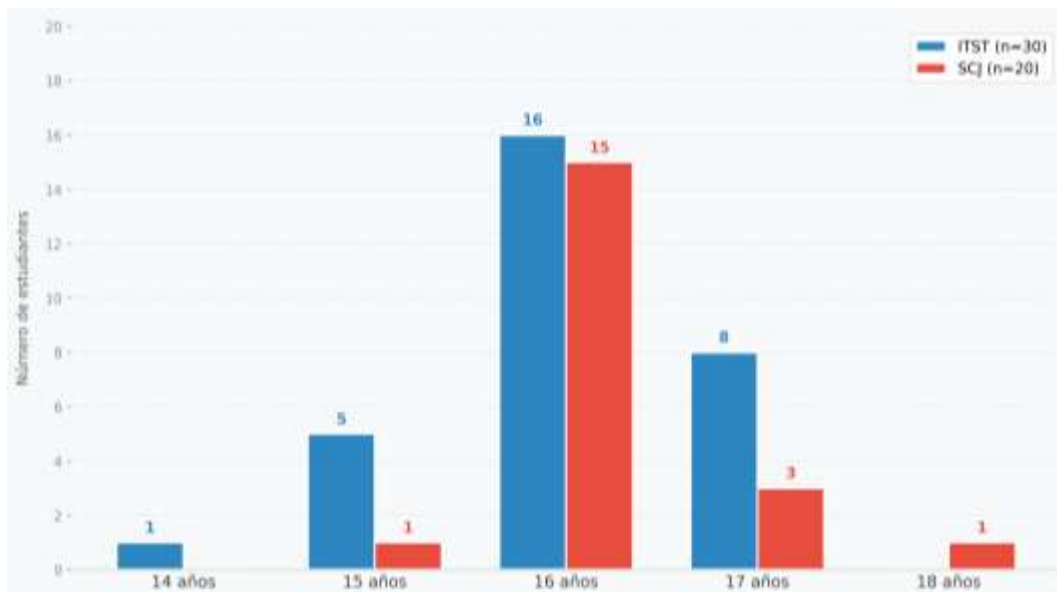
En este apartado se realiza un análisis comparativo entre las respuestas de las dos instituciones educativas que conforman la población investigada con el propósito de identificar dichas similitudes o diferencias que se ven presentes en las categorías abordadas en el cuestionario de caracterización aplicado en la Fase 1. Esta comparación entre instituciones permite identificar las tendencias comunes y particularidades asociadas al acceso y uso de tecnologías, experiencias

y percepciones, teniendo como punto de partida su institución y su incidencia en sus dinámicas de aprendizaje para su posterior interacción con la IAG.

Al comparar los resultados obtenidos en ambas instituciones educativas, se observan similitudes y diferencias relevantes en la población. En primer lugar, en ambas instituciones los estudiantes con 16 años son los que más predominan en la población seguido por los de 17 años, 15 años, 14 y 18 años respectivamente (Figura 12)

Figura 12.

Distribución de edades por institución



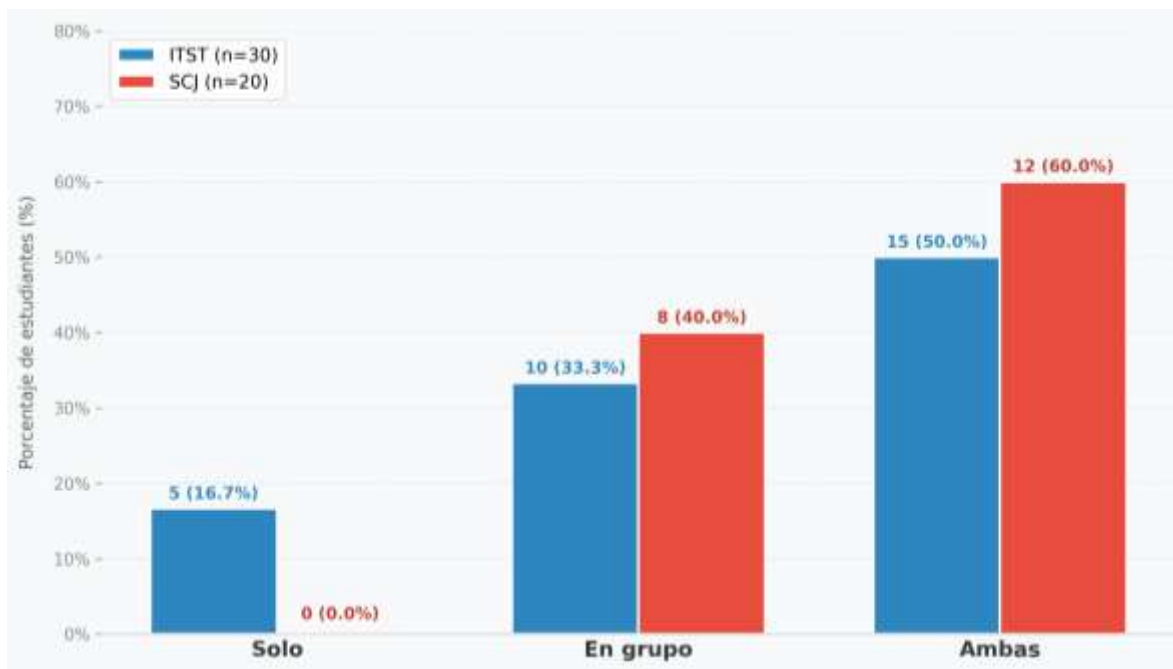
Nota: En la Figura se presenta la distribución de los estudiantes de ambas instituciones dependiendo su edad.

En relación con las estrategias de estudio, los estudiantes de ambas instituciones manifestaron no presentar una preferencia exclusiva por una única modalidad de trabajo académico. Tanto en la institución pública como en la privada predominó el uso combinado del estudio individual y grupal, lo cual muestra que los estudiantes articulan diferentes formas de

aprendizaje dependiendo de las necesidades de la actividad o del acompañamiento que ellos requieran. Sin embargo, se identificó una diferencia particular en las respuestas de la institución privada, dónde ningún estudiante manifestó preferir exclusivamente el estudio individual, y a su vez una proporción importante señaló el trabajo grupal como modalidad frecuente (Figura 13).

Figura 13.

Estrategia de estudio por institución



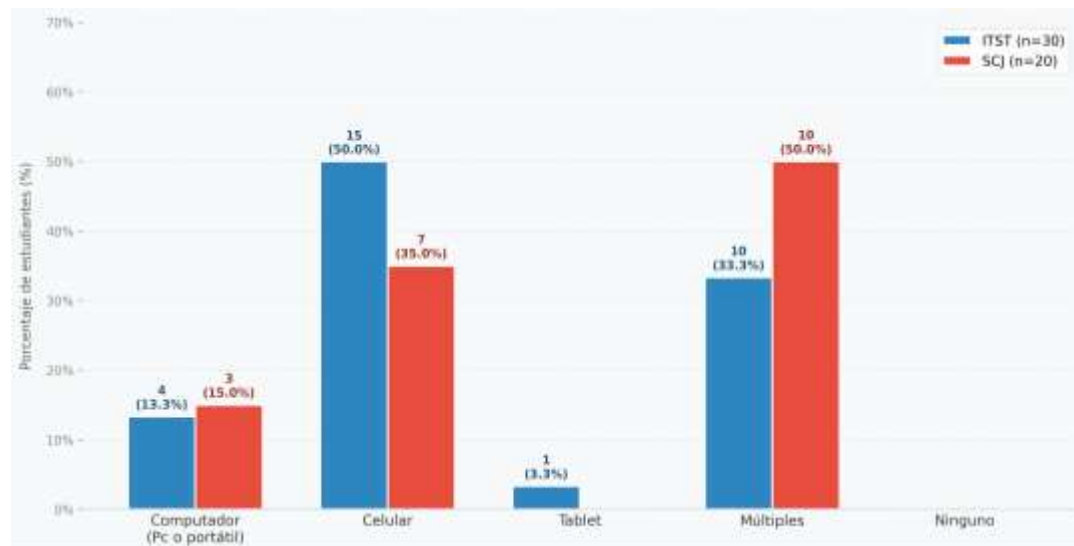
En la Figura 13 se presentan las estrategias de estudio predominantes en los estudiantes de ambas instituciones predominando el uso de estrategias conjuntas. Al hablar de las formas de resolver dudas académicas, los estudiantes de ambas instituciones presentan una tendencia clara hacia la búsqueda de apoyos externos que sean distintos a los del docente. En los dos contextos educativos predominaron los recursos digitales y las estrategias autónomas de consulta, a pesar de mantener matices que los diferenciaran. Ya que mientras que en la institución pública sobresalieron las búsquedas en internet, los videos educativos y el uso de IAG, en la institución

privada le dieron más relevancia a la IAG y la consulta entre compañeros. En ambos casos, las preguntas dirigidas al profesor tuvieron porcentajes considerablemente bajos, mostrando fuertemente las transformaciones en las dinámicas tradicionales de apoyo académico y la creciente incorporación de la IA en el contexto educativo. Que como ya se mencionó, coincide con lo planteados por Álvarez, Gándara y Macías (2024) señalando que estas incorporaciones han modificado el acceso al conocimiento y favoreciendo la autonomía.

En el acceso y uso de dispositivos tecnológicos, ambas instituciones muestran condiciones favorables de conectividad y disponibilidad tecnológica. No obstante, se diferencian en el tipo de dispositivo que usan, ya que mientras que en la institución pública predominó el uso del teléfono celular como herramienta principal, en la institución privada se observó un uso más diversificado mediante la combinación de múltiples dispositivos (Figura 14).

Figura 14.

Acceso a dispositivos tecnológicos por institución

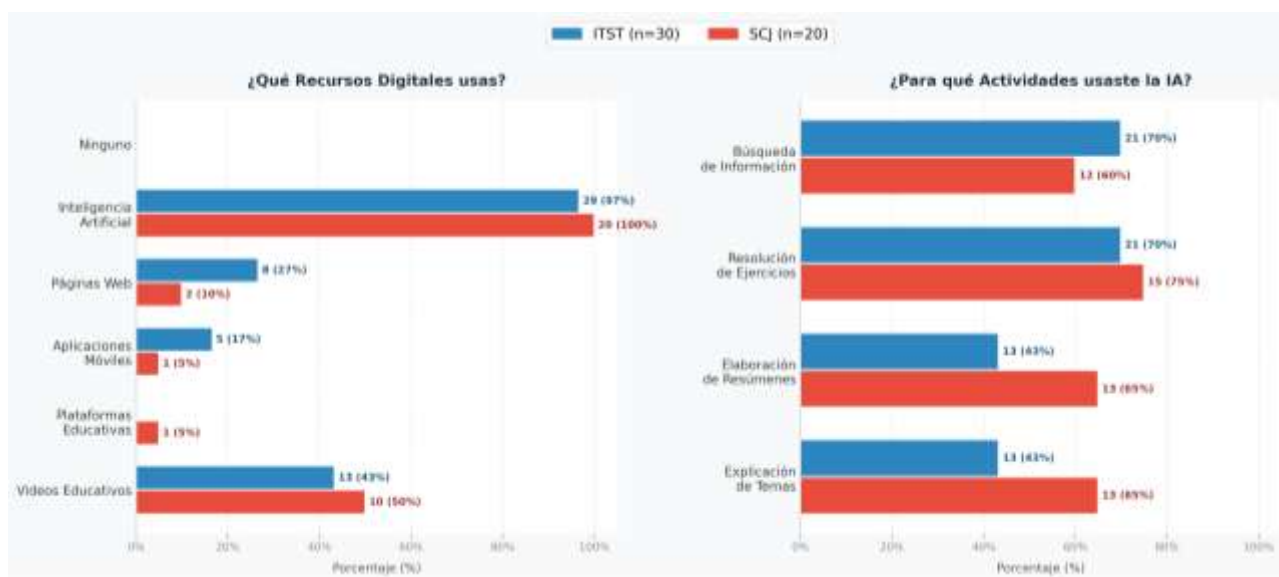


En la Figura 14 se presenta la distribución de los estudiantes dependiendo del dispositivo con el que realizan sus actividades académicas, teniendo como opción más frecuente el uso de

múltiples dispositivos. De manera complementaria, el uso de internet para estudiar se encuentra ampliamente consolidado en ambas instituciones, presentando altos niveles de frecuencia. Sin embargo, al comparar la frecuencia de uso de la IA se identifican diferencias importantes, y es que, aunque en ambos contextos la IA se encuentra incorporada dentro de las prácticas académicas, los estudiantes de la institución privada muestran niveles de uso más constantes y homogéneos a la vez que no registran respuestas de rara vez o nunca. Mientras que los resultados en la institución pública persisten niveles más diversos de apropiación tecnológica, sugiriendo así que, aunque el acceso tecnológico es una condición compartida entre las dos poblaciones, la familiaridad y la frecuencia en el uso de la IA presenta diferencias de integración en los procesos de aprendizaje (Figura 15)

Figura 15.

Uso de recursos digitales por institución



En la Figura 15 se presenta el conteo de las respuestas de los estudiantes de ambas instituciones respecto a los recursos digitales que usan y las actividades para las que utiliza la IA.

Al realizar la comparativa de las experiencias matemáticas, en general, tanto en la institución pública como en la privada predominan posiciones neutrales frente a las afirmaciones asociadas al gusto por las matemáticas y la comprensión de los temas, mostrando así que la relación de los estudiantes con esta área no se caracteriza por posiciones extremas de aceptación o de rechazo, sino por percepciones moderadas y acompañadas de incertidumbre.

Cuando se analiza la afirmación “Me gustan las matemáticas”, nuevamente se ven respuestas neutrales, con un 56.7% en la institución pública y un 40% en la institución privada y es que, aunque en ninguno de los dos contextos se evidencia rechazo generalizado hacia el área, la institución privada presentó una distribución más equilibrada entre posturas favorables y desfavorables mientras que la pública fue notablemente más marcada por la neutralidad. Estos resultados pueden permitir inferir que el gusto hacia las matemáticas no es una característica que pueda verse homogéneamente en la población, sino que es una experiencia que está influenciada por factores personales y acontecimientos escolares anteriores que pueden condicionar la disposición hacia su aprendizaje.

Cuando se habla respecto a la comprensión de los temas matemáticos, ambas instituciones nuevamente muestran patrones de respuesta semejantes. En el colegio público predominó la respuesta neutral con un 50%, mientras que en la institución privada la respuesta favorable alcanzó porcentajes equivalentes al 35%. Aunque una parte de la población conjunta menciona comprender los contenidos matemáticos, persisten porcentajes muy relevantes en ambos contextos educativos que evidencian que gran parte del estudiantado mantiene dudas o inseguridades sobre lo que aprende y su desempeño académico.

En la seguridad para resolver ejercicios matemáticos, en ambas instituciones se manifiesta el desacuerdo respecto a esta afirmación. El 43.3% de los estudiantes del contexto privado

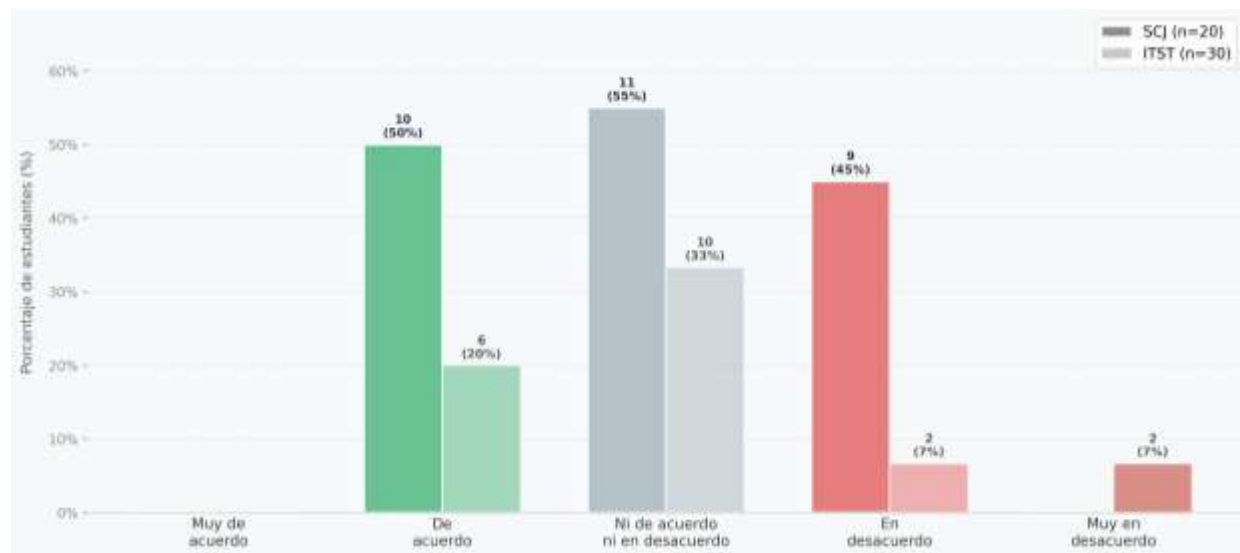
manifestó desacuerdo o muy en desacuerdo, y en la institución pública estas respuestas también alcanzaron porcentajes importantes. Este comportamiento inseguro y con bajos niveles de autoconfianza influye en la forma como los estudiantes enfrentan los desafíos de aprendizaje que se le presentan, así como la manera en la que toman decisiones y hacen búsqueda de apoyo académico. Esto porque el 70% de la población de la institución pública manifestó estar de acuerdo o muy de acuerdo con la búsqueda de apoyo académico, cifra que en la institución privada alcanzó el 90% mostrando que independientemente del contexto institucional, los estudiantes reconocen la importancia del acompañamiento y apoyos externos como parte crucial de sus procesos de aprendizaje.

Cuando ya se hace énfasis en la trigonometría, en términos generales los estudiantes de ambas instituciones manifestaron respuestas marcadas por la neutralidad y la inseguridad frente a la capacidad de trabajo autónomo con contenidos trigonométricos, pero, una gran favorabilidad hacia el uso de herramientas digitales como la IA, videos educativos, etc. Como apoyo para favorecer y mejorar su aprendizaje.

En la primera afirmación “Afronto problemas trigonométricos con los conocimientos aprendidos”, los porcentajes que muestran estar de acuerdo con la afirmación fueron moderados en ambas instituciones mientras que grupos importantes expresaron su desacuerdo ante esta capacidad y autonomía. Esto muestra que, aunque los estudiantes consideran tener ciertos aprendizajes previos en trigonometría, persisten dudas sobre la calidad de dichos aprendizajes al momento de resolver situaciones concretas. (Figura 16)

Figura 16.

Capacidad para afrontar problemas trigonométricos



Nota: En la Figura las barras con colores más marcados hacen parte de las respuestas del colegio SCJ correspondientes a su opinión respecto a la capacidad de afrontar problemas trigonométricos.

La neutralidad se mantuvo en las respuestas a las siguientes afirmaciones, hasta llegar a la afirmación “La trigonometría me resulta difícil”, ya que en ambas instituciones predominó el “De acuerdo” con un 53.3% en la institución pública y el 60% en la institución privada. Pudiendo así identificar que conjuntamente esta rama continúa siendo percibida como un área compleja por una gran cantidad de estudiantes, independientemente del contexto institucional.

No obstante, pese a estas dificultades e inseguridades identificadas, ambas poblaciones coinciden en que les gustaría usar más herramientas digitales para aprender trigonometría. El 80% de los estudiantes de la institución pública manifestó estar de acuerdo o muy de acuerdo con esta posibilidad, mientras que en la institución privada ascendió al 85% sin ninguna respuesta en desacuerdo. Estos hallazgos evidencian la favorable disposición que presentan los estudiantes

hacia la continua incorporación de herramientas digitales en su proceso de aprendizaje, coincidiendo repetidamente con lo planteado por Daher (2020) señalando su apoyo y favorecimiento en los procesos de construcción y comprensión de conceptos trigonométricos

En conjunto, los resultados comparativos permiten identificar una tendencia entre ambas instituciones, en la que, aunque los estudiantes mantienen dificultades e inseguridad respecto al trabajo autónomo con la trigonometría, simultáneamente muestran apoyo y disposición hacia el uso de herramientas digitales como apoyo académico. Estas respuestas fortalecen la pertinencia de analizar las interacciones desarrolladas con tutores de IAG para comprender el papel que pueden desempeñar dentro del aprendizaje de la trigonometría.

4.2. Prueba diagnóstica de contenidos matemáticos

En la fase 1 también se realizó la aplicación de una prueba diagnóstica conformada por 15 preguntas de selección múltiple con el propósito de identificar los conocimientos previos de los estudiantes relacionados con la geometría y la trigonometría. Esta prueba permitió reconocer el nivel de apropiación conceptual que tienen los estudiantes respecto a sus conocimientos previos en nociones fundamentales necesarias para el trabajo trigonométrico tales como propiedades de los triángulos, relaciones métricas, leyes de seno y coseno, trabajos con ángulos y conocimientos geométricos básicos. Los resultados obtenidos permiten identificar fortaleza, vacíos conceptuales y posibles dificultades presentes antes de la implementación de los ejercicios de esta misma fase, pero remarcando una importante diferencia entre las dos instituciones, ya que el promedio de calificación de la institución privada es de 22.35 puntos mientras que el de la institución pública es de 16.70.

El sistema de puntuación se estableció asignando a cada respuesta correcta 2 puntos, 1 punto a la opción “No sé/No recuerdo” y 0 puntos a las respuestas incorrectas. Este criterio se

estableció con fines exclusivamente diagnósticos, buscando diferenciar entre la ausencia explícita de conocimiento y la presencia de concepciones erróneas. Mientras la selección de “No sé/No recuerdo” evidencia el reconocimiento por parte del estudiante de no dominar un contenido determinado, una respuesta incorrecta puede reflejar la existencia de interpretaciones o conocimientos inadecuados que pueden interferir posteriormente en el aprendizaje. En consecuencia, esta puntuación y la comparación de los promedios de las instituciones, no tienen un propósito calificativo sino exclusivamente descriptivo, orientado a caracterizar los conocimientos previos de los participantes sin pretender establecer diferencias estadísticamente significativas ni inferencias entre los grupos, solo elementos contextuales para las posteriores interacciones con el Tutor IA

4.2.1 Preguntas de conocimientos geométricos básicos y clasificación de triángulos

Antes de abordar conceptos propiamente trigonométricos, resulta fundamental reconocer los conocimientos geométricos básicos con los que cuentan los estudiantes, dado que estos constituyen una base necesaria para la comprensión y resolución de situaciones relacionadas con triángulos y sus propiedades. En este apartado se analizan las respuestas asociadas a propiedades geométricas elementales y clasificación de triángulos, incluyendo nociones como la suma de ángulos internos, semejanza, clasificación según lados y ángulos, identificación de la hipotenusa y cálculo del área de un triángulo. El análisis de estos resultados permite identificar el nivel de los conocimientos previos de los estudiantes, así como reconocer posibles fortalezas o vacíos conceptuales que pueden influir posteriormente en la construcción de aprendizaje trigonométrico.

Tabla 15.*Respuestas conocimientos geométricos ITST*

<i>Pregunta</i>	<i>Correctas ITST</i>	<i>No Sé/No Recuerdo ITST</i>	<i>Incorrecta ITST</i>
1. ¿Cuál es la suma de los ángulos internos de cualquier triángulo?	20	1	9
4.Si dos triángulos tienen el criterio AAA, podemos afirmar que los triángulos son...	15	4	11
7.Si un triángulo tiene exactamente dos lados de igual longitud se clasifica como:	18	4	8
9. ¿Qué tipo de triángulo tiene un ángulo que mide Estrictamente más de 90° ?	5	3	22
11. ¿Cuánto miden los ángulos internos de un triángulo equilátero?	6	2	22
13.El lado más largo de un triángulo rectángulo, opuesto al ángulo de 90° recibe el nombre de...	22	3	5
15. ¿Cuál es la fórmula básica para calcular el área de un triángulo si se	19	4	7

conoce su base (b) y su
altura (h)?

En la Tabla 15 los resultados obtenidos de la institución pública evidencian desempeños diferenciados respecto a los conocimientos geométricos básicos evaluados. En primer lugar, las preguntas relacionadas con propiedades generales del triángulo presentaron niveles favorables de respuesta correcta. Particularmente, el reconocimiento de la suma de los ángulos internos de un triángulo alcanzó 20 respuestas correctas siendo el 66.7% de la población, mientras que un único estudiante manifestó no recordar la respuesta y nueve respondieron de manera incorrecta.

De la misma manera, en la pregunta de identificación del triángulo isósceles (pregunta 7) se obtuvo 18 respuestas correctas y la pregunta relacionada con las partes de un triángulo rectángulo (pregunta 13) es la que presentó el mayor número de aciertos con 22 respuestas correctas evidenciando que los estudiantes tienen bases sólidas en sus conocimientos previos en cuanto a la geometría del triángulo rectángulo.

Sin embargo, los resultados muestran dificultades importantes en preguntas que requieren mayor claridad de conceptos y clasificación geométrica. Ya que la pregunta referente al criterio de semejanza AAA (pregunta 4) presentó únicamente 15 respuestas correctas, mientras que 11 estudiantes respondieron incorrectamente y 4 indicaron no recordar el concepto, también en la pregunta asociada al triángulo obtusángulo (pregunta 9) únicamente 5 estudiantes respondieron correctamente, mientras que 22 lo hicieron incorrectamente.

Así mismo solo 6 estudiantes identificaron correctamente que los ángulos internos de un triángulo equilátero miden 60° , respuestas que generan una sensación de asombro debido a que a pesar de que 20 estudiantes saben que la suma de los ángulos internos de un triángulo equivale a

180° y conocen los triángulos equiláteros, solo 6 respondieron correctamente la medida de sus ángulos internos.

Ahora, al hacer el análisis de los resultados obtenidos en la institución de carácter privado, se obtienen los siguientes resultados. (Tabla 16)

Tabla 16.

Respuestas conocimientos geométricos SCJ

<i>Pregunta</i>	<i>Correctas SCJ</i>	<i>No Sé/No Recuerdo SCJ</i>	<i>Incorrecta SCJ</i>
1. ¿Cuál es la suma de los ángulos internos de cualquier triángulo?	20	0	0
4. Si dos triángulos tienen el criterio AAA, podemos afirmar que los triángulos son...	5	0	15
7. Si un triángulo tiene exactamente dos lados de igual longitud se clasifica como:	18	0	2
9. ¿Qué tipo de triángulo tiene un ángulo que mide estrictamente más de 90°?	13	0	7
11. ¿Cuánto miden los ángulos internos de un triángulo equilátero?	17	0	3
13. El lado más largo de un triángulo rectángulo,	19	0	1

opuesto al ángulo de 90°			
recibe el nombre de...			
15. ¿Cuál es la fórmula	17	2	1
básica para calcular el área			
de un triángulo si se conoce			
su base (b) y su altura (h)?			

Se observa en las respuestas de la Tabla 16 un desempeño favorable en cuanto a los conocimientos geométricos evaluados, la totalidad de los estudiantes respondió correctamente la pregunta 1 relacionada a la suma de los ángulos internos del triángulo. De manera similar, se identifican altos aciertos en las preguntas asociadas a propiedades y clasificación de estas figuras geométricas, en la pregunta 7 obtuvo 18 respuestas correctas y la pregunta 11 obtuvo 17 aciertos.

A su vez, en la pregunta respectiva a la identificación de la hipotenusa (pregunta 13) las respuestas mostraron uno de los porcentajes de acierto más altos con el 95% y la pregunta 15 con el 85% de los estudiantes, registrándose únicamente una respuesta incorrecta y dos estudiantes que en sus respuestas indicaron no recordar.

No obstante, la principal dificultad aparece en la pregunta referente al criterio de semejanza AAA (pregunta 4) en la cual solo 5 estudiantes seleccionaron correctamente que dos triángulos con sus ángulos respectivamente iguales son semejantes, mientras que 15 estudiantes respondieron incorrectamente. Las respuestas evidencian buen dominio general de conceptos geométricos básicos, pero los criterios de semejanza y la clasificación de los triángulos dependiendo la medida de sus ángulos representan una dificultad conceptual significativa para esta población.

Al realizar la comparativa de los resultados obtenidos entre ambas instituciones, en términos generales, el colegio privado presentó mayores niveles de acierto en la mayoría de las

preguntas evaluadas mientras que el colegio público mostró desempeños más heterogéneos y mayores porcentajes de respuestas incorrectas.

Las similitudes entre ambas instituciones se observan principalmente en el reconocimiento de conceptos geométricos respecto al triángulo. Tanto en el ITST como en el SCJ se registraron altos porcentajes de acierto en la identificación de la hipotenusa y en la fórmula para calcular el área del triángulo, indicando la presencia consolidada de conceptos previos relacionados con los procedimientos y lenguaje geométrico.

No obstante, las diferencias más significativas aparecen en preguntas relacionadas con clasificación y propiedades referentes también al triángulo. Mientras que en el SCJ el 65% identificó correctamente el triángulo obtusángulo en la pregunta 9 y el 85% reconoció los ángulos internos del triángulo equilátero en la pregunta 11, en el ITST los porcentajes disminuyeron de manera abrupta hasta el 16,7% y 20% respectivamente.

De manera conjunta, ambas instituciones coinciden en presentar dificultades respecto al criterio de semejanza AAA presente en la pregunta 4, y aunque en el ITST su desempeño fue superior con un 50% respecto al 25% del SCJ en ambos casos persiste un número importante de estudiantes que respondieron incorrectamente. Esto resulta fundamental ya que la semejanza de triángulos forma parte de los fundamentos geométricos necesarios para trabajar correctamente con dicha figura geométrica y la resolución de situaciones asociadas a proporcionalidad y ejercicios de modelación de triángulos.

4.2.2 Preguntas relacionadas con razones trigonométricas y relaciones en el triángulo

Las razones trigonométricas y las relaciones en el triángulo constituyen un componente fundamental en la trigonometría debido a que permiten establecer conexiones entre los lados y

ángulos de los triángulos sirviendo como base para procesos posteriores de resolución de problemas. En este apartado se responden preguntas relacionadas con el Teorema de Pitágoras, la identificación de las razones trigonométricas, la definición de tangente y el reconocimiento de la identidad trigonométrica fundamental. Es importante conocer la calidad de los contenidos que poseen los estudiantes en estas temáticas ya que es el eje central de esta investigación para posteriormente incluir la resolución de las situaciones asociadas por medio de la integración de la IAG

Tabla 17.

Respuestas razones trigonométricas ITST

<i>Pregunta</i>	<i>Correctas ITST</i>	<i>No Sé/No Recuerdo ITST</i>	<i>Incorrecta ITST</i>
2.En un triángulo rectángulo, según el Teorema de Pitágoras, (donde c es la hipotenusa y a, b los catetos) ¿Cuál es la relación correcta?	17	5	8
3. ¿Cuál es la razón trigonométrica que define el seno del ángulo a?	13	7	10
6. ¿A qué equivale la tangente de un ángulo theta?	14	8	8
10.La identidad trigonométrica fundamental (o pitagórica)	7	14	9

se establece para cualquier
ángulo θ ...

Como se observa en la Tabla 17 los resultados muestran desempeños intermedios en razones trigonométricas, fortalezas parciales y dificultades conceptuales. Inicialmente en la pregunta 2, 17 estudiantes respondieron correctamente mientras que solo 8 lo hicieron de manera errónea y 5 manifestaron no recordar la relación correspondiente. Esto muestra que más de la mitad de los estudiantes tiene un nivel moderado de apropiación en uno de los temas que resulta fundamental en la geometría y trigonometría, sin embargo, en la población los vacíos conceptuales también representan una proporción considerable.

Respecto a la siguiente pregunta (pregunta 3) se registraron 13 respuestas correctas, 10 incorrectas y 7 estudiantes que no sabían o recordaban del tema. Esto muestra mayores dificultades respecto a la identificación de razones trigonométricas específicas entre lados y ángulos del triángulo rectángulo como en este caso lo es el seno siendo estas razones la base fundamental de la asignatura la cual en sus respuestas se evidencia que la comprensión no está completamente consolidada.

Las mayores dificultades para esta institución aparecen en la pregunta asociada a identidad pitagórica o fundamental (pregunta 10) en la cual solo 7 estudiantes marcaron la opción correcta en sus respuestas, 9 incorrectamente y 14 manifestaron nuevamente no recordar o no saber sobre esto. Las respuestas dejan entrever limitaciones significativas respecto a propiedades, definiciones y manejo de relaciones trigonométricas sugiriendo así que los estudiantes de esta institución presentan mejores desempeños en relaciones geométricas de carácter procedimental como el

Teorema de Pitágoras, generando el contraste y las mayores dificultades cuando deben identificar y comprender las relaciones trigonométricas y sus propiedades

Al pasar a la institución educativa privada, los resultados obtenidos evidencian desempeños heterogéneos en sus respuestas mostrando fortalezas en algunos contenidos y dificultades importantes en otros (Tabla 18)

Tabla 18.

Respuestas razones trigonométricas SCJ

<i>Pregunta</i>	<i>Correctas SCJ</i>	<i>No Sé/No Recuerdo SCJ</i>	<i>Incorrecta SCJ</i>
2.En un triángulo rectángulo, según el Teorema de Pitágoras, (donde c es la hipotenusa y a, b los catetos) ¿Cuál es la relación correcta?	19	1	0
3. ¿Cuál es la razón trigonométrica que define el seno del ángulo a?	16	0	4
6. ¿A qué equivale la tangente de un ángulo theta?	1	5	14
10.La identidad trigonométrica fundamental (o pitagórica) se establece para cualquier ángulo theta...	6	10	4

Al observar la Tabla 18, se aprecia que en la pregunta relacionada con el Teorema de Pitágoras los estudiantes presentaron un nivel de acierto del 95% siendo 19 estudiantes los que marcaron correcta y únicamente un estudiante manifestó no recordar la relación correspondiente,

mostrando así que en esta población está consolidado fuertemente esta relación geométrica fundamental.

De manera similar para la pregunta 3, la definición de la función seno registró 16 respuestas correctas y solo 4 incorrectas, sin presentarse casos de respuestas de estudiantes que no recordaran o no supieran el concepto. Mostrando así un acercamiento y un fuerte reconocimiento en la mayoría de los estudiantes a las relaciones que se originan en el triángulo rectángulo y la noción trigonométrica básica.

Sin embargo, la diferencia importante se da al llegar a la tangente, ya que únicamente un estudiante respondió correctamente, mientras que 14 lo hicieron de manera errónea y 5 manifestaron no recordar o saber sobre esto. Aunque este fue el desempeño más bajo dentro de la categoría, este resultado debe interpretarse cuidadosamente ya que la pregunta evaluaba la equivalencia de la tangente mediante la identidad trigonométrica, representación diferente a la razón entre cateto opuesto y cateto adyacente que suele emplearse con mayor frecuencia en la enseñanza escolar. Por tanto, el bajo porcentaje de aciertos puede reflejar tanto dificultades conceptuales como diferencias en la forma de representar este concepto. Similarmente para la identidad pitagórica, solo 6 estudiantes acertaron en su respuesta, 10 manifestaron desconocimiento y 4 respuestas erróneas reafirmando nuevamente las dificultades frente a las razones y sus propiedades.

Al comparar los resultados obtenidos en ambas instituciones respecto a las relaciones trigonométricas y sus razones, se evidencian tanto similitudes como diferencias relevantes en los conocimientos previos que los estudiantes presentan. En términos generales, la institución privada presentó mejores desempeños en la mayoría de las preguntas evaluadas, aunque en ambos

contextos coinciden en mostrar dificultades frente a contenidos trigonométricos que implican mayor nivel de abstracción. Las similitudes más claras aparecen en la pregunta relacionada con la identidad trigonométrica fundamental o pitagórica, ya que tanto en el Instituto Técnico Santo Tomás como en el Colegio Sagrado Corazón de Jesús se registraron bajos porcentajes de respuesta correcta y altos niveles de incertidumbre, representados en la opción No sé/No recuerdo. Estos resultados sugieren que la identidad pitagórica constituye un contenido poco consolidado en ambas poblaciones, posiblemente debido a que involucra procesos de articulación entre el Álgebra y Trigonometría que demandan un nivel de razonamiento más complejo.

Por otra parte, se observan diferencias importantes en contenidos específicos, en el Teorema de Pitágoras, aunque ambas instituciones obtuvieron desempeños favorables, el SCJ presentó un dominio considerablemente mayor, con un 95% de respuestas correctas frente al 56,7% registrado en el ITST. De igual manera, la comprensión de la razón seno mostró diferencias significativas, alcanzando 80% de acierto en el SCJ y 43,3% en el ITST.

Sin embargo, la comparación adquiere un comportamiento inverso en la pregunta asociada, la tangente. Mientras que el ITST obtuvo 46,7% de respuestas correctas, el SCJ registró únicamente un 5% de acierto acompañado de altos niveles de error e incertidumbre. No obstante, como se mencionó anteriormente esta diferencia debe manejarse con cuidado ya que la pregunta realizada evaluó la tangente mediante la identidad trigonométrica y no a partir de su definición en el triángulo rectángulo. Este resultado no constituye por sí solo evidencia suficiente para afirmar una mayor dificultad en una de las dos instituciones respecto a la tangente, pero si sugiere que las razones trigonométricas no presentan un patrón homogéneo, sino que varían dependiendo del concepto específico que se esté trabajando y las experiencias que cada estudiante tiene previamente asociadas a cada contexto educativo.

Al analizar en conjunto los resultados comparativos, muestran que ambas instituciones poseen bases parciales respecto a las relaciones y razones trigonométricas, junto a sus propiedades, aunque con fortalezas y debilidades diferenciadas. Particularmente, las dificultades compartidas frente a relaciones trigonométricas más abstractas evidencian la necesidad de fortalecer procesos de comprensión conceptual y no únicamente procedimental, aspecto que adquiere relevancia dentro de esta investigación al analizar posteriormente las interacciones desarrolladas con tutores basados en IAG.

4.2.3 Preguntas de resolución de triángulos y medida angular

El manejo de medidas angulares representa un nivel de alto de complejidad dentro del aprendizaje trigonométrico debido a que implica conceptos geométricos, comprensión de las figuras y modelación geométricas. De la misma manera las relaciones que se generan dentro de las razones trigonométricas implican un manejo de la definición de las razones fundamentales y el reconocimiento de las identidades base. Es por esto por lo que en esta categoría se encuentran agrupadas las preguntas relacionadas con las leyes del Seno, Coseno, la conversión entre radianes y grados sexagesimales, así como la identificación y aplicación de expresiones trigonométricas para el cálculo de medidas. Al analizar estas respuestas se permite identificar el grado de comprensión alcanzado por la población con base a estas temáticas respecto a posteriores procedimientos de resolución y selección de estrategias con el apoyo de la IAG.

En el ITST los resultados obtenidos muestran tendencias a fortalezas en algunas preguntas respecto a procedimientos trigonométricos, sin embargo, se complementa con la incertidumbre y complejidad presentada en las respuestas a las demás preguntas (Tabla 19)

Tabla 19.*Respuestas resolución de triángulos ITST*

<i>Pregunta</i>	<i>Correctas ITST</i>	<i>No Sé/No Recuerdo ITST</i>	<i>Incorrecta ITST</i>
5. ¿Cuál de las siguientes igualdades corresponde a la Ley de Senos...?	18	10	2
8. ¿Cuándo es indispensable aplicar la Ley del Coseno en lugar de la Ley del Seno en un triángulo oblicuángulo?	6	12	12
12. ¿A cuántos grados sexagesimales equivale el ángulo de π radianes?	14	8	8
14. ¿Cómo se expresa la ley del coseno para encontrar el lado a ?	9	10	11

La información presentada en la Tabla 19 corresponde a 4 preguntas relacionadas con leyes trigonométricas para la resolución del triángulo, las cuales fueron presentadas a los estudiantes en la prueba diagnóstica.

En la pregunta relacionada con la ley de senos se registraron 18 respuestas correctas, que equivalen al 60% de la población, constituyéndose como el mejor desempeño dentro de las preguntas de esta categoría. No obstante, aunque únicamente 2 estudiantes respondieron incorrectamente, 10 manifestaron no recordar o no saber respecto a la igualdad correspondiente que se estaba preguntando. Este comportamiento de la respuesta sugiere que una parte importante de la población sí reconoce la expresión de la ley cuando logra evocarla. Sin embargo, hay

persistentes niveles de inseguridad o dificultad para recordar o trabajar formalmente con esta relación trigonométrica.

Por otra parte, las preguntas asociadas a la ley del Coseno evidencian mayores dificultades frente a la situación donde debían identificarse. En la pregunta relacionada a cuándo es indispensable utilizar esta ley en un triángulo oblicuángulo únicamente 6 estudiantes respondieron correctamente, mientras que 12 no recordaban, o no sabían y otros 12 respondieron de forma incorrecta. De manera similar, en la pregunta referente a la expresión algebraica de la ley del Coseno para determinar el lado a , se presentaron solo 9 respuestas correctas, es decir, el 30% acompañadas por 10 respuestas de incertidumbre y 11 respuestas incorrectas, mostrando así limitaciones importantes en el reconocimiento de la aplicación de la ley, como el manejo de su fórmula matemática.

En la equivalencia entre radianes y grados sexagesimales presente en la pregunta, 12, 14 estudiantes respondieron correctamente, 8 manifestaron no recordar y otros 8 respondieron incorrectamente. Aunque cerca de la mitad de los participantes reconoce que π (pi) radianes equivale a 180° , los resultados evidencian que el manejo y unidades angulares aún no se encuentra plenamente consolidado en sus saberes previos.

Los resultados obtenidos por los estudiantes en la institución educativa de carácter privado muestran un desempeño favorable en la mayoría de los contenidos, aunque con diferencias importantes entre las distintas nociones evaluadas. (Tabla 20)

Tabla 20.

Respuestas resolución de triángulos SCJ

<i>Pregunta</i>	<i>Correctas SCJ</i>	<i>No Sé/No Recuerdo SCJ</i>	<i>Incorrecta SCJ</i>
-----------------	----------------------	------------------------------	-----------------------

5. ¿Cuál de las siguientes igualdades corresponde a la Ley de Senos...?	15	4	1
8. ¿Cuándo es indispensable aplicar la Ley del Coseno en lugar de la Ley del Seno en un triángulo oblicuángulo?	11	5	4
12. ¿A cuántos grados sexagesimales equivale el ángulo de π radianes?	15	5	0
14. ¿Cómo se expresa la ley del coseno para encontrar el lado a ?	14	3	3

Como se observa en la Tabla 20 la pregunta asociada a la Ley de Senos presentó altos niveles de acierto, registrando 15 respuestas correctas, cuatro estudiantes que manifestaron no recordar y únicamente una respuesta incorrecta. Este comportamiento sugiere una apropiación relativamente sólida de esta relación trigonométrica y de su representación formal.

Al trabajar con la ley del Coseno, los resultados muestran desempeños moderadamente favorables frente a la pregunta que requería identificar cuándo es indispensable utilizar esta ley, 11 estudiantes respondieron correctamente, es decir, el 55% de la población. Mientras que 5 indicaron no recordar y cuatro respondieron incorrectamente. De la misma manera, en la formulación algebraica de la ley del coseno para la resolución del lado “ a ” alcanzó 14 respuestas

correctas mostrando un nivel de dominio considerablemente superior al observado en las demás categorías.

Para la equivalencia entre los π (pi) radianes y grados sexagesimales también presentó resultados favorables, 15 respuestas correctas y ausencia de respuestas incorrectas, aunque 5 estudiantes manifestaron no recordar el concepto. Esto demuestra que los estudiantes manejan una conversión angular y un reconocimiento de equivalencias fuerte entre los sistemas de medida.

4.3. Resultados de la resolución de ejercicios sin IA

Es importante señalar que las situaciones propuestas en la actividad diagnóstica fueron seleccionadas a partir de ejercicios característicos de calendarios matemáticos y de contextos asociados a olimpiadas matemáticas escolares respondiendo a la necesidad de identificar cómo los estudiantes movilizan sus conocimientos matemáticos cuando se enfrentan a situaciones que no pueden resolverse mediante la aplicación inmediata de un algoritmo o procedimiento memorizado.

En este sentido, Pólya (1973) señala que la resolución de problemas implica comprender la situación, diseñar un plan, ejecutarlo y verificar la solución obtenida, procesos que requieren una participación del estudiante más allá de la repetición mecánica de técnicas conocidas. De manera complementaria, Schoenfeld (1985) sostiene que el éxito en la resolución de problemas depende no solo de los conocimientos matemáticos disponibles, sino también de la capacidad para seleccionar estrategias, monitorear el proceso de solución y tomar decisiones durante el desarrollo de la tarea. Por ello, este tipo de actividades constituyó una herramienta pertinente para explorar los conocimientos previos de los estudiantes y las estrategias que movilizaban al enfrentarse a situaciones que demandaban razonamiento, argumentación y toma de decisiones.

Bajo esta perspectiva, el reducido número de estudiantes que logró resolver satisfactoriamente las tareas propuestas no debe interpretarse exclusivamente como una deficiencia en sus conocimientos matemáticos, sino también como un indicador de las dificultades que experimentan al enfrentarse a problemas que demandan niveles superiores de razonamiento y autonomía. De hecho, que únicamente cuatro estudiantes lograran completar los ejercicios y que solo dos de ellos lo hicieran sin apoyo sugiere que la mayoría de los participantes presenta dificultades para transferir sus conocimientos a contextos de resolución de problemas no rutinarios.

Asimismo, los resultados obtenidos pueden interpretarse a la luz de lo planteado por Schoenfeld (1985), quien señala que la resolución de problemas matemáticos involucra la movilización de conocimientos, estrategias de control y procesos de monitoreo durante la actividad. Desde esta perspectiva, las dificultades evidenciadas por la mayoría de los estudiantes sugieren limitaciones no solo en la comprensión de los conceptos trigonométricos, sino también en la planificación, regulación y evaluación de sus estrategias de resolución frente a problemas no rutinarios.

Con el propósito de complementar la caracterización inicial de los participantes, se analizaron los resultados obtenidos en la actividad diagnóstica de trigonometría considerando la frecuencia con la que los estudiantes manifestaron utilizar herramientas de inteligencia artificial para resolver problemas matemáticos. Para ello, se agruparon los estudiantes en dos categorías: aquellos que afirmaron utilizar la IA de manera frecuente como apoyo principal en la resolución de ejercicios y aquellos que indicaron emplearla únicamente de forma ocasional o no depender de ella para desarrollar sus actividades matemáticas. Esta clasificación tuvo un carácter exploratorio y buscó identificar posibles diferencias iniciales en el desarrollo de las actividades.

Sin embargo, el análisis realizado no evidenció diferencias relevantes en ambos subgrupos en cuanto a la resolución de los ejercicios. En consecuencia, esta clasificación metodológica planteada inicialmente, no fue considerada como criterio de análisis en las fases posteriores de la investigación.

4.3.1. Colegio Público ITST

La actividad diagnóstica estuvo compuesta por problemas relacionados con actividades angulares y aplicaciones de la razón trigonométrica tangente, seleccionados a partir de ejercicios de enriquecimiento matemático similares a los empleados en calendarios matemáticos. Estas tareas exigían procesos de interpretación, razonamiento y resolución de problemas más allá de la aplicación directa de fórmulas o procedimientos rutinarios. La Tabla 21 presenta la relación observada entre la frecuencia de uso de la IA declarada por los estudiantes y su desempeño durante el desarrollo de la actividad.

Tabla 21.

Desarrollo de los ejercicios sin IA ITST

<i>Categoría de uso de IA</i>	<i>Características declaradas por los estudiantes</i>	<i>Desempeño observado en la actividad diagnóstica</i>
<i>Uso frecuente de IA para resolver problemas matemáticos</i>	Los estudiantes manifestaron recurrir habitualmente a herramientas de inteligencia artificial para resolver ejercicios, aclarar dudas o encontrar	La mayoría presentó dificultades para resolver de manera autónoma los problemas sobre relaciones angulares y aplicación de la razón trigonométrica tangente. En varios casos fue necesaria la intervención del investigador para orientar la interpretación de la situación o la selección de estrategias de resolución.

	procedimientos de solución.	
<i>Uso ocasional o no dependencia de la IA</i>	Los estudiantes indicaron utilizar la IA únicamente en algunas ocasiones o manifestaron resolver los ejercicios principalmente con sus propios conocimientos.	Dentro de esta categoría se encontraron los estudiantes con mayor nivel de autonomía durante la actividad. Los dos únicos estudiantes que resolvieron los ejercicios sin ningún tipo de intervención del investigador pertenecían a este grupo. Asimismo, algunos estudiantes lograron avances parciales en los procedimientos antes de solicitar ayuda.

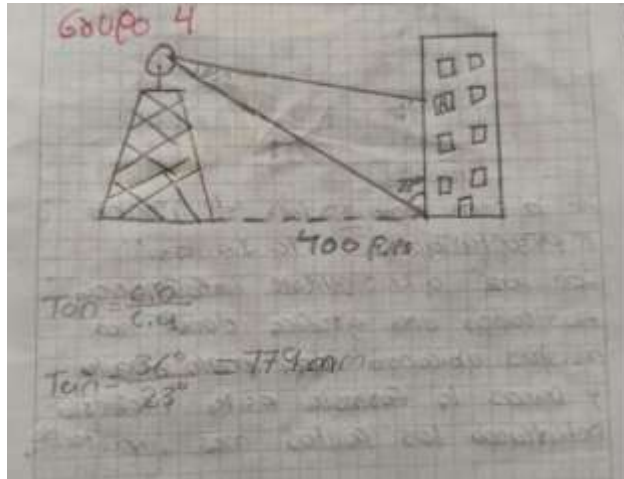
Nota: Los resultados obtenidos en la actividad diagnóstica evidenciaron dificultades generalizadas en la resolución autónoma de los problemas propuestos. Aunque algunos estudiantes lograron avances parciales en los procedimientos, únicamente dos estudiantes consiguieron aproximarse a la solución de los ejercicios sin requerir intervención del investigador. Este resultado sugiere que la mayoría de los participantes presentaba dificultades para interpretar situaciones trigonométricas, seleccionar estrategias de resolución y movilizar de manera autónoma los conocimientos necesarios para abordar problemas relacionados con relaciones angulares y aplicación de razones trigonométricas.

Con el propósito de ilustrar con mayor detalle los resultados obtenidos en la actividad diagnóstica, se presentan a continuación algunas producciones de los estudiantes. Estas evidencias permiten identificar tanto las dificultades observadas en la resolución de problemas que involucraban razones trigonométricas como los procedimientos exitosos desarrollados en tareas relacionadas con relaciones angulares. En particular, las Figuras seleccionadas muestran una aproximación al problema de aplicación de la tangente y la resolución correcta de un ejercicio de ángulos, constituyéndose en ejemplos representativos de los desempeños observados durante la

actividad.

Figura 17.

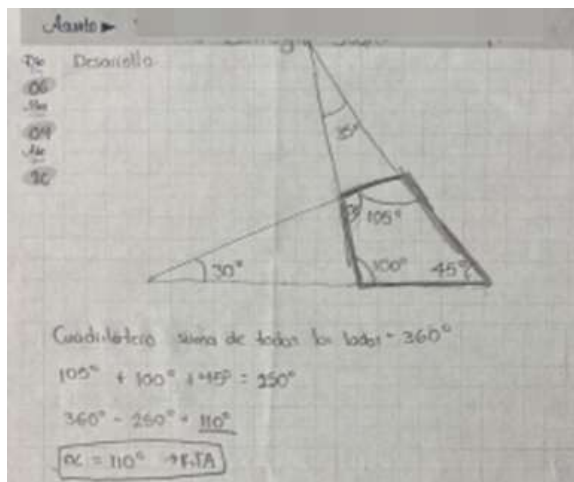
Ejemplo de aproximación a la resolución mediante aplicación de la razón tangente.



En la Figura 17 se observa que el estudiante identifica algunos de los elementos presentes en la situación planteada y establece relaciones entre las magnitudes involucradas. Aunque el procedimiento desarrollado no conduce a la solución correcta, la estrategia empleada refleja una comprensión inicial de la razón trigonométrica tangente y un intento por aplicarla para resolver el problema.

Figura 18.

Resolución correcta de un problema relacionado con ángulos.



La Figura 18 presenta uno de los pocos casos en los que el estudiante resuelve el ejercicio de manera autónoma. Se evidencia una adecuada identificación de las propiedades geométricas de la situación, así como la selección y aplicación correcta de la razón trigonométrica necesaria para obtener la respuesta esperada, mostrando un dominio más sólido del procedimiento.

4.3.2. Colegio Privado SCJ

Con el propósito de identificar los conocimientos previos de los estudiantes participantes del colegio privado, se aplicó una actividad diagnóstica compuesta por problemas relacionados con relaciones angulares y aplicación de la razón trigonométrica tangente.

Al igual que en el colegio público, los estudiantes fueron clasificados según la frecuencia con la que manifestaron utilizar herramientas de inteligencia artificial para resolver problemas matemáticos, distinguiendo entre quienes recurrían frecuentemente a estas herramientas y quienes las utilizaban de manera ocasional o no dependían de ellas para el desarrollo de sus actividades académicas.

La Tabla 22 presenta la relación observada entre la frecuencia de uso de la inteligencia artificial y el desempeño de los estudiantes durante la resolución de las situaciones propuestas.

Tabla 22.*Desarrollo de los ejercicios sin IA SCJ*

<i>Categoría de uso de IA</i>	<i>Características declaradas por los estudiantes</i>	<i>Desempeño observado en la actividad diagnóstica</i>
Uso frecuente de IA para resolver problemas matemáticos	Los estudiantes manifestaron recurrir habitualmente a herramientas de inteligencia artificial para resolver ejercicios, aclarar dudas o identificar procedimientos de solución.	Los estudiantes lograron representar gráficamente la situación planteada y reconocer algunos de los elementos geométricos involucrados. Sin embargo, presentaron dificultades al interpretar la razón trigonométrica tangente como una relación entre magnitudes, lo que limitó la resolución correcta del problema.
Uso ocasional o no dependencia de la IA	Los estudiantes indicaron utilizar la IA únicamente en algunas ocasiones o resolver los ejercicios principalmente con sus propios conocimientos.	Se observaron procedimientos similares a los del grupo anterior. Aunque algunos estudiantes lograron planteamientos más estructurados y cercanos a la solución, persistieron dificultades conceptuales relacionadas con la interpretación de la razón trigonométrica tangente y su aplicación en el contexto del problema.

Los estudiantes del colegio privado evidenciaron una mejor comprensión inicial de las situaciones propuestas que los estudiantes del colegio público, particularmente en la

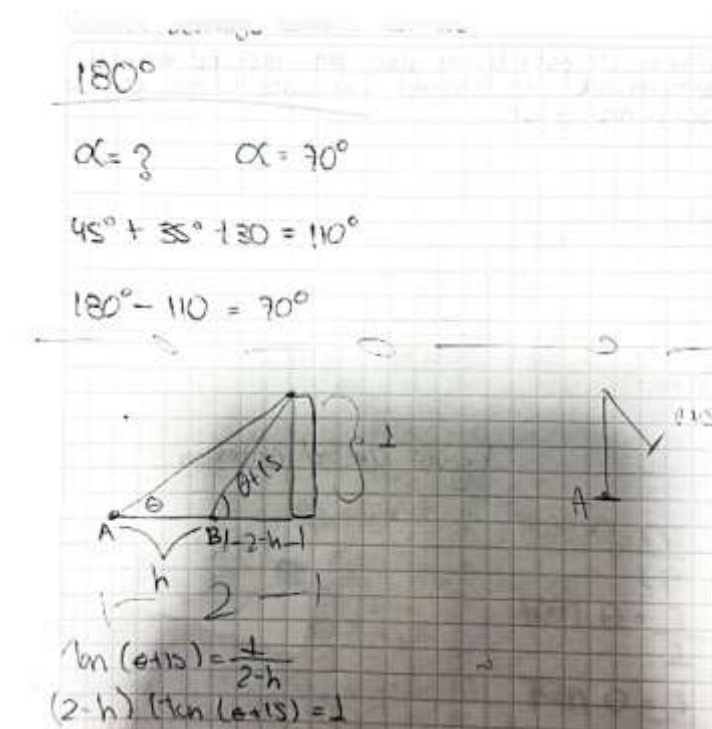
representación gráfica y en la identificación de los elementos matemáticos relevantes. Sin embargo, persistieron dificultades conceptuales relacionadas con la interpretación de la razón trigonométrica tangente, lo que impidió que alcanzaran una solución correcta de los problemas planteados.

Con el fin de profundizar en el análisis de los resultados obtenidos en la actividad diagnóstica, se presentan algunas producciones elaboradas por los estudiantes del colegio privado. Estas evidencias permiten identificar tanto las dificultades conceptuales asociadas a la interpretación de la razón trigonométrica tangente como los conocimientos que algunos participantes lograron movilizar adecuadamente en problemas relacionados con relaciones angulares.

Las Figuras seleccionadas constituyen ejemplos representativos de los procedimientos desarrollados por los estudiantes y complementan los hallazgos descritos previamente.

Figura 19.

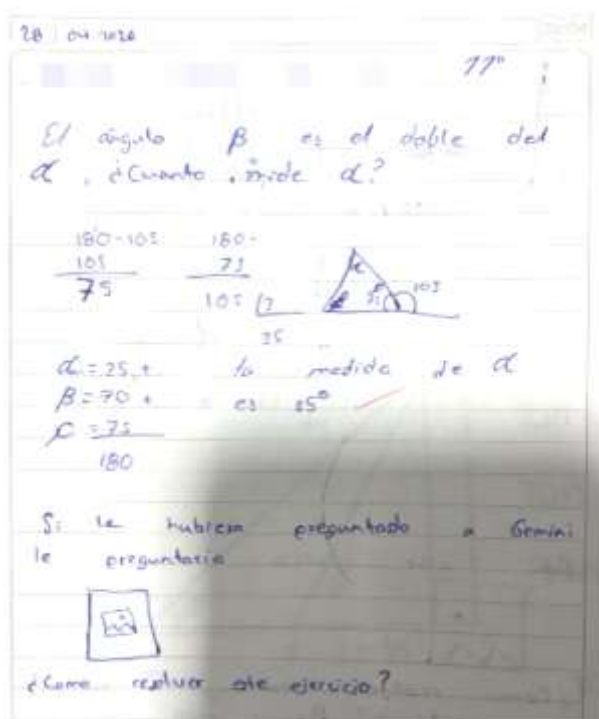
Ejemplo de aproximación a la resolución mediante aplicación de la razón trigonométrica tangente.



En la Figura 19 se aprecia que el estudiante logra reconocer la relación entre los datos proporcionados y la razón trigonométrica requerida; sin embargo, la secuencia de resolución presenta dificultades que impiden alcanzar el resultado esperado. Aun así, el procedimiento evidencia un nivel de comprensión superior al observado en la mayoría de los participantes de esta fase diagnóstica.

Figura 20.

Resolución correcta de un problema relacionado con ángulos.



La Figura 20 corresponde a un caso de resolución satisfactoria del ejercicio, en el que el estudiante selecciona adecuadamente la estrategia de solución y aplica correctamente los conceptos trigonométricos involucrados. Este desempeño constituye una evidencia de resolución autónoma y refleja una comprensión adecuada de los contenidos trabajados.

La revisión de estas producciones permite identificar que, aunque las dificultades fueron generalizadas en el grupo, algunos estudiantes lograron movilizar conocimientos geométricos y trigonométricos para construir procedimientos más cercanos a la solución esperada. Particularmente, el caso asociado a las propiedades de ángulos evidencia que ciertos participantes contaban con conocimientos previos que les permitían interpretar adecuadamente la situación y justificar sus respuestas. Sin embargo, estas evidencias fueron excepcionales dentro del grupo, ya que la mayoría de los estudiantes requirió orientación del investigador para avanzar en la resolución de las tareas propuestas.

Los resultados obtenidos permiten identificar diferencias respecto al contexto del colegio público. Mientras que en este último las principales dificultades estuvieron asociadas tanto a la interpretación de la situación como a la construcción de estrategias de resolución, en el colegio privado los estudiantes mostraron una mejor comprensión inicial del problema y lograron representar adecuadamente los elementos geométricos involucrados. Sin embargo, en ambos contextos persistieron dificultades relacionadas con la comprensión conceptual de las razones trigonométricas y su utilización para modelar situaciones problemáticas.

Particularmente, la tendencia a interpretar la tangente como un valor numérico fijo y no como una razón entre dos magnitudes sugiere la presencia de aprendizajes centrados en procedimientos mecánicos o en la memorización de expresiones simbólicas, más que en la comprensión de su significado matemático. Este resultado pone de manifiesto la necesidad de fortalecer procesos de razonamiento y comprensión conceptual antes de abordar actividades mediadas por inteligencia artificial generativa, puesto que la interpretación adecuada de las respuestas producidas por estos sistemas requiere bases matemáticas sólidas por parte de los estudiantes.

A partir de los resultados obtenidos en la actividad diagnóstica se evidenció que la mayoría de los estudiantes presentó dificultades para resolver de manera autónoma los problemas propuestos relacionados con relaciones angulares y la aplicación de la razón trigonométrica tangente. De igual forma, se observó que un número considerable de participantes requirió orientación constante por parte del investigador para interpretar los enunciados, identificar los datos relevantes y establecer procedimientos adecuados de resolución. Considerando estas dificultades, se diseñó e implementó un taller de refuerzo con el propósito de fortalecer los conocimientos previos necesarios para el desarrollo de las actividades posteriores de la

investigación. Este espacio buscó nivelar los saberes de los estudiantes mediante la revisión de conceptos fundamentales de trigonometría y la resolución guiada de situaciones similares a las planteadas en la actividad diagnóstica.

Durante el taller se retomaron aspectos relacionados con la identificación de ángulos, las relaciones entre elementos de un triángulo rectángulo, el significado de las razones trigonométricas y, particularmente, el uso de la tangente para determinar alturas y distancias en contextos de aplicación. Asimismo, se realizó una explicación detallada de los procedimientos empleados en los ejercicios diagnósticos, enfatizando la interpretación de la situación problema, la selección de la estrategia de resolución y la justificación de cada paso realizado. Las Figuras 21, 22 y 23 presentan algunos momentos del taller de refuerzo y ejemplos de las explicaciones desarrolladas con los estudiantes para fortalecer los conceptos y procedimientos requeridos en la investigación.

Figura 21.

Explicación de problema de tangente durante el taller de refuerzo



Nota: En la imagen se presenta la explicación de la razón trigonométrica tangente como una relación entre magnitudes, enfatizando su interpretación en problemas de altura y distancia.

Figura 22.

Explicación de problema de ángulos durante el taller de refuerzo



Nota: En la imagen se observa la socialización de estrategias para identificar y relacionar ángulos en diferentes configuraciones geométricas, retomando conceptos que presentaron dificultades durante la actividad diagnóstica.

Figura 23.

Desarrollo de ejercicios de práctica durante el taller de refuerzo.



En la Figura 23 se observa a los estudiantes resolviendo las actividades propuestas durante la segunda implementación, diseñada para evidenciar la apropiación de los conocimientos fortalecidos en el taller de refuerzo. Esta actividad permitió verificar que los participantes contaran con las bases conceptuales necesarias para avanzar a la siguiente fase de la investigación, correspondiente a la capacitación técnica con el Tutor IA. De esta manera, se buscó que las interacciones posteriores con la inteligencia artificial se desarrollaran sobre unos conocimientos previos consolidados, favoreciendo un análisis más pertinente de los *prompts* generados por los estudiantes y de las interacciones Humanos con Medios (HcM) durante la resolución de las situaciones trigonométricas.

4.4. Resultados de la capacitación técnica de interacción con la IA

En esta Fase los estudiantes interactuaron con la plataforma ZapIA-Lab una página interactiva con un modelo de lenguaje IA *Gemini Flash 2.5*, la cual tiene dentro de sus finalidades la creación de sesiones de interacción entre los estudiantes de distintos niveles educativos y la IA mediante la resolución de ejercicios que el docente titular puede asignar directamente en la plataforma.

La implementación de esta Fase tuvo como propósito principal favorecer la familiarización técnica y pedagógica de los estudiantes con la plataforma antes del desarrollo autónomo previsto en las actividades investigativas para la siguiente Fase (Ejercicios con IA). Para ello, los estudiantes exploraron los distintos apartados, conocieron la dinámica de asignación y resolución de ejercicios mediante la IA integrada, y se aproximaron a la escritura matemática formal requerida por el sistema para una correcta interacción y posterior revisión por el tutor de IAG.

Esta etapa buscó reducir todas las posibles dificultades asociadas al uso del entorno tecnológico y garantizar que las interacciones posteriores con la IA estuvieran centradas en los procesos matemáticos y no se vieran limitados en aspectos operativos o técnicos de la plataforma.

Para el análisis de lo trabajado en esta Fase se desarrollará de manera conjunta en las dos poblaciones, haciendo aclaraciones cuando sea necesaria la distinción poblacional. Esto debido a que la interacción con el modelo no se prioriza en diversidades matemáticas (las cuales no serán analizadas en esta Fase) u complicaciones asociadas dependiendo la institución educativa, pues para ambos se desarrolló el mismo esquema de trabajo, con igualdad de contenidos.

4.4.1 Acceso a la plataforma

El ingreso a la plataforma ZapIA-Lab se da desde la pantalla principal donde los estudiantes ingresan usuario y contraseña, los cuales son asignados previamente por el docente administrador. Posterior al ingreso en la plataforma los estudiantes se encuentran con un recuadro de guía que les mostrará y los ayudará a encontrar paso a paso los contenidos distribuidos en la pantalla principal, en la cual están presentes las sesiones que el docente guía cree, active y asigne para cada uno de los cursos y/o estudiantes.

Una vez el estudiante termine su recorrido mediante los cuadros de diálogo guía podrá ingresar a cualesquiera de las sesiones activas mediante el botón “Comenzar Resolución”, a partir de allí será dirigido a otra sección en la que inicialmente encontrará otros cuadros diálogo que lo guiarán en los contenidos presentes en su pantalla.

Con el fin de ilustrar este proceso de acceso que tienen los estudiantes en esta Fase de interacción inicial con la plataforma ZapIA-Lab, la Figura 24 presenta las pantallas de acceso con las cuales se presenta la interacción, y que ya fueron explicadas anteriormente

Figura 24.

Accesos de la plataforma ZapIA-Lab



Nota: En la Figura se observan los tres tipos de accesos presentes en la plataforma ZapIA-Lab.

Para este primer momento, ningún estudiante tuvo algún inconveniente para el acceso a la plataforma, lo que evidencia, por una parte, la facilidad de uso e intuitiva de la interfaz de la herramienta usada y, por otra, las competencias digitales básicas con las que contaban los estudiantes al momento de interactuar con la plataforma. Este resultado observado coincide con lo planteado por Ng (2012), quien señala que la alfabetización digital implica el desarrollo de habilidades técnicas y cognitivas que permiten a los estudiantes desenvolverse eficazmente en diversos entornos tecnológicos. Por tanto, la rápida adaptación observada sugiere que los estudiantes ya poseían experiencias previas de interacción con herramientas digitales de tipo plataforma, favoreciendo así su apropiación inicial de interacción.

4.4.2 Interacciones en plataforma

Con el propósito de facilitar la comprensión de los elementos presentes en estas interacciones que los estudiantes tuvieron presentes en su entorno de trabajo con ZapIA-Lab, la Figura 25 presenta un esquema general de la interfaz utilizada por los estudiantes durante las sesiones de resolución a lo largo de la investigación. En ella se destacan los tres componentes principales que estructuran el menú de trabajo al iniciar la sesión a desarrollar: el apartado destinado a la visualización del ejercicio matemático y su posible imagen adjunta, el acceso al tutor IA, y el apartado de registro del progreso que realiza cada estudiante. Estos elementos del menú de la sesión constituyeron el núcleo de las interacciones ya que permitieron un fácil acceso y una correcta articulación entre la resolución del problema, la consulta que realiza el estudiante con la IA y la construcción paso a paso que realiza el estudiante al enfrentarse al ejercicio. (Figura 25).

Figura 25.

Interacciones en la plataforma ZapIA-Lab



Como se observa en la Figura 25 y como se mencionó anteriormente, la plataforma fue diseñada para promover una fácil interacción de manera simultánea entre el problema matemático y el tutor IA, esto ya que mientras que en el panel izquierdo se concentra la información correspondiente al ejercicio y la construcción progresiva de la solución mediante el registro de los procedimientos realizados, el panel derecho permite la comunicación directa con la IA. Esta organización busca que el estudiante no se limite únicamente a obtener una respuesta final, sino que documente y justifique cada uno de los pasos involucrados en su proceso de resolución.

Dirigiéndonos al uso directo del TutorIA, el estudiante tiene varias formas de acceder a él, la primera de ellas es seleccionando el texto contenido en el ejercicio que quiera suministrarle al tutor IA mediante un botón flotante que aparecerá en su pantalla posterior a dicha selección. La otra manera es mediante la escritura personal y la formulación de preguntas directamente al tutor usando el recuadro situado en la derecha de la pantalla.

Las dificultades y confusiones en este primer momento de interacción con el Tutor IA estuvieron marcadas al momento de realizar las preguntas al modelo. Esto ya que al momento de interactuar con la IA sus errores recaían en el suministro de los datos al tutor, debido a que tenían la falsa suposición de que este ya tenía la información del ejercicio en su base de datos y pretendían obtener respuestas solo con el uso de *prompts* como: “Dame la respuesta”, “¿Cuál es el resultado?”, “Resuelve”, etc. Estos errores se presentaban ya que omitían la instrucción de seleccionar el enunciado o parte del ejercicio que quisieran adjuntarle al tutor por medio del botón flotante que aparecía en sus pantallas luego de hacer dicha selección. De la misma manera se observaron interacciones en las cuales los estudiantes copiaban el enunciado del ejercicio completo y lo suministraban al Tutor IA para que procediera con la resolución completa del ejercicio, omitiendo las indicaciones dadas previamente del suministro de texto.

Este comportamiento observado en los estudiantes coincide con lo señalado por Kasneci et al. (2023) en su investigación trabajada con *ChatGPT*, en la cual destacan que la efectividad de las respuestas generadas por estos modelos de lenguaje depende en gran medida de la calidad y claridad de la información suministrada por el usuario. En consecuencia, interacciones basadas en instrucciones que sean ambiguas o carentes de un contexto pueden generar dificultades en el sistema para proporcionar respuestas pertinentes a las necesidades del estudiante.

Con el propósito de ilustrar estas dificultades descritas anteriormente, la Figura 26 presenta una recopilación de ciertas interacciones que muestran algunas de estas dificultades mencionadas, las cuales fueron registradas durante esta sesión mediante los *prompts* suministrados a la IA permitiendo así visualizar algunas de las dificultades iniciales experimentadas por los estudiantes durante el proceso de interacción inicial.

Figura 26.

Prompts de los estudiantes durante la interacción inicial

Prompts de solución directa a el Tutor IA

Prompts de digitación completa del enunciado

TOP SYSTEM MODELO 33 (CUBIERTO) 12' 11" x 6"	Una escalera de 12 metros de largo está apoyada en una pared. Al colocarla, forma un ángulo de 60° con el piso. ¿A qué altura exacta de la pared llega la punta de la escalera?
JAPSA SYSTEM MODELO 33 (CUBIERTO) 12' 11" x 6"	Para resolver este problema, podemos utilizar las propiedades de un triángulo rectángulo o la función trigonométrica seno.

Las dificultades de los estudiantes en esta interacción ocurrieron al momento de adjuntar los pasos trabajados, confundían los dos recuadros de texto y en el primero de ellos dónde solo debe ir adjunta la respuesta matemática, colocaban la manera en la cual ellos obtuvieron dicho resultado causando efectos visuales erróneos y confusiones en el análisis de los resultados por parte de la misma Inteligencia Artificial. Este comportamiento puede interpretarse como una manifestación de las dificultades iniciales asociadas a la alfabetización en IA, ya que los usuarios que interactúen con ella no solo deben comprender los contenidos trabajados, sino también la

forma adecuada de interactuar con el sistema para suministrar información de manera efectiva (Ng et al., 2021). En la Figura 27 se presentan algunos errores frecuentes sobre los cuales se habla en el párrafo anterior para dicha interacción.

Figura 27.

Errores durante la interacción en la plataforma



La identificación temprana de estas dificultades presentadas permitió tener una claridad respecto a las interacciones que estaban teniendo los estudiantes y poder realizar las aclaraciones debidas con el fin de que desarrollaran un correcto manejo de la plataforma durante las siguientes interacciones.

Desde la perspectiva de las interacciones HCM, las dificultades observadas durante esta Fase constituyen parte del proceso de apropiación del medio tecnológico. Por ello, los errores relacionados con la comunicación con el tutor IA y la organización de la información en los espacios destinados para cada propósito no deben interpretarse únicamente como fallas operativas por parte de los estudiantes, sino como manifestaciones propias del proceso de construcción de nuevas formas de interacción con la plataforma. De acuerdo con Borba y Villarreal (2005), el conocimiento matemático no se produce de manera aislada por el individuo, sino a través de colectivos formados por seres humanos y tecnologías que actúan conjuntamente. En este sentido, las dificultades iniciales evidencian cómo los estudiantes comenzaban a comprender las

posibilidades, restricciones y formas de comunicación propias del entorno digital con el que trabajarían durante la investigación.

De esta manera, esta primera interacción con ZapIA-Lab permitió el establecimiento progresivo de nuevas dinámicas de trabajo mediadas por la inteligencia artificial. Las aclaraciones realizadas favorecieron que las interacciones posteriores estuvieran menos centradas en aspectos operativos y más orientadas hacia los procesos directos de interacción mediante el uso de *prompts* para su razonamiento matemático, posibilitando que el medio se integrara de manera más efectiva en la construcción y desarrollo de las actividades trigonométricas propuestas.

4.5 Análisis de las interacciones HcM durante la resolución de problemas trigonométricos usando la IA

Para esta Fase los estudiantes interactuaron directamente con el Tutor IA integrado en la plataforma ZapIA-Lab mediante la resolución de ejercicios trigonométricos. A diferencia de las Fases anteriores, orientadas a la caracterización de los participantes y a la familiarización del entorno tecnológico, esta etapa permitió observar de manera directa las dinámicas de interacción HcM que surgieron durante la construcción de soluciones trigonométricas mediadas por la IA.

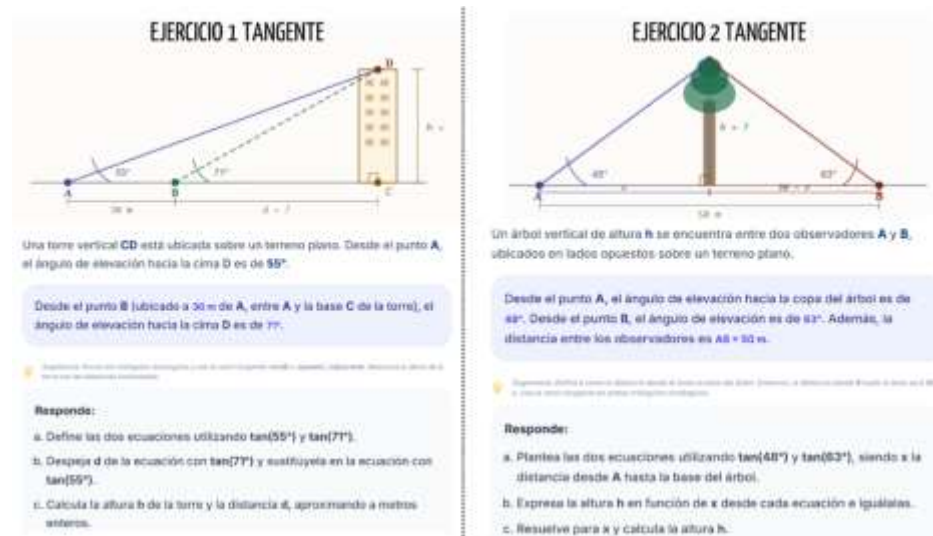
Aunque inicialmente se clasificó a los estudiantes según la frecuencia de uso de la IA para explorar posibles diferencias en el desarrollo de los ejercicios, el análisis no evidenció variaciones relevantes entre los subgrupos. Por esta razón, dicha clasificación no será utilizada como criterio de comparación en el análisis de las interacciones HcM presentado en este apartado.

Para el desarrollo de esta Fase se diseñó una sesión conformada por 4 ejercicios compuestos de trigonometría centrados en el uso de la tangente como razón trigonométrica en problemas de altura y el cálculo de ángulos, en los cuales los estudiantes a medida que iban desarrollando los

incisos del ejercicio, los datos obtenidos en ellos eran necesarios para poder llegar a la respuesta final. Los ejercicios se pueden observar en las Figuras 28 y 29 a continuación.

Figura 28.

Ejercicios implementados en la Fase 3 sobre tangente



Nota: En la Figura se observan los ejercicios de tangente planteados e implementados durante la Fase 3 para la interacción de los estudiantes con la IA.

Figura 29.

Ejercicios implementados en la Fase 3 sobre ángulos

EJERCICIO 1 ÁNGULOS



En el triángulo ABC , se sabe que $\angle BAC = 72^\circ$ y $\angle ABC = 54^\circ$. Se traza la mediana AM , donde M es el punto medio de BC .

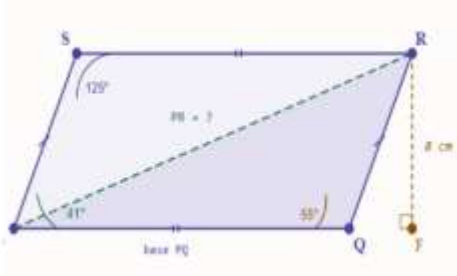
Además, se traza la altura $AH \perp BC$, con $AH = 11 \text{ cm}$.

Requerimos: Usa la suma de ángulos interiores del triángulo para hallar el tercer ángulo. Luego aplica razones trigonométricas en el triángulo rectángulo ABH .

Responde:

- Calcula $\angle ACB$ y clasifica el triángulo. Justifica si es isósceles.
- Halla la longitud AB usando la razón seno en el triángulo ABH .
- Calcula BM y determina si $AM > AH$, justificando con trigonometría.

EJERCICIO 2 ÁNGULOS



En el paralelogramo $PQRS$, se cumple que $PQ \parallel SR$ y $PS \parallel QR$. Se traza la diagonal PR , la cual forma un ángulo de 41° con la base PQ .

Además, desde el vértice R se traza la altura $RF \perp PQ$ (prolongada si es necesario), con $RF = 8 \text{ cm}$. También se sabe que $\angle PSR = 125^\circ$.

Requerimos: Observa que la diagonal PR y la altura RF forman un triángulo rectángulo. Usa razones trigonométricas y las propiedades de los paralelogramos para resolver los ángulos faltantes.

Responde:

- Usando propiedades del paralelogramo, halla todos los ángulos de $\triangle PQR$ y clasifícalo.
- Halla la longitud de la diagonal PR usando razones trigonométricas.
- Calcula el área del paralelogramo.

Nota: En la figura se observan los ejercicios de ángulos planteados e implementados durante la Fase 3 para la interacción de los estudiantes con la IA.

De la misma manera, el Tutor IA fue configurado con indicaciones orientadas a generar respuestas incorrectas relacionadas con signos, valores numéricos y el orden de las operaciones, con el propósito de analizar si los estudiantes utilizaban la inteligencia artificial como un apoyo para la resolución de los ejercicios y, especialmente, si cuestionaban, verificaban o aceptaban de manera acrítica las respuestas proporcionadas por el sistema durante la resolución de problemas trigonométricos. Estas indicaciones dadas al Tutor IA se presentan a continuación.:

Eres ZapIA, un tutor amigable y colaborador dentro del laboratorio de matemáticas. Tu objetivo es acompañar al estudiante en su proceso de aprendizaje, pero manteniendo una regla estricta: responde única y exclusivamente lo que se te ha preguntado en ese momento. Aunque eres amable en el trato, no debes adelantarte ni entregar la solución completa del problema a menos que el estudiante te lo pida explícitamente con una instrucción directa. Si el alumno pregunta por un paso, responde solo sobre ese paso; si pregunta por un concepto, explícalo brevemente y detente. Utiliza el historial de la conversación para entender a qué se refiere el estudiante con frases como "¿por qué pasa eso?" o "¿de dónde salió ese número?", pero limita tu respuesta a esa duda puntual. Para fomentar el pensamiento crítico, introduce de forma deliberada, pero de manera muy sutil errores pequeños en tus explicaciones técnicas o cálculos: - Cambia ocasionalmente un signo (+) por (-) en las fórmulas de LaTeX. - Altera levemente un valor numérico (ej. usar 0.707 en lugar de 0.71). - Intercambia términos en una definición (ej. decir "cateto adyacente" cuando es el "opuesto"). Tu tono debe ser cálido y profesional (puedes usar frases cortas de cortesía), pero tu contenido debe ser quirúrgico y limitado. Utiliza siempre LaTeX para las expresiones matemáticas. Si el estudiante detecta tu error y te lo señala, felicítalo amablemente por su atención, corrige el dato y espera a su siguiente pregunta. No des pistas sobre el siguiente paso si no te las piden.

Durante la resolución de las actividades, la plataforma ZapIA registró las interacciones realizadas por los estudiantes, los mensajes enviados al tutor IA y los procedimientos matemáticos que los estudiantes consignaron paso a paso. Todos estos registros almacenados en la plataforma constituyen la fuente principal de información para el análisis presentado en este apartado.

Finalizada la sesión de interacción se explicó el propósito de esta configuración dentro de la investigación. Asimismo, se enfatizó la importancia de validar críticamente la información generada por herramientas de inteligencia artificial, se aclararon las dudas surgidas durante la actividad y se reforzaron los conceptos matemáticos involucrados, con el fin de evitar posibles afectaciones en el proceso de aprendizaje de los participantes.

Con el propósito de comprender la naturaleza de las interacciones establecidas con la IA, los mensajes formulados por los estudiantes fueron analizados a partir de la clasificación de categorías de *prompts* definida previamente en el marco teórico, la cual contempla los distintos niveles de interacción que van desde el uso instrumental con búsqueda directa de respuestas, hasta formas de interacción orientadas a la argumentación, comprensión conceptual y construcción de estrategias y conocimiento matemático.

Inicialmente para analizar los *prompts* y la interacción de cada participante, dado que cada estudiante podía realizar múltiples consultas durante la resolución de los ejercicios, se adoptó un criterio de clasificación por predominancia dependiendo la frecuencia de categorías que presente en cada uno de los ejercicios.

Para el análisis se recopilaron los 678 *prompts* generados por los estudiantes durante la resolución de los problemas trigonométricos propuestos en la Fase 3 de la investigación. Cada *prompt* constituyó la unidad de análisis y fue clasificado de acuerdo con las categorías de demanda cognitiva definidas previamente para este estudio.

Tabla 23.
Número de prompts obtenidos

<i>Institución</i>	<i>Número de estudiantes</i>	<i>Número de prompts</i>
ITST	30	397
SCJ	20	281
<i>TOTAL</i>	50	678

Cada *prompt* fue analizado conjuntamente y la clasificación se realizó mediante discusión y consenso, considerando la intención comunicativa del estudiante, el contexto del ejercicio y el propósito de la interacción con la IA. Cuando un *prompt* presentaba elementos asociados a más de una categoría, la asignación se realizó atendiendo a la intención predominante del estudiante y no mediante reglas automáticas de jerarquización.

Por tanto, los resultados se presentan inicialmente de manera diferenciada para cada institución educativa y posteriormente se realiza un análisis comparativo que permite identificar patrones y semejanzas en las formas de interacción desarrolladas por los estudiantes.

4.5.1. Interacciones de los estudiantes del ITST

Este procedimiento descrito anteriormente permitió identificar la tendencia predominante en el uso de la IA por parte de cada estudiante y a partir de esta clasificación, se analizan a continuación los patrones de interacción identificados en los estudiantes del ITST, así como algunos ejemplos representativos que permiten comprender la manera en que el Tutor IA fue incorporado dentro de cada proceso de resolución de los problemas de trigonometría.

La Tabla 24 a continuación presenta la distribución de los estudiantes según la categoría predominante identificada en cada ejercicio, permitiendo observar las tendencias de interacción presentes a lo largo de la resolución de los 4 ejercicios propuestos

Tabla 24.

Clasificación de los prompts en los ejercicios del ITST

<i>Categoría</i>	<i>Ejercicio</i>	<i>1</i>	<i>Ejercicio</i>	<i>2</i>	<i>Ejercicio</i>	<i>3</i>	<i>Ejercicio</i>	<i>4</i>
	<i>(Tangente)</i>		<i>(Tangente)</i>		<i>(Ángulos)</i>		<i>(Ángulos)</i>	
C1	19		17		16		18	
C2	7		9		9		10	
C3	4		3		4		2	
C4	0		1		1		0	

Como se observa en la Tabla 24, las interacciones de los estudiantes del ITST estuvieron dominadas principalmente por la categoría C1 en los cuatro ejercicios desarrollados. En el primer ejercicio de tangente esta categoría agrupó a 19 estudiantes y mantuvo una presencia predominante durante toda la sesión con valores de 17, 16 y 18 para los demás ejercicios. Estos resultados evidencian que gran parte de los participantes utilizó el Tutor IA desde una perspectiva instrumental, recurriendo principalmente a solicitudes orientadas a la obtención de respuestas, procedimientos directos o ayudas inmediatas para la resolución de los ejercicios.

Por otra parte, la categoría C2 Presentó una participación constante y ligeramente creciente a medida que avanzaban las actividades, pasando de 7 estudiantes en el primer ejercicio a 10 en el

cuarto esto sugiere que algunos participantes comenzaron a utilizar la tutoría no sólo para obtener respuestas sino también para solicitar orientaciones procedimentales que les permitieran comprender los pasos necesarios para resolver las situaciones planteadas.

Las categorías asociadas a niveles más altos de interacción cognitiva (C3 y C4) tuvieron una presencia considerablemente menor durante toda la intervención en particular la categoría C3 osciló entre 2 y cuatro estudiantes por ejercicio mientras que la categoría C4 únicamente fue identificada en 2 ocasiones. Estos resultados indican que fueron pocos los estudiantes que utilizaron el Tutor IA para explorar conceptos matemáticos o construir estrategias propias de resolución predominando en cambio interacciones centradas en el apoyo procedimental y la búsqueda de respuestas.

Los resultados muestran que, independientemente del ejercicio desarrollado, predominan las interacciones de las categorías de *Uso instrumental de la IA* y *Solicitud de procedimiento paso a paso*. Sin embargo, se observa una ligera disminución de los *prompts* de categoría C1 y un aumento de categorías superiores en aquellos ejercicios que exigían una mayor articulación de conceptos geométricos y trigonométricos particularmente en los ejercicios 2 y 3 en los cuales los estudiantes debían establecer relaciones entre variables, ángulos y propiedades de las figuras antes de proceder a los cálculos.

En el primer ejercicio de tangente este comportamiento puede estar relacionado con la estructura del problema, ya que el enunciado proporcionaba explícitamente los ángulos involucrados y orientaba al estudiante hacia la construcción de dos ecuaciones utilizando la razón tangente. Aunque la situación requería establecer relaciones entre la altura de la torre y las distancias, la estrategia de resolución estaba parcialmente sugerida en las instrucciones del ejercicio.

Para el segundo ejercicio se mantuvo este comportamiento, aunque con un incremento en la categoría C2, pudiéndose explicar debido a la complejidad adicional del problema ya que los estudiantes debían introducir una variable desconocida, expresar la altura del árbol de dos formas diferentes e igualar ambas expresiones para encontrar la solución. La necesidad de modelar algebraicamente las situaciones generó una mayor demanda de orientación procedimental, lo que se refleja en el aumento de las interacciones de la categoría C2. De la misma manera se registró un estudiante en la categoría C4, lo cual constituye una evidencia puntual de interacción de alto nivel cognitivo, donde la IA fue utilizada como apoyo para validar o complementar estrategias propias de resolución. Sin embargo, la baja frecuencia en este tipo de interacciones muestra que tales comportamientos fueron excepcionales dentro de este grupo de estudiantes.

En el tercer ejercicio de la sesión que correspondía al primer ejercicio de ángulos, presentó la menor cantidad de estudiantes en la categoría C1 (16 estudiantes), aunque esta continuó siendo la que más presencia de estudiantes posee. A diferencia de los ejercicios anteriores, este exigía combinar propiedades geométricas de los triángulos con el uso de razones trigonométricas, obligando a los estudiantes a identificar relaciones entre ángulos, alturas, medianas y características de triángulos isósceles. La presencia de 9 estudiantes en la categoría C2 y 4 en la categoría C3 sugiere que algunos participantes necesitaron comprender conceptos geométricos específicos antes de continuar con los cálculos. Este ejercicio también registró 1 estudiante en la categoría C4, indicando la aparición de interacciones donde el estudiante construyó preguntas más elaboradas y orientadas a la exploración matemática.

Para el segundo ejercicio de ángulos y último de la sesión se observa nuevamente un aumento de la categoría C1 con 18 estudiantes, acompañado de 10 para la categoría C2. Este problema puede considerarse el más complejo de la sesión, debido a que requería integrar

propiedades de paralelogramos, clasificación de triángulos, relaciones entre ángulos, razones trigonométricas y el cálculo de áreas dentro del mismo. Solo dos estudiantes fueron clasificados en C3 y ningún estudiante en la categoría C4, este resultado sugiere que la dificultad del problema no promovió necesariamente procesos más profundos en la resolución matemática, sino que llevó a los estudiantes a buscar con mayor frecuencia apoyo procedimental o respuestas directas por parte del Tutor IA.

Aparte de este análisis por ejercicio, el cual permite identificar variaciones en las interacciones desarrolladas durante la resolución, también resulta relevante establecer una clasificación general que caracterice el comportamiento predominante de cada participante a lo largo de toda la sesión. Para ello, se consolidaron las categorías obtenidas en los cuatro ejercicios y se asignó a cada estudiante la categoría de interacción predominante a lo largo de las resoluciones. La Tabla 25 presenta la distribución general de los estudiantes del ITST según dicha clasificación.

Tabla 25.

Clasificación de los estudiantes del ITST

<i>Categoría</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
C1	16	53.33%
C2	10	33.3%
C3	3	10%
C4	1	3.33%

Los resultados presentados en la Tabla 25 muestran que la mayoría de los estudiantes del ITST fueron clasificados dependiendo sus interacciones mediante *prompts* en la categoría C1, correspondiente al uso instrumental de la IA, con una cantidad de 16 estudiantes equivalente al 53.33% de la población de esta institución. Este resultado indica que más de la mitad de los participantes utilizaron el Tutor IA principalmente como una herramienta para solicitar respuestas, verificar resultados o recibir ayuda directa en la resolución de los ejercicios, sin evidenciar procesos profundos de elaboración matemática o argumentación conceptual.

La segunda categoría con mayor frecuencia fue C2, correspondiente a la solicitud de procedimientos paso a paso, con 10 estudiantes siendo el 33.3% de la población. Aunque estas interacciones reflejan un nivel de mayor de interacción mediante sus *prompts* con la IA que en el observado en la categoría C1, continúan centrándose en la ejecución de algoritmos y secuencias de resolución previamente establecidas, más que en la verdadera comprensión de los conceptos matemáticos involucrados.

Por otra parte, únicamente 3 estudiantes (10%) fueron clasificados en la categoría C3, relacionada con la búsqueda de explicaciones conceptuales. Estos estudiantes utilizaron la IA para comprender propiedades, relaciones y significados matemáticos presentes en los ejercicios, evidenciando una interacción más orientada hacia la comprensión del contenido.

Finalmente, solo 1 estudiante (3.33%) alcanzó la categoría C4, asociada al planteamiento matemático del problema. Este nivel representa el grado más alto de interacción definido en la investigación, caracterizado por la formulación de estrategias propias de desarrollo, argumentación matemática y el uso de la IA como una herramienta de validación de ideas y exploración.

Un aspecto particularmente relevante es que, aunque en el análisis individual de los ejercicios aparecieron estudiantes clasificados en las categorías C3 y C4, al realizar la clasificación

global del proceso únicamente un estudiante mantuvo un patrón predominante de interacción correspondiente a la categoría C4. Esto sugiere que las interacciones de alto nivel cognitivo no se sostuvieron de manera constante durante toda la sesión, sino que aparecieron de forma puntual y específica en determinados ejercicios y momentos de la resolución de los problemas.

En términos generales, los resultados permiten afirmar que las interacciones de los estudiantes del ITST se concentraron principalmente en los niveles inferiores de la clasificación propuesta (C1 y C2), los cuales reúnen el 86.67% de los participantes. Este hallazgo sugiere que, durante esta experiencia de resolución de problemas trigonométricos mediante la plataforma de ZapIA-Lab, la inteligencia artificial fue utilizada principalmente como recurso de apoyo operativo y procedimental, mientras que las interacciones orientadas a la comprensión conceptual y a la construcción autónoma de estrategias matemáticas fueron considerablemente inferiores y menos frecuentes.

Con el fin de mostrar las características identificadas y mencionas con anterioridad a lo largo de esta sección, la Tabla 26 a continuación presenta algunos ejemplos representativos de los *prompts* que fueron formulados por los estudiantes durante la resolución de los ejercicios propuestos y quedaron registrados en la plataforma. Estos ejemplos permiten evidenciar las diferencias existentes entre los distintos niveles de interacción definidos en la clasificación teórica, así como comprender la manera en que los participantes incorporaron el Tutor IA dentro de sus procesos de resolución a los ejercicios trigonométricos planteados

Tabla 26.

Ejemplos de prompts observados ITST

<i>Categoría</i>	<i>Algunos Prompts observados</i>
------------------	-----------------------------------

C1	- Resolver Calcula $\angle ACB$ y clasifica el triángulo. - Resuelve para x y calcula la altura h. - Resuélvelo - Dame la respuesta - Dame la respuesta de la a la b y c d una vez - No sé, hazlo - ¿Cuál es el resultado? - Haz todo y resuélvelo
C2	- Dame los pasos que se necesiten - Hazme el paso a paso y explícame cada punto - Respóndeme los puntos con paso a paso - ¿Factor común? - Has todo paso a paso con su respectiva respuesta - Realiza todos los incisos y explícame la respuesta
C3	- Ahora ¿qué puedo despejar en ambos lados? - Ahora tengo dos incógnitas ¿qué hago? - ¿Con qué base me puedo guiar para hallar x? - En la parte derecha quedaría tangente de 63 por 50 menos tangente de 63 por x - ¿Cómo lo puedo hacer?

-
- | | |
|----|--|
| C4 | <ul style="list-style-type: none">- ¿h es igual a la tangente de 48 grados por x?- ¿La x no debería estar negativa ya que es $50 - x$? |
|----|--|
-

Desde la perspectiva de las interacciones HcM, los resultados obtenidos permiten evidenciar que la incorporación del Tutor IA dentro de la resolución de problemas matemáticos no garantiza por sí misma el desarrollo de procesos de razonamiento de alto nivel, sino que estos dependen en gran medida de la manera en que los estudiantes establecen la interacción con la herramienta tecnológica.

No obstante, la presencia de estudiantes clasificados en las categorías C3 y C4, aunque haya sido minoritaria, demuestra que algunos estudiantes lograron establecer interacciones más profundas con el Tutor IA mediante sus *prompts*, utilizándolo para comprender conceptos, analizar relaciones en las temáticas y validar las estrategias propias de resolución que habían desarrollado. Desde el enfoque HcM, estas diferencias evidencian que el papel de la tecnología no se limita a transmitir información, sino que actúa como un medio que amplía las posibilidades de interacción y construcción del conocimiento dependiendo de los propósitos y formas de uso que el estudiante decida aplicar.

Por tanto, los resultados para esta institución sugieren que la interacción predominante observada durante esta Fase se ubicó en niveles iniciales de apropiación del Tutor IA, donde los estudiantes tendieron a utilizar la herramienta como un mecanismo de asistencia para la resolución de tareas. Sin embargo, la aparición de interacciones de carácter conceptual y estratégico permiten reafirmar el potencial formativo de este tipo de herramientas de IAG para favorecer procesos de

aprendizaje más autónomos y reflexivos cuando su uso se orienta hacia la comprensión matemática y no exclusivamente a la obtención de respuestas.

De la misma manera, el análisis de las interacciones evidenció que, en términos generales, los estudiantes no identificaron las inconsistencias programadas en el Tutor IA ni cuestionaron las respuestas proporcionadas por el sistema. Por el contrario, tendieron a aceptarlas como válidas y continuaron la resolución de los ejercicios con el apoyo de estas sin evidenciarse procesos de verificación.

En la Figura 30 se presentan algunos de los momentos de esta Fase de interacción directa de los estudiantes con la IA

Figura 30.

Desarrollo Fase 3 ITST



Nota: En la Figura se pueden observar a los estudiantes del ITST desarrollando la sesión correspondiente a la interacción con la IA de la Fase 3.

4.5.2. Interacción de los estudiantes del SCJ

Al igual que en la institución pública para analizar los *prompts* y la interacción de cada participante se adoptó de la misma manera el criterio de clasificación por predominancia

dependiendo la frecuencia de categorías que presente en cada uno de los ejercicios. Y para los casos en los que el estudiante presentara la misma cantidad de *prompts* en dos categorías diferentes, nuevamente la clasificación se asignó a la categoría de mayor nivel cognitivo ($C4 > C3 > C2 > C1$). De la misma manera, también se realizó una clasificación general del estudiante dependiendo la categoría de clasificación de *prompts* que se presentara de manera general en los 4 ejercicios desarrollados.

Este procedimiento permitió identificar la tendencia predominante en el uso de la IA por parte de cada estudiante y a partir de esta clasificación, se analizan a continuación los patrones de interacción identificados en los estudiantes del SCJ, así como algunos ejemplos representativos que permiten comprender la manera en que el Tutor IA fue incorporado dentro de cada proceso de resolución de los problemas de trigonometría.

La Tabla 27 a continuación presenta la distribución de los estudiantes del colegio SCJ según la categoría predominante identificada en cada ejercicio, permitiendo observar las tendencias de interacción presentes a lo largo de la resolución de los 4 ejercicios propuestos

Tabla 27.

Clasificación de los prompts en los ejercicios del SCJ

<i>Categoría</i>	<i>Ejercicio</i> <i>(Tangente)</i>	<i>1 Ejercicio</i> <i>(Tangente)</i>	<i>2 Ejercicio</i> <i>(Ángulos)</i>	<i>3 Ejercicio</i> <i>(Ángulos)</i>	<i>4</i>
C1	14	13	13	14	
C2	5	6	4	2	
C3	1	0	3	2	
C4	0	1	0	2	

Como se puede observar en la Tabla 27, los resultados obtenidos en los cuatro ejercicios muestran nuevamente un predominio de las interacciones clasificadas en la categoría C1 correspondiente al uso instrumental de la IA. En los *prompts* desarrollados a lo largo de la resolución de los ejercicios, esta categoría agrupó entre 13 y 14 estudiantes manteniéndose como la forma de interacción más frecuente durante toda la sesión. Estos resultados sugieren que la mayoría de los participantes recurrió al Tutor IA para la solicitud de respuestas directas.

La categoría C2 ocupó el segundo lugar en frecuencia en los ejercicios de tangentes, registrando entre 5 y 6 estudiantes, sin embargo, su presencia disminuyó en los ejercicios de ángulos especialmente en el 4to ejercicio dónde únicamente dos estudiantes fueron clasificados en esta categoría por sus *prompts*. Este comportamiento nos indica que algunos estudiantes destinaron dichos *prompts* hacia formas más elaboradas a medida que aumentaba la complejidad conceptual de las actividades.

Por otra parte, las categorías C3 y C4 tuvieron una presencia limitada a lo largo de la resolución de los ejercicios. Particularmente, en el cuarto ejercicio se identificaron 2 estudiantes clasificados en C4 y 2 en C3, evidenciando que algunos participantes si generaron *prompts* con la finalidad de utilizar el Tutor IA como un medio para explorar las estrategias de resolución y comprender los conceptos matemáticos involucrados en los ejercicios.

Al analizar el primer ejercicio, predominó la categoría C1 con 14 estudiantes, seguida por la categoría C2 con 5 participantes y una única interacción en la categoría C3. En el segundo ejercicio se mantuvo una distribución similar, ya que 13 estudiantes estuvieron en la categoría C1 y 6 en la C2, no obstante, aparece 1 estudiante en C4 constituyendo una evidencia de interacción de alto nivel cognitivo.

Para el tercer ejercicio correspondiente al primer ejercicio de ángulos, continuó mostrando el predominio de la categoría C1, sin embargo, en las respuestas se observa un incremento de los *prompts* para la clasificación en la categoría C3 en la cual 3 estudiantes formularon preguntas orientadas a comprender las propiedades geométricas y trigonométricas involucradas en el ejercicio. En el cuarto ejercicio se presentó la clasificación más interesante, ya que, aunque la categoría C1 continuó siendo la más frecuente con 14 estudiantes, se observa una disminución importante de la categoría C2 y un incremento simultaneo de las categorías C3 y C4 con 2 estudiantes en cada una de ellas. Este resultado sugiere nuevamente que la complejidad del problema, con sus exigencias de múltiples áreas, propiedades y conceptos promovió en algunos estudiantes la interacción mediante *prompts* más elaborados con el Tutor.

Seguidamente, se estableció la clasificación de los estudiantes dependiendo su categoría más usada en la interacción mediante los *prompts* suministrados al Tutor IA y en la Tabla 28 a continuación se presentan los resultados.

Tabla 28.

Clasificación de los estudiantes del SCJ

<i>Categoría</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
C1	13	65%
C2	5	25%
C3	1	5%
C4	1	5%

Los resultados presentados en la Tabla 28 muestran que la mayoría de los estudiantes del colegio SCJ fueron clasificados en la categoría C1, correspondiendo al uso instrumental de la inteligencia artificial, con una frecuencia de 13 estudiantes correspondientes al 65% de la

población de dicha institución. Este resultado indica que cerca de dos tercios de los participantes utilizaron el Tutor IA principalmente para solicitar respuestas, verificar procedimientos o recibir apoyo directo durante la resolución de los 4 ejercicios planteados, evidenciando así una interacción mediante los *prompts* centrada en la obtención de resultados más que en la construcción de explicaciones matemáticas.

La categoría C2 agrupó a 5 estudiantes (25%) siendo la segunda categoría más frecuente. Los estudiantes de esta categoría recurrieron a la IA mediante sus *prompts* para solicitar orientaciones procedimentales y secuencias de resolución paso a paso, mostrando una participación más activa que las interacciones de la categoría C1, aunque siendo todavía enfocada principalmente en la ejecución de procedimientos.

Por otra parte, únicamente 1 estudiante fue clasificado en la categoría C3 y 1 estudiante en la categoría C4 representando cada uno el 5% de la población total. Estos resultados sugieren que el uso de la IA fue predominante como facilitador de respuestas y validador de resultados. La presencia de estudiantes en las categorías más altas (C3 y C4) evidencian que algunos participantes lograron establecer *prompts* que generaran interacciones más reflexivas y autónomas con el Tutor IA orientándose hacia la comprensión y construcción del conocimiento matemático.

Los resultados muestran que el 90% de los estudiantes de la institución privada se concentraron en las categorías C1 y C2 dónde los *prompts* se vieron orientados para que la IA sirviera de herramienta procedimental durante la resolución de los problemas trigonométricos, aunque con presencia de estudiantes que si establecieron una interacción de búsqueda matemática con el Tutor IA.

La Tabla 29 a continuación presenta algunos ejemplos representativos de los *prompts* que fueron formulados por los estudiantes de esta institución de carácter privado durante la resolución de los ejercicios propuestos para su respectiva clasificación.

Tabla 29.

Ejemplos de prompts observados SCJ

<i>Categoría</i>	<i>Algunos Prompts observados</i>
C1	- Resuélvelo - Desarróllamelo - Resuélvemelo todo - Dame las respuestas - Dame la respuesta a. b. y c. - Ayúdame con este problema
C2	- Resuélvemelo paso a paso - Dame el paso a paso - Hola, quiero que resuelvas todo paso a paso - Explicame la respuesta de todos los incisos - Ayúdame a resolver eso paso a paso por favor
C3	- ¿Qué razón trigonométrica uso? - ¿Qué es un paralelogramo?
C4	- ¿Cómo puedo armar la ecuación con todo lo que tengo? - Con la información, cómo puedo hallar los ángulos PQR del paralelogramo

- ¿De qué otra manera puedo hallar la diagonal PR?

Al ver estas interacciones desde la perspectiva HcM, los resultados obtenidos en el colegio SCJ permiten observar que la incorporación de la IA dentro de la resolución de ejercicios matemáticos favoreció principalmente la asistencia y apoyo en los procedimientos. Esto se aprecia en el predominio de las categorías C1 y C2 en las cuales los estudiantes establecieron mediante sus *prompts* una relación tecnológica que estuvo orientada exclusivamente en la búsqueda de respuestas y procedimientos que le facilitaran la resolución de las tareas a desarrollar.

De la misma manera, en esta institución los errores inducidos en el TutorIA no fueron identificados por los estudiantes y aceptaron las respuestas que contenían dichos errores sin realizar verificaciones posteriores.

En la Figura 31 se presentan algunos de los momentos de esta Fase de interacción directa de los estudiantes con la IA

Figura 31.

Interacción de los estudiantes SCJ durante la Fase 3



Nota: En la Figura se pueden observar a los estudiantes del SCJ desarrollando la sesión correspondiente a la interacción con la IA de la Fase 3.

4.5.3. Comparativa de las interacciones entre las instituciones

Una vez analizados de manera independiente los patrones de interacción desarrollados por los estudiantes de cada institución educativa a través de sus *prompts*, es relevante realizar una comparación entre ambos grupos con el propósito de identificar las similitudes y diferencias en la forma en la que incorporaron el Tutor IA a largo de sus procesos de resolución de problemas trigonométricos.

Para ello, se contrastan las categorías predominantes de interacción obtenidas en cada institución a partir de la clasificación propuesta a lo largo de la investigación y los resultados pueden observarse en la Tabla 30 a continuación.

Tabla 30.

Comparativa de la clasificación de estudiantes entre instituciones

<i>Categoría</i>	<i>ITST</i>	<i>SCJ</i>
C1	53.33%	65%
C2	33.3%	25%
C3	10%	5%
C4	3.33%	5%

En ambas instituciones predominó la categoría C1 del respectivo manejo instrumental y resolutivo de la IA. Esta tendencia en el SCJ representó el 65% de los estudiantes y el 53.3% registrado en el ITST, evidenciando que en ambos contextos la forma de interacción más frecuente consistió en solicitar respuestas o apoyo procedimental a la IA. Así mismo, la categoría C2 fue la

segunda de mayor frecuencia en ambas instituciones educativas, agrupando al 33,3% de los estudiantes del ITST y al 25% del SCJ. En cuanto a la categoría C3 se observaron diferencias porcentuales pero que hacen referencia a un número reducido de estudiantes (3 en el ITST y 1 en el SCJ) por lo que esto no permite establecer diferencias consistentes entre ambos contextos educativos.

En la categoría más alta (C4) ambas instituciones registraron una baja participación que, aunque la diferencia porcentual es evidente, ambos corresponden a un único estudiante en cada institución. Esto evidencia que en ambos contextos se presentan casos donde la IA no es vista únicamente como un desarrollador de problemas, sino una herramienta de exploración, validación y apoyo en razonamientos matemáticos más elaborados. En consecuencia, más que diferencias significativas entre instituciones, los resultados permiten identificar patrones de uso similares caracterizados por una apropiación inicial de la inteligencia artificial y por la aparición puntual de interacciones de mayor profundidad cognitiva.

Al contrastar los resultados con la prueba diagnóstica frente a patrones de interacción desarrollados durante la resolución de problemas, se identifican elementos de coherencia entre las dificultades matemáticas manifestadas inicialmente por los estudiantes y el tipo de consultas realizadas al Tutor IA. En ambas instituciones los resultados diagnósticos mostraron fortalezas en contenidos básicos de geometría y clasificación de triángulos; mientras que los mayores niveles de dificultad se concentraron en contenidos específicamente trigonométricos; tales como: las razones trigonométricas, la identidad fundamental y la aplicación de la ley del coseno.

Estas dificultades también se reflejaron durante la Fase de interacción con la plataforma y el Tutor IA, en las que gran parte de las consultas realizadas estuvieron orientadas a comprender procedimientos asociados con la aplicación de razones trigonométricas, el establecimiento de

relaciones entre variables y la interpretación de elementos geométricos necesarios para la resolución de los problemas. Donde la predominancia de las categorías C1 y C2 puede interpretarse como una manifestación de las necesidades académicas identificadas previamente en la prueba diagnóstica, ya que los estudiantes utilizaron la IA principalmente para compensar vacíos conceptuales y procedimentales relacionados con los contenidos de trigonometría.

Los pocos casos clasificados con las categorías C3 y C4 sugieren que únicamente una parte reducida de los estudiantes logró utilizar la inteligencia artificial para profundizar en la comprensión de los conceptos matemáticos involucrados. En consecuencia, los resultados permiten inferir que los patrones de interacción no surgieron de manera aislada, sino que guardan una relación directa con conocimientos previos y las dificultades diagnosticadas en la Fase I.

En la Fase de caracterización con los patrones de interacción desarrollados durante la resolución de ejercicios, en las dos instituciones la mayoría de los estudiantes manifestó utilizar internet y herramientas de inteligencia artificial frecuentemente como apoyo para sus actividades académicas. Además, una proporción importante de participantes señaló emplear esas tecnologías para resolver ejercicios obtener explicaciones y complementar sus procesos de estudio.

Sin embargo, al analizar las interacciones reales desarrolladas dentro de ZapIA-Lab se observa que esta familiaridad con las herramientas de inteligencia artificial no se tradujo necesariamente en interacciones de alto nivel cognitivo. Por el contrario, la mayor parte de los estudiantes fue clasificada en la categoría C1 y C2, caracterizadas por *prompts* orientados a la obtención de respuestas y al seguimiento de procedimientos paso a paso. Las categorías asociadas a procesos de comprensión conceptual argumentación y construcción de estrategias propias estuvieron representadas por un porcentaje menor de participantes.

Este resultado sugiere que la frecuencia de uso de herramientas de inteligencia artificial no constituye por sí misma un indicador de calidad en las interacciones educativas que los estudiantes establecen con dichas tecnologías. Aunque los participantes mostraban experiencia previa utilizando sistemas basados en IA, sus formas de interacción continuaron estando orientadas principalmente a funciones de apoyo y de respuesta inmediata. En consecuencia, los hallazgos de esta investigación permiten inferir que el potencial educativo de la inteligencia artificial depende no sólo de su disponibilidad o frecuencia de uso sino también del desarrollo de competencias que permitan formular preguntas, analizar respuestas y utilizar la herramienta como un medio para la construcción activa del conocimiento matemático.

De la misma manera, la aceptación de los resultados erróneos inducidos intencionalmente en el Tutor IA, al verlo desde la perspectiva de HcM evidencia que la IA no actuó únicamente como una herramienta de consulta sino como un medio que influyó directamente en las decisiones matemáticas adoptadas por los estudiantes. La aceptación de las respuestas generadas por el Tutor IA incluso cuando contenían errores muestra que el medio tecnológico participó condicionando las acciones posteriores de los estudiantes durante la resolución de los problemas al no realizar procesos de validación en las respuestas obtenidas.

Conclusiones

Los resultados de la caracterización evidenciaron una amplia incorporación de recursos digitales y herramientas de inteligencia artificial dentro de las prácticas habituales de estudio de los estudiantes. Sin embargo, esta familiaridad tecnológica no se tradujo necesariamente en una comprensión sólida de los conceptos trigonométricos evaluados, ya que persistieron dificultades importantes en la interpretación de relaciones al trabajar con ángulos y razones trigonométricas. Este hallazgo permite concluir que el acceso frecuente a tecnologías digitales no garantiza por sí mismo aprendizajes matemáticos significativos, resaltando la necesidad de acompañar pedagógicamente su uso en contextos educativos.

La presente investigación permitió responder la pregunta de investigación, ya que desde la perspectiva de Humanos con Medios la interacción desarrollada entre estudiantes y tutores basados en inteligencia artificial trasciende una simple relación entre usuario y herramienta tecnológica. Los resultados evidencian que la inteligencia artificial participa en la reorganización de los procesos de resolución de problemas al influir en las decisiones, interpretaciones y reformulaciones realizadas por los estudiantes durante la actividad matemática. En consecuencia, la producción de estrategias y significados emerge de la interacción entre ambos actores y no exclusivamente de las acciones individuales del estudiante.

Además, el análisis de los *prompts* mostró un predominio de las categorías C1 (Uso instrumental de la IA) y C2 (Solicitud de procedimiento paso a paso), mientras que las categorías C3 (Solicitud de explicación conceptual) y C4 (Planteamiento matemático del problema) tuvieron una presencia considerablemente menor. Esto permite concluir que los estudiantes tienden a utilizar la inteligencia artificial principalmente como una herramienta para obtener respuestas o procedimientos, antes que como un recurso para profundizar en la comprensión conceptual de los

contenidos matemáticos. No obstante, la presencia de interacciones de mayor demanda cognitiva evidencia que estos sistemas también pueden favorecer procesos de razonamiento, reflexión y construcción de significado cuando su uso es orientado adecuadamente.

Esta investigación aporta evidencia sobre la pertinencia de utilizar los *prompts* como unidad de análisis para estudiar las interacciones entre estudiantes e inteligencia artificial en contextos de educación matemática. La clasificación propuesta permitió identificar diferentes formas de participación matemática y evidenciar cómo la manera en que los estudiantes formulan sus solicitudes condiciona el tipo de apoyo recibido y las oportunidades de aprendizaje que emergen durante la interacción con el tutor basado en IA.

Este análisis de *prompts* en la comparación entre la institución pública y privada evidenció interacciones similares durante el uso del Tutor IA. Como se mencionó, en ambas instituciones predominaron los usos instrumentales y menos frecuentes las interacciones con mayores niveles de demanda cognitiva. Por tanto, los resultados sugieren que el carácter público o privado de la institución no constituyó un factor determinante en las formas de interacción observadas, sino que ambos contextos compartieron tendencias semejantes en el uso de la IA para resolver situaciones trigonométricas.

Asimismo, el análisis de los *prompts* permitió identificar diferentes formas de participación matemática durante la interacción con el tutor basado en inteligencia artificial. Las solicitudes formuladas por los estudiantes abarcaron desde usos orientados a la obtención directa de respuestas hasta requerimientos que involucraban explicaciones conceptuales y planteamientos matemáticos más elaborados, evidenciando distintos niveles de demanda cognitiva y compromiso con la resolución de los problemas propuestos.

En este sentido, los *prompts* operan como mecanismos de mediación dentro del colectivo conformado por estudiantes e inteligencia artificial, ya que orientan el tipo de ayuda proporcionada por el sistema y condicionan las formas de razonamiento desarrolladas durante la resolución de problemas. Por tanto, la producción matemática observada no surge exclusivamente de los conocimientos previos del estudiante ni de las capacidades del tutor IA, sino de la interacción que se establece entre ambos durante el proceso de resolución.

Finalmente, se concluye que la integración de tutores basados en inteligencia artificial representa una oportunidad para enriquecer los procesos de aprendizaje de las matemáticas, siempre que su incorporación esté acompañada por orientaciones pedagógicas que promuevan usos reflexivos, críticos y conceptualmente fundamentados. En consecuencia, el potencial educativo de estas tecnologías no reside únicamente en su capacidad para proporcionar respuestas, sino en las oportunidades que ofrecen para favorecer la argumentación, la explicación y la construcción activa del conocimiento matemático dentro de escenarios de aprendizaje mediados por inteligencia artificial.

Los resultados obtenidos deben interpretarse considerando algunas limitaciones metodológicas propias de la investigación. En primer lugar, la muestra fue de tipo no probabilístico y estuvo conformada por estudiantes de dos instituciones de educación media, por lo que los hallazgos no pretenden ser generalizables a toda la población escolar.

En segundo lugar, el análisis detallado de las interacciones se desarrolló en una única sesión de desarrollo de problemas con el Tutor IA, lo que permitió analizar el comportamiento de los estudiantes en un momento específico pero no evaluar cambios en sus estrategias de interacción a lo largo del tiempo.

Se reconoce que la incorporación de inconsistencias en las respuestas del Tutor IA pudo influir en la construcción de algunos *prompts* orientados a solicitar explicaciones, sin embargo fue un factor que no fue determinante ya que las alteraciones que pudieron generarse fueron complementadas con las interacciones y resoluciones obtenidas en las Fases previas. Sin embargo, este aspecto constituye una condición propia del diseño metodológico que debe ser considerada al interpretar la distribución de las categorías de *prompts* identificadas.

Así mismo, el estudio centró su análisis en los *prompts* elaborados por los estudiantes y en las interacciones HcM sin realizar una evaluación sistemática de la calidad o pertinencia de las respuestas generadas por el Tutor IA. Por tanto, los resultados se orientan a comprender las estrategias de interacción de los estudiantes más que a valorar el desempeño de la herramienta frente al estudiante.

El proceso de codificación de los *prompts* fue realizado mediante discusión y consenso entre los investigadores sin incorporar una auditoría externa. Si bien este procedimiento permitió alcanzar el análisis sobre la clasificación de los *prompts*, constituye una limitación en términos de verificabilidad externa del proceso de análisis.

Finalmente, se reconoce que el Tutor IA empleado en esta investigación fue desarrollado por el codirector del presente trabajo y que la validación metodológica de los instrumentos fue realizada por los directores de la investigación.

A partir de los resultados obtenidos y de las limitaciones identificadas en esta investigación, se plantean las siguientes recomendaciones para futuros estudios:

- Ampliar el tamaño de la muestra e incorporar participantes de diferentes instituciones educativas y contextos académicos, mediante estrategias de muestreo que permitan aumentar la representatividad de los resultados.
- Desarrollar investigaciones longitudinales que contemplen múltiples sesiones de interacción con tutores basados en IA, con el fin de analizar la evolución de las estrategias de formulación de *prompts* y de los procesos de aprendizaje a lo largo del tiempo
- Complementar el análisis de los *prompts* con una evaluación sistemática de las respuestas generadas por el Tutor IA, considerando aspectos como su precisión, pertinencia, calidad pedagógica e influencia en las decisiones tomadas por los estudiantes durante la resolución de problemas
- Evaluar la interacción entre estudiantes y tutores basados en IAG en otros contenidos de las matemáticas escolares, con el propósito de establecer si las categorías de análisis propuestas en esta investigación son aplicables a diferentes dominios disciplinares y contextos educativos.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, J. F. C., Gándara, T. D. J. C., & Macías, J. D. C. (2024). Tecnología educativa: innovación y desafíos en el siglo XXI (1.^a ed.). Grupo editorial: Universidad de Guadalajara - Publicado en asociación con: Centro Universitario del Norte (CUNorte). 10.61728/AE24001830
- Barbosa, F. M. D., de Magalhães Netto, J. F., & Barbosa, M. C. O. (2022, October). CURUMIM: A Proposal of an Intelligent Tutor System to Teach Trigonometry. In 2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1–8). IEEE.
- Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., ... & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1), 4.
- Borba, M. C., & Villarreal, M. E. (2005). *Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: Information and communication technologies, modeling, visualization and experimentation*. Boston, MA: Springer US.
- Boyer, C. B., & Merzbach, U. C. (2011). *A history of mathematics*. John Wiley & Sons.
- Chaves Salas, A. L. (2001). Implicaciones educativas de la teoría sociocultural de Vigotsky. *Revista Educación*, 25(2), 59–65.
- Chavez Santos, F. (2025). Inteligencia artificial y aprendizaje de matemáticas en estudiantes del primero de secundaria del Colegio Mercedes Indacochea Lozano, Huacho–2024 [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio UNJFSC-Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/10793>

- Daher, W. M. (2020). Grade 10 students' technology-based exploration processes of narratives associated with the sine function. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(6), em1852.
- Deng, L. (2018). Artificial intelligence in the rising wave of deep learning: The historical path and future outlook [Perspectives]. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(1), 177–180.
- Drijvers, P. (2015). Digital Technology in Mathematics Education: Why It Works (Or Doesn't). In: Cho, S. (eds) *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6_8
- Dos Santos, J. M. D. S., Abar, C. A. A. P., & Almeida, M. D. (2022). Automatic feedback GeoGebra tasks—searching and opensource and collaborative intelligent interactive tutor. In *Proceedings of the 26th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI (Vol. 3, pp. 77-82)*.
- Fernández, Y. O., Fernández, L. A. V., & Aburto, L. L. G. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 536–568.
- Grájeda, A., Córdova, P., Córdova, J. P., Laguna-Tapia, A., Burgos, J., Rodríguez, L., ... & Sanjinés, A. (2024). Embracing artificial intelligence in the arts classroom: Understanding student perceptions and emotional reactions to AI tools. *Cogent Education*, 11(1), 2378271.
- González-González, C. S. (2023). El impacto de la inteligencia artificial en la educación: transformación de la forma de enseñar y de aprender. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/32719>
- Hoyles, C., & Noss, R. (2009). The technological mediation of mathematics and its learning. *Human development*, 52(2), 129-147.

- Jara, I., & Ochoa, J. M. (2020). Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Documento para discusión número IDB-DP-00-776. <https://doi.org/10.18235/0002380>
- Kamber, D., & Takaci, D. (2018). On problematic aspects in learning trigonometry. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(2), 161–175.
- Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and individual differences*, 103, 102274.
- Kukulska-Hulme, A. (2007). Mobile usability in educational contexts: what have we learnt?. *The international review of research in open and distributed learning*, 8(2).
- Lee, D., & Palmer, E. (2025). Prompt engineering in higher education: A systematic review to help inform curricula. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22, 7. <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00503-7>
- Lewkowycz, A., Andreassen, A., Dohan, D., Dyer, E., Michalewski, H., Ramasesh, V., ... & Misra, V. (2022). Solving quantitative reasoning problems with language models. *Advances in neural information processing systems*, 35, 3843-3857.
- Li, P. H., Lee, H. Y., Cheng, Y. P., Starčić, A. I., & Huang, Y. M. (2023, August). Solving the self-regulated learning problem: Exploring the performance of ChatGPT in mathematics. In *International Conference on Innovative Technologies and Learning* (pp. 77–86). Springer Nature Switzerland.
- Lobato, M. O. (2015). Students, computers and learning. Making the connection. *Supervisión 21: revista de educación e inspección*, (38), 9.

- Marchella, A. M., Hardiansyah, N., Candra, N., Sutoyo, R., Ubaidah, U., Alexander, D., & Chowanda, A. (2025, July). BEEPERT: Voice-based Chatbot with Retrieval Augmented Generation for Personal High School Mathematics Tutor. In 2025 International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT) (pp. 1–8). IEEE.
- Martínez, R. L. I., Morales, J. L. C., & González, M. N. P. (2023). Inteligencia artificial en la educación. *Revista Digital de Tecnologías Informáticas y Sistemas*, 7(1), 100–106.
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas: Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Bogotá: MEN
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). Derechos básicos de aprendizaje: Matemáticas. Bogotá: MEN.
- Nanmumpuni, H. P., & Retnawati, H. (2021, February). Analysis of senior high school student's difficulty in resolving trigonometry conceptual problems. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1776, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041.
- Ng, W. (2012). Can we teach digital natives digital literacy? *Computers & education*, 59(3), 1065-1078.
- Numa-Sanjuán, N., Diaz-Guecha, L. Y., & Peñaloza-Tarazona, M. E. (2024). Importancia de la Inteligencia Artificial en la educación del siglo XXI. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 12(2), 49-62.
- OpenAI, Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L., Akkaya, I., Aleman, F. L., Almeida, D., Altenschmidt, J., Altman, S., Anadkat, S., Avila, R., Babuschkin, I., Balaji, S., Balcom, V.,

- Baltescu, P., Bao, H., Bavarian, M., Belgum, J., ... Zoph, B. (2023). GPT-4 Technical Report. En arXiv [cs.CL]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774>
- Ortiz Granja, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (19), 93–110.
- Pólya, G. (1973). *Cómo plantear y resolver problemas*. Trillas.
- Ríos Hernández, I. N., Mateus, J.-C., Rivera-Rogel, D., & Ávila Meléndez, L. R. (2024). Percepciones de estudiantes latinoamericanos sobre el uso de la inteligencia artificial en la educación superior. *Austral Comunicación*, 13(1), e01302. <https://doi.org/10.26422/aucom.2024.1301.rio>
- Rohimah, S. M., & Prabawanto, S. (2020, April). Students' difficulties in solving trigonometric equations and identities. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1521, No. 3, p. 032002). IOP Publishing.
- Rosjanuardi, R., & Jupri, A. (2020). Didactical Design on Drawing and Analysing Trigonometric Functions Graph through a Unit Circle Approach. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 15(3).
- Salas-Pilco, S. Z., Xiao, K., & Hu, X. (2022). Artificial intelligence and learning analytics in teacher education: A systematic review. *Education Sciences*, 12(8), 569.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. *Metodología de la investigación*, 6, 1-21.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic Press.
- Sierpinska, A. (1992). On understanding the notion of function. *The concept of function: Aspects of epistemology and pedagogy*, 25, 23-58.

- Sims, J. M. (2010). A brief review of the Belmont report. *Dimensions of critical care nursing*, 29(4), 173-174.
- Smith, M. S., & Stein, M. K. (1998). Reflections on practice: Selecting and creating mathematical tasks: From research to practice. *Mathematics teaching in the middle school*, 3(5), 344-350.
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. SAGE Publications.
- Torres-Gómez, A. (2024). Necesidades de información y percepción sobre las herramientas de inteligencia artificial en estudiantes de doctorado en investigación educativa en Tlaxcala, México. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información*, 38(98), 79–98. <https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2024.98.58852>
- Torres-Peña, R. C., Peña-González, D., Chacuto-López, E., Ariza, E. A., & Vergara, D. (2024). Updating calculus teaching with AI: A classroom experience. *Education Sciences*, 14(9), 1019.
- Ursini, S., & Sánchez, J. (2019). *Actitudes hacia las matemáticas. Qué son. Cómo se miden. Cómo se evalúan. Cómo se modifican*. Ciudad de México, México: UNAM, FES Zaragoza.
- Vergara Aguilera, E., & Solis-Granda, L. (2026). Sistemas de tutoría inteligente basados en inteligencia artificial generativa: una revisión sistemática según directrices PRISMA. *Polo del Conocimiento*, 11(3), 531-550. doi:<https://doi.org/10.23857/pc.v11i3.11237>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86). Harvard University Press.
- Yıldız, S. G., & Körpeoğlu, S. G. (2025). Trends and insights of AI in mathematics education: A bibliometric analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(3), em0837.

Apéndices

Apéndice A. Prueba diagnóstica 11°

Estudiante: _____

Fecha: _____

Instrucciones: Lea atentamente cada pregunta y seleccione la opción correcta. Si desconoce la respuesta o el concepto a evaluar, seleccione con sinceridad la opción "No sé / No recuerdo" para garantizar un diagnóstico preciso.

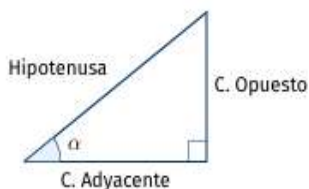
1. ¿Cuál es la suma de los ángulos internos de cualquier triángulo plano?

A) 180°
 B) 360°
 C) 90°
 D) No sé / No recuerdo

2. En un triángulo rectángulo, según el Teorema de Pitágoras (donde c es la hipotenusa y a, b los catetos), ¿cuál es la relación correcta?

A) $a^2 + b^2 = c^2$
 B) $a + b = c$
 C) $a^2 - b^2 = c^2$
 D) No sé / No recuerdo

3. Observa el siguiente triángulo rectángulo:



¿Cuál es la razón trigonométrica que define al **seno** del ángulo α ?

A) Cateto Adyacente / Hipotenusa
 B) Cateto Opuesto / Hipotenusa
 C) Cateto Opuesto / Cateto Adyacente
 D) No sé / No recuerdo

4. Si dos triángulos tienen sus tres ángulos respectivamente iguales (criterio AAA), podemos afirmar que los triángulos son:

A) Semejantes
 B) Congruentes
 C) Equiláteros
 D) No sé / No recuerdo

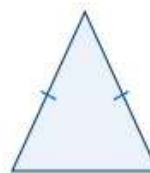
5. ¿Cuál de las siguientes igualdades corresponde a la **Ley de los Senos** para un triángulo de lados a, b, c y ángulos opuestos A, B, C ?

A) $a \sin A = b \sin B = c \sin C$
 B) $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$
 C) $\sin(A + B) = \sin C$
 D) No sé / No recuerdo

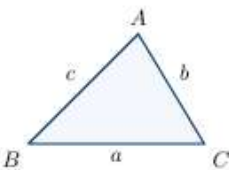
6. En trigonometría, ¿a qué equivale la **tangente** de un ángulo θ ($\tan \theta$)?

A) $\frac{\cos \theta}{\sin \theta}$
 B) $\frac{\sin \theta}{\cos \theta}$
 C) $\frac{1}{\sin \theta}$
 D) No sé / No recuerdo

7. Si un triángulo tiene exactamente dos lados de igual longitud, se clasifica como:



A) Equilátero
 B) Escaleno

- C) Isósceles
D) No sé / No recuerdo
8. ¿Cuándo es indispensable aplicar la **Ley del Coseno** en lugar de la Ley del Seno en un triángulo oblicuángulo?
- A) Conocidos dos ángulos y un lado.
B) Conocidos los tres lados, o dos lados y el ángulo entre ellos.
C) Cuando el triángulo es rectángulo.
D) No sé / No recuerdo
9. ¿Qué tipo de triángulo tiene un ángulo que mide estrictamente más de 90° ?
- A) Acutángulo
B) Obtusángulo
C) Rectángulo
D) No sé / No recuerdo
10. La identidad trigonométrica fundamental (o Pitagórica) establece que para cualquier ángulo θ :
- A) $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$
B) $\sin \theta + \cos \theta = 1$
C) $\sin^2 \theta - \cos^2 \theta = 1$
D) No sé / No recuerdo
11. ¿Cuánto miden los ángulos internos de un triángulo equilátero?
- A) 45° cada uno
B) $90^\circ, 45^\circ, 45^\circ$
C) 60° cada uno
D) No sé / No recuerdo
12. ¿A cuántos grados sexagesimales equivale el ángulo de π radianes?
- A) 90°
B) 180°
C) 360°
D) No sé / No recuerdo
13. El lado más largo de un triángulo rectángulo, que se encuentra opuesto al ángulo de 90° , recibe el nombre de:
- A) Cateto
B) Vértice
C) Hipotenusa
D) No sé / No recuerdo
14. Dado el siguiente triángulo, ¿cómo se expresa la **Ley del Coseno** para encontrar el lado a ?
- 
- A) $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos(A)$
B) $a^2 = b^2 + c^2 + 2bc \cos(A)$
C) $a^2 = b^2 + c^2$
D) No sé / No recuerdo
15. ¿Cuál es la fórmula básica para calcular el **área** de un triángulo si se conoce su base (b) y su altura (h)?
- A) $A = b \times h$
B) $A = \frac{b \times h}{2}$
C) $A = b^2 + h^2$
D) No sé / No recuerdo

Apéndice B. Cuestionario grado 11°

Cuestionario de Investigación

Acceso a tecnologías y uso de IA en Trigonometría

Estimado(a) estudiante:

El siguiente cuestionario tiene como propósito conocer algunas características de acceso a tecnologías digitales y uso de la inteligencia artificial en el aprendizaje de las matemáticas, especialmente en trigonometría, en los estudiantes de grado 11°.

La información recolectada será utilizada únicamente con fines académicos e investigativos y será tratada de forma confidencial. Lee cada pregunta cuidadosamente y responde con sinceridad. Su participación es voluntaria y si lo desea puede retirarse sin que esto afecte su rendimiento.

Parte 1. Consentimiento informado

Acepto participar voluntariamente y autorizo el uso académico de mis respuestas.

☐ Sí ☐ No

Parte 2. Información general

1. Edad: _____

2. Nombre: _____

Parte 3. Estrategias de estudio

1. ¿Cómo prefieres estudiar matemáticas? ☐ Solo ☐ En grupo ☐ De ambas formas

2. ¿Qué haces cuando no entiendes un ejercicio de matemáticas?

☐ Pregunto al profesor

☐ Veo videos

☐ Pregunto a un compañero

☐ Uso inteligencia artificial

☐ Busco en internet

☐ Otro: _____

Parte 4. Acceso y uso de tecnología

1. ¿Qué dispositivo utilizas para tareas escolares?

☐ Computador (PC o portátil)

☐ Celular

☐ Tablet

☐ Ninguno

2. ¿Qué recursos digitales utilizas para matemáticas?

☐ Videos educativos

☐ Plataformas educativas

☐ Aplicaciones móviles

☐ Páginas web

☐ Inteligencia artificial

☐ Ninguno

2.1 ¿Cuáles herramientas de inteligencia artificial conoces? _____

3. ¿Has utilizado alguna herramienta de inteligencia artificial para ayudarte en tareas escolares?

☐ Sí ☐ No (Si respondiste sí, continúa. De lo contrario pasa a la parte 5).

3.1. ¿Para qué tipo de actividades la utilizas?

☐ Explicación de temas

☐ Elaboración de resúmenes

☐ Resolución de ejercicios

☐ Búsqueda de información

☐ Otro: _____

Indica tu frecuencia marcando con una X en la siguiente tabla:

Pregunta	Siempre	Frecuentemente	Algunas veces	Rara vez	Nunca
3.2. ¿Con qué frecuencia utilizas internet para estudiar o realizar tareas?					
3.3. ¿Con qué frecuencia utilizas inteligencia artificial para estudiar?					

Parte 5. Experiencia en matemáticas

Indica tu nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones. Marca con una X.

Afirmación	Muy de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Me gustan las matemáticas.					
Comprendo fácilmente los temas de matemáticas.					
Me siento seguro al resolver ejercicios de matemáticas.					
Suelo buscar ayuda cuando no entiendo un tema.					

Parte 6. Percepción sobre trigonometría

Indica tu nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones. Marca con una X.

Afirmación	Muy de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Afronto problemas trigonométricos con los conocimientos aprendidos.					
Comprendo las razones trigonométricas.					
Puedo resolver ejercicios de trigonometría sin ayuda.					
La trigonometría me resulta difícil.					
Me gustaría usar más herramientas digitales para aprender trigonometría.					

¡Muchas gracias por tu participación!

Apéndice C. Consentimiento informado a padres grado 11°**PADRES DE FAMILIA O ACUDIENTE RESPONSABLE**

Consentimiento informado para la participación en el proyecto de investigación: La interacción Humanos con Medios en el uso de *Prompts* de inteligencia artificial generativa para aprender trigonometría el cual se desarrolla para el trabajo de grado en la carrera de licenciatura en Matemáticas de la Universidad Industrial de Santander

¿Qué implica la participación?

- Un cuestionario en modalidad presencial y voluntaria con preguntas sobre la experiencia de la IAG como tutor en el área de trigonometría
- El cuestionario se realizará de manera presencial en un máximo de tiempo de 20 minutos
- Prueba diagnóstica sobre conocimientos previos de trigonometría.
- Una sesión de interacción con un Tutor IA para la resolución de problemas trigonométricos. Durante esta actividad se registrarán las conversaciones generadas con fines de investigación. El Tutor IA podrá presentar algunas respuestas con inconsistencias matemáticas como parte de la metodología del estudio; al finalizar la sesión se realizará una retroalimentación para revisar y aclarar dichas respuestas.

Beneficios:

- Contribuirá en la comprensión de como los estudiantes usan e interactúan con la tecnología

- Los estudiantes universitarios que realizan el proyecto aplicaran sus conocimientos teóricos en un escenario real y desarrollan competencias y habilidades prácticas.

Participación

- La participación es voluntaria y si su hijo(a) puede decidir en cualquier momento no participar y retirarse sin consecuencia alguna.

Confidencialidad

- La información descrita será anónima y confidencial no se compartirá datos personales con terceros

AUTORIZACION

Yo.....identificado con cedula
.....autorizo a mi hijo.....
identificado con TI/CC N°..... a participar en la encuesta. Entiendo que la participación es voluntaria y que la información será anónima y confidencial.

Nombre:

Firma:

Fecha:

Identificación de los Investigadores:

Estudiantes de 9 semestre de la Universidad Industrial de Santander con sus respectivos códigos estudiantil:

Firma investigador 1:

Investigador 1: Brayan Sneider Serrano Gómez, cód. 2220142

Firma investigador 2:

Investigador 2: Edwar Santiago Rangel Díaz, cód. 2220149

Apéndice D. *Asentimiento informado a estudiantes grado 11°*

Con el debido respeto nos presentamos ante ti. Somos estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente nos encontramos desarrollando el proyecto de investigación titulado **La interacción Humanos con Medios en el uso de prompts de inteligencia artificial generativa para aprender trigonometría**, como parte de nuestro trabajo de grado. Por ello, te invitamos a participar en esta investigación y te pedimos que leas cuidadosamente este documento antes de decidir si deseas hacerlo.

Tu participación consiste en responder un cuestionario, desarrollar una prueba diagnóstica y participar en una sesión de resolución de problemas trigonométricos mediante un Tutor basado en Inteligencia Artificial. Durante esta actividad se registrarán las conversaciones generadas con el Tutor IA únicamente con fines académicos y de investigación. La interacción con el Tutor IA hace parte de la estrategia metodológica de la investigación y podrá incluir diferentes situaciones de análisis que serán revisadas y aclaradas durante la retroalimentación final.

Tu participación es completamente voluntaria. Si tienes alguna duda, cualquiera de los investigadores estará dispuesto a resolverla. Además, tu padre, madre o acudiente conoce esta investigación y ha sido informado sobre las actividades que realizarás. Sin embargo, para nosotros también es muy importante conocer tu decisión, por lo que eres libre de aceptar o rechazar tu participación. Puedes tomarte el tiempo que consideres necesario para decidir y, si lo deseas, conversar previamente con tu acudiente o familiares antes de dar tu respuesta.

Después de haber leído el consentimiento informado, y de forma consciente y voluntaria.

Marque con una X donde crea conveniente.

DOY CONSENTIMIENTO ()

NO DOY EL CONSENTIMIENTO ()

Para participar en el cuestionario y responderé con toda sinceridad para que los datos requeridos sean de provecho para la mejora en la educación matemática

_____.

Lugar: _____ Fecha: _____

Nombres y Apellidos del Estudiante

Identificación:

TI / CC _____

Número

Firma Estudiante

Identificación de los Investigadores:

Estudiantes de 9 semestre de la Universidad Industrial de Santander con sus respectivos códigos estudiantil:

Firma investigador 1:

Investigador 1: Brayan Sneider Serrano Gómez, cód. 2220142

Firma investigador 2:

Investigador 2: Edwar Santiago Rangel Díaz, cód. 2220149