

Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de noveno grado a través de una estrategia didáctica virtual inmersiva con el apoyo de tecnologías de realidad aumentada en relación con el contexto y demostración del Teorema de Pitágoras

Development of critical thinking in ninth grade students through an immersive virtual didactic strategy with the support of augmented reality technologies in relation to the context and demonstration of the Pythagorean Theorem

Aprobado 30-01-2025

Jenny Liliana Ruiz León

Colombia

Colegio Nuestra Señora del Pilar

jruizleon80@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-0165-0304>

Miledy Vidal Carreño

Colombia

IE Gabriela Mistral

mivc706@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-6426-6072>

Resumen

El presente artículo expone la manera como se logró diseñar y aplicar una secuencia didáctica en la clase de matemáticas en relación con el contexto y las demostraciones del teorema de Pitágoras con una población de estudiantes de noveno grado en la institución educativa Nuestra Señora del Pilar ubicada en la ciudad de Bogotá; utilizando las tecnologías de la realidad aumentada, a través de aplicaciones como Cospace y MetAclass apoyadas en Merge Cube y Object Viewer. De esta manera se vincularon las aplicaciones de forma articulada para el desarrollo de una experiencia donde se exploraron detalles relevantes de la Escuela Pitagórica en forma de retos que generaron un impacto positivo me-

diante la exploración con el cubo Merge asociado a la aplicación de Cospace, posteriormente se llevó a cabo el desarrollo de una serie de guías las cuales pretendían aportar al desarrollo y capacidad de pensar en forma crítica. Mediante la investigación mixta se obtuvo la información necesaria de forma cualitativa y cuantitativa con ayuda de los instrumentos de recolección aplicados. Entre los resultados más relevantes se destaca la motivación a partir de las tecnologías usadas y un notorio progreso en las habilidades propias de este tipo de pensamiento. A partir de los resultados observados, la experiencia pretende convertirse en una forma de aportar a la formación de pensadores críticos que puedan desempeñarse en la vida.

Palabras clave: Pensamiento crítico, Tecnologías RA, Teorema de Pitágoras, Fases de Van Hiele

Abstract

This article exposes how it was possible to design and apply a didactic sequence in the mathematics class in relation to the context and the demonstrations of the Pythagorean theorem with a population of ninth-grade students at the Nuestra Señora del Pilar educational institution located in the city of Bogota; using augmented reality technologies, through applications such as Cospace and MetAclass supported by Merge Cube-Object Viewer. In this way, the applications were linked in an articulated way for the development of an experience where relevant details of the Pythagorean School were explored in the form of challenges that generated a positive impact through exploration with the Merge cube associated with the Cospace application. , subsequently, the development of a series of guides intended to contribute to the development and ability to think critically. Through mixed research, the necessary information was obtained qualitatively and quantitatively with the help of the implementation of the applied equipment. Among the most relevant results, motivation from the technologies used and notorious progress in the abilities of this type of thinking stand out. Based on the observed results, the experience aims to contribute to the training of critical thinkers who can perform in life.

Keywords: Critical thinking, AR Technologies, Pythagorean Theorem, Van Hiele Phases

Introducción

Ser un pensador crítico implica que una persona, en diversas situaciones de la vida real, tenga la capacidad de analizar y evaluar la información presentada con

el fin de pensar racionalmente, por lo tanto, el pensamiento crítico ayuda a forjar las opiniones, posturas y conclusiones. Partiendo de la importancia que implica el desarrollo del pensamiento crítico en el ser humano, se presenta a continuación la definición de pensamiento crítico a partir de las habilidades que caracterizan a un pensador crítico y los niveles por los cuales un estudiante puede ir transitando, esto con el fin que el profesor logre diseñar actividades innovadoras dentro del espacio del aula de clase.

Teniendo en cuenta que el aula de clase es un escenario propicio para el desarrollo del pensamiento crítico, se presenta la relación que existe con el aprendizaje significativo y cómo este puede contribuir de manera efectiva a este desarrollo, donde el factor motivacional juega un papel indispensable a la hora de guiar a los estudiantes, por ello se presenta una propuesta de intervención en el aula, donde se involucran las estrategias necesarias para generar un aprendizaje significativo, partiendo del diseño de actividades que integren la tecnología de realidad aumentada y la motivación, generando en los estudiantes participantes la atención suficiente que los convierta en los protagonistas de su aprendizaje.

Planteamiento del Problema

En los objetivos del desarrollo sostenible, de la Asamblea General de las Naciones Unidas en el año 2015, el objetivo número cuatro habla sobre la calidad educativa, invita a considerar la creación de espacios que promuevan oportunidades de aprendizaje durante toda la vida, fortalezcan el desarrollo, de ahí que el objetivo primordial de este proceso de investigación se centra en desarrollar el pensamiento crítico en estudiantes de grado noveno vinculando el teorema de Pitágoras y las tecnologías de realidad aumentada.

En la actualidad el pensamiento crítico es considerado como una de las habilidades que deben desarrollar los estudiantes del siglo XXI, representando una competencia para la vida de tal modo que estos puedan participar en la sociedad, entendiendo el conocimiento como una base para el desarrollo, según autores como Doll & Parra (2021). Saber pensar es entonces el equivalente a ser competente, comprendiendo la facilidad del individuo para aplicar el buen juicio, la sensatez, las decisiones asertivas, el talento, sus percepciones y el conocimiento en general.

Para que lo anterior se cumpla, es necesario tener en cuenta el gran reto que

representa para los educadores actuales y el compromiso que implica para las instituciones educativas, sumado a las bajas cifras que se obtienen en las diferentes pruebas externas que pretenden la medición de habilidades en diversas áreas del saber, como los niveles de lectura crítica en el área de lenguaje y filosofía; por ejemplo, a modo de evidencia general las pruebas ERCE UNESCO (2019) mostraron que entre el 40% a 60 % de estudiantes de 3° y 6°, respectivamente, no logran los niveles básicos en competencias lectoras y habilidades matemáticas. Así mismo, las pruebas PISA (2019) ubican a Colombia en el puesto 58 donde un 50% de estudiantes estaría en el nivel 2 y solo un 1% alcanza entre el 5 y 6. Mientras que el ICFES (2021) indica que solo el 37% de estudiantes alcanza el nivel 2 y un 45% en nivel 3, además que el rango del nivel 1 se viene ampliando desde el 2017.

62

Un aspecto importante que se retoma de la investigación en torno a los resultados de la institución en las pruebas Saber 11 (2021) comparado con los resultados a nivel nacional como se aprecia en figura 1, es tener en cuenta que, a partir del trabajo que se pueda realizar en el área de matemáticas en relación al desarrollo del pensamiento crítico, y al observar los resultados obtenidos en dicha área, con un total de 61 puntos, aunque es equivalente a un buen promedio, nos deja entrever la posibilidad de seguir mediando esfuerzos de forma articulada para contribuir a mejorar los niveles obtenidos en la prueba de lectura crítica, dado que las habilidades desarrolladas en el pensamiento crítico, tal como lo mencionan Doll & Parra (2021) producen una mejora significativa en el desempeño de la comprensión lectora y de igual manera puede aportar a los procesos llevados a cabo en otras asignaturas.

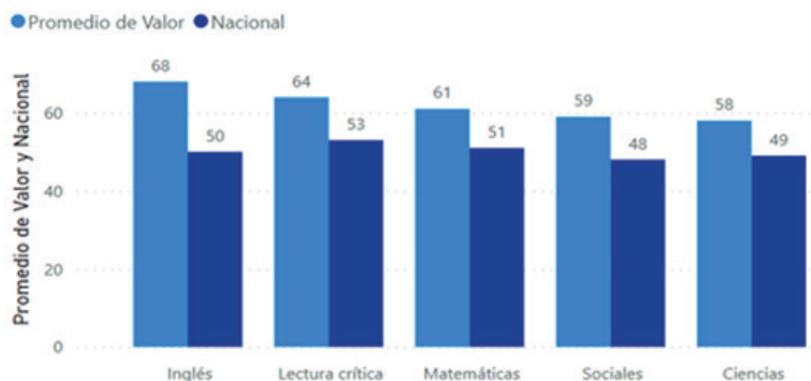


Figura 1. Promedios de puntaje por prueba en Saber 11 del 2021

Nota: La figura muestra los puntajes obtenidos por la IE comparados con el promedio a nivel nacional en cada una de las pruebas.

La condición respecto al desarrollo de un pensador crítico, que se registra según los exámenes de lectura para conocer puntualmente las prioridades de los procesos de aprendizaje de cada estudiante, hace preciso según Tamayo et. al (2015), enriquecer los procesos que ayudan a formar un pensamiento crítico, por lo tanto, el papel y la acción del maestro requiere ser transformado de tal modo que aporte a dicho propósito; de esta modo se invita a la reflexión continua al respecto de las pedagogías aplicadas, conscientes de la existencia de variados materiales e instrumentos, como recursos didácticos y tecnologías disponibles para el uso en las aulas de clase facilitando la capacidad de entendimiento para beneficiar al estudiante frente a la complejidad de temas abordados. Es así como surge el interrogante a partir del cual se rige la investigación: ¿Cómo se puede desarrollar el pensamiento crítico a partir de una estrategia didáctica que vincule el contexto y demostración del Teorema de Pitágoras con el apoyo de tecnologías de realidad aumentada en estudiantes de noveno grado del Colegio Nuestra Señora del Pilar?

Bases Teóricas

Pensamiento crítico

Teniendo en cuenta la sociedad en la que se desenvuelven actualmente los seres humanos, se requiere que puedan llegar a discernir cada una de la información que se presente bajo diversas situaciones. Es así como el desarrollo del pensamiento crítico cobra importancia en la educación puesto que, como lo reconoce Tamayo et. al (2015), implica el hecho de desarrollar destrezas tales como el análisis o la interpretación, entre otras. De esta manera, es necesario que los docentes puedan llegar a evidenciar que estrategias son válidas en un aula de clase para fortalecer las habilidades que permitan un desarrollo del pensamiento crítico y cómo se pueden tener en cuenta en el área de conocimiento que se desee.

De acuerdo con lo que menciona Facione, citado en Causado, et. al (2015), un pensador crítico se caracteriza por mostrar un espíritu crítico, que presente capacidad de iniciativa, maduro, metódico, indagador, siendo capaz de presentar sus puntos de vista alternativos, de mente abierta y flexible, que proponga y cree sus propios enfoques y por último, evaluar la autenticidad de los argumentos que se les presenten frente a una situación planteada; cada una de las características presentadas se relacionan con siete aptitudes mentales del pensamiento crítico y seis habilidades cognitivas, cada una de las cuales se presentan en las figura 2 y 3.



Figura 2. Componente de las aptitudes mentales

64

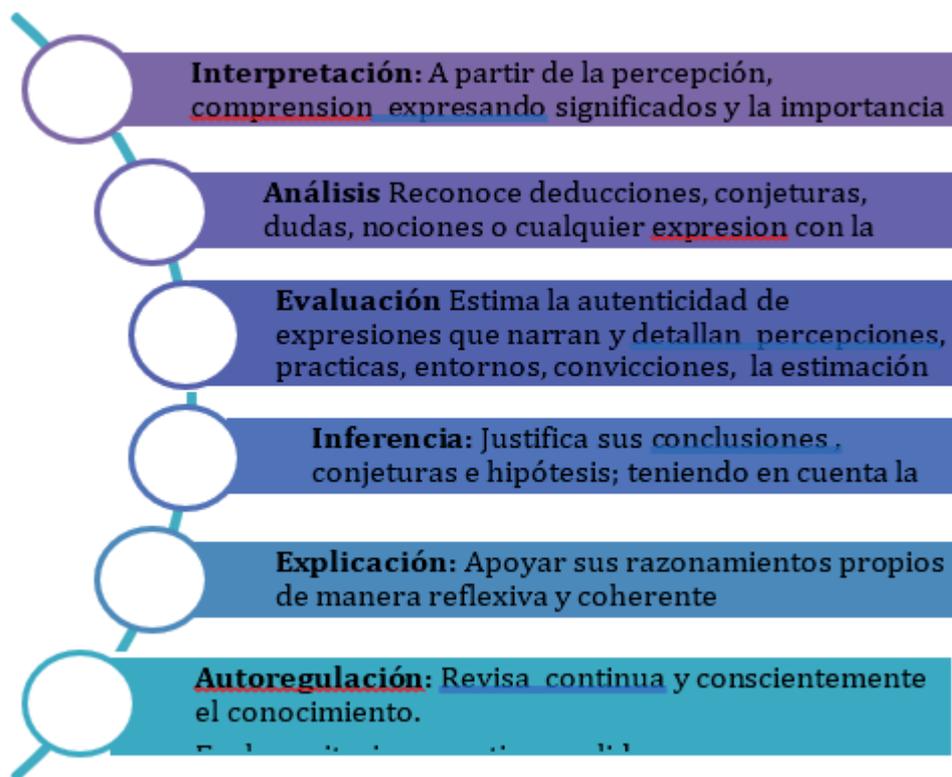


Figura 3. Habilidades cognitivas

Ahora bien, teniendo en cuenta lo que caracteriza a un pensador crítico, se debe pensar en las estrategias que permiten el desarrollo de dichas habilidades junto con la metodología de clase que el docente lleva a cabo con sus estudiantes, para ello, la RIED (Red Interamericana de Educación Docente, 2015) hace men-

ción a las diversas formas instruccionales que pueden llegar a contribuir a la formación del pensamiento crítico en los estudiantes tales como leer de forma crítica un texto orientado hacia la investigación, la resolución de situaciones, el aprendizaje basado en proyectos, en donde proponen los siguientes niveles que permiten al docente comprender la forma en que van avanzando los estudiantes en el desarrollo del pensamiento crítico y de esta manera diseñar actividades que permitan desarrollar las destrezas suficientes y necesarias dentro del aula de clase en los estudiantes; dichos niveles se han ilustrado en la figura 4.

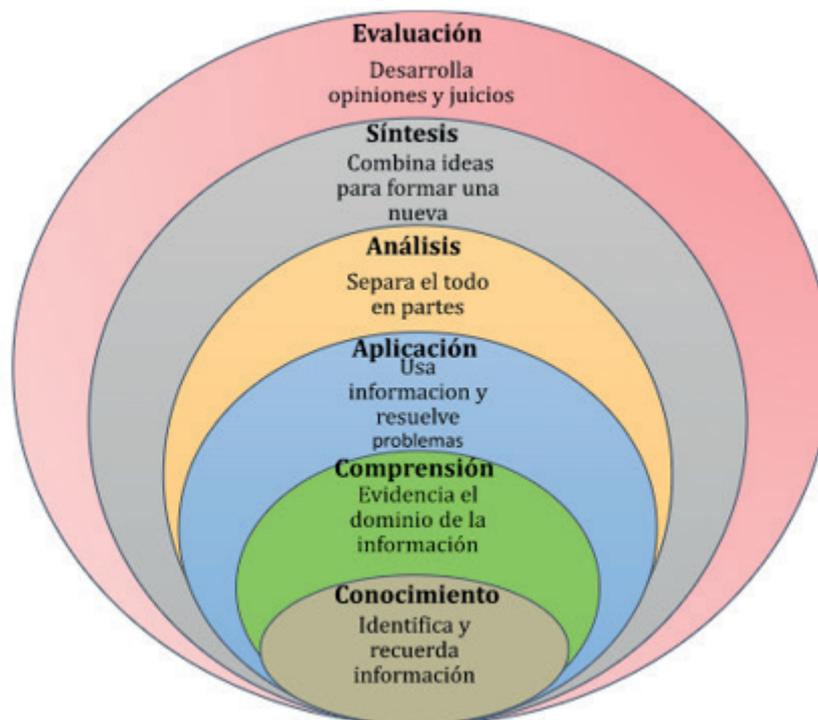


Figura 4. Niveles de desarrollo del pensamiento crítico

Aprendizaje Significativo relacionado con el Pensamiento Crítico

El aprendizaje significativo es definido por Ausubel, citado en Pastre & Dias (2018) como una metodología en donde se anclan los nuevos conceptos con los preconceptos para establecer un aprendizaje que despierte la curiosidad intelectual de los estudiantes y de esta manera se involucren con la construcción de sus conocimientos. De acuerdo a los trabajos elaborados por Lugo & Hernández (2011), citados en Guzmán et. al (2016), se resalta la importancia de apoyarse en la creatividad e innovación para despertar en los estudiantes una actitud re-

flexiva. lo cual conlleva a que los profesores busquen comprender las variadas formas en que los estudiantes se acercan al conocimiento y de esta manera facilitar y orientar cada una de las clases para generar aprendizajes significativos. De esta manera, Diaz & Hernández (2010), citados en Guzmán et. al (2016) proponen diversas estrategias que permitan potenciar la activación de conceptos previos para realizar la adaptación cognitiva con los conceptos nuevos, dentro de las cuales se destacan el aprendizaje centrado en la solución de problemas auténticos, análisis de casos, elaboración de proyectos, trabajo en equipos colaborativos, simulaciones, demostraciones y aprendizaje mediado por nuevas tecnologías de la información y la comunicación. Las anteriores estrategias se pueden llegar a generar destrezas necesarias para no solo desarrollar el pensamiento crítico si no de igual manera elevar dicho pensamiento a otro nivel puesto que, como lo menciona Facione (2007), citado en Tamayo et. al (2015) promueven espacios autorreguladores en donde se reflexiona sobre sus propios pensamientos generando así una metacognición, habilidad propia del pensamiento crítico.

El factor motivacional para aprender significativamente

66

Para que el aprendizaje significativo pueda llevarse a cabo de una forma óptima se requiere de una serie de acciones y/o cogniciones en cada uno de los estudiantes tales como la motivación, la comprensión, la funcionalidad y la relación con la vida real, los cuales fueron propuestos por Coll (2014), citado en Carranza & Caldera (2017). En relación a la motivación como acción principal es importante determinar el estilo de aprendizaje del estudiante para poder generar actividades innovadoras en donde los estudiantes se sientan motivados para aprender, es decir, tal como lo menciona Hanesian, citado en Guzmán et. al (2016), tomando la motivación como el origen y resultado de los aprendizajes, potenciar el conocimiento estimulando la capacidad de indagar intelectualmente, utilizando recursos que logren despertar o enfocar la atención. En otras palabras, la motivación se compara con un detonante y de acuerdo con la recomendación es válido hacer todo lo que esté al alcance de los docentes para llegar a niveles altos de motivación y aprendizaje.

Mediación tecnológica en la motivación

Dentro del factor motivacional, es importante tener en cuenta que una forma de impulsarlo es a través de diversas herramientas tecnológicas, tal como lo men-

ción Vygotsky (2002, citado en Guzmán et. al (2016), quien considera que la mediación tecnológica aporta claves para diseñar propuestas que mejoren considerablemente los procesos de aprendizaje y enseñanza. Teniendo en cuenta que existen diversas herramientas tecnológicas, Di Serio et al. (2013), citado en Gómez et al. (2020), realizó diversas investigaciones que han demostrado que el uso de la Realidad Aumentada en el aula permite un aumento en la motivación en los procesos de aprendizaje generando un alto nivel de satisfacción siempre y cuando los conceptos abordados sean de interés para ellos.

Metodología

Según lo establecido por Hernández (2018), los datos constituyen la materia prima para el análisis de la información recolectada, comparados con elementos mediante los cuales es posible elaborar el análisis correspondiente y definir las variables de la investigación; se realizó el diseño para el procedimiento en forma metódica y clara, tras una búsqueda cuidadosa que permitiera la definición métodos verídicos y objetivos para proceder a realizar el análisis correcto y así dar respuesta al planteamiento del problema.

Para la investigación de tipo mixto, se aplicó el método de triangulación concurrente al recolectar datos cualitativos y cuantitativos en forma sincrónica para luego correlacionarlos en la interpretación y análisis de resultados, teniendo presente que el objeto de estudio es el desarrollo del pensamiento crítico mediante una estrategia didáctica que vincule el contexto y demostración del Teorema de Pitágoras apoyándose de tecnologías de realidad aumentada.

En este orden se definen las variables y categorías para cumplir con cada uno de los objetivos propuestos y dada la ruta mixta, la variable dependiente pensamiento crítico junto con la variable independiente de realidad aumentada de carácter cuantitativo y la categoría de percepción de carácter cualitativo siendo cada una de ellas un referente teórico y de esta manera realizar la respectiva operacionalización con el fin de analizar la información recolectada.

La variable de pensamiento crítico se define bajo las habilidades fundamentales en dicho ejercicio y están relacionadas con la apropiación del conocimiento y cómo el pensador enfoca y vive la vida, según Facione, citado en Causado et. al (2015), la variable de realidad aumentada establece elementos que se deben tener en cuenta en una experiencia de realidad aumentada propuestos por Kukuk (2018). Por último, se presenta la categoría de percepción, relacionada con las di-

menciones del aprendizaje significativo, muy elementales para la investigación, propuestas por Carranza & Caldera (2017). A continuación, se presentan las variables y categorías resumidas en las tablas 1, 2 y 3.

Variable dependiente: Pensamiento Crítico			
Definición: Facione, Paul & Elder citados en Gómez (2020). Coinciden en el planteamiento de dos componentes para el pensamiento crítico en relación con un pensamiento superior; explicitando el aspecto cognitivo o las habilidades mentales donde se procesa y almacena información y el actitudinal o disposiciones mentales en torno a la motivación y el comportamiento.			
Dimensiones		Indicadores	Instrumentos
Componente Cognitivo	Interpretación	Comprende el significado de lo presentado	Pretest Postest
		Expresa el significado de situaciones	
	Análisis	Identifica las relaciones de inferencias	
	Evaluación	Determina la credibilidad de una fuente de información	
	Inferencia	Identifica elementos para realizar conclusiones	
		Formula conjeturas o hipótesis	
		Determina consecuencias de la información presentada	
	Explicación	Presenta resultados de manera reflexiva y coherente	
Autorregulación	Establece sus habilidades y debilidades		
	Realiza un autojuicio de su rol en clase		
Aptitudes mentales	Humildad	Conciencia de los límites de lo que conoce	
		Sensible al prejuicio	
		Falta de engreimiento y jactancia	
	Empatía	Reconoce el punto de vista del otro	
	Valentía	Rompe paradigmas	
	Autonomía	Piensa por sí mismo	
	Integridad	Necesidad de la honestidad en el pensar	
		Práctica lo que predica	
		Reconoce sus propios errores	
	Perseverancia	Supera la falta de comprensión en un tema	
Cuestionamiento	Cuestiona sus ideas propias		
Sentido de justicia	Da crédito a razonamientos		

Tabla 1. Operacionalización de la Variable Razonamiento Crítico

Variable Independiente: Realidad Aumentada			
Definición: Para De Pedro citado por Prendes (2015) interacción desde un escenario físico con un escenario aumentado diseñado o alimentado con imágenes mediante computadores; posible gracias a la tecnología permitiendo superponer imágenes de la virtualidad a través de dispositivos sobre imágenes reales. Según Alan B. Craig citado por Kucuk, (2018) como aplicación debe contener una serie de elementos básicos o dimensiones que permitan la inmersión, interactividad, virtualidad y retroalimentación sensorial.			
Dimensiones		Indicadores	Instrumentos
Elementos	Mundo virtual	Simula el entorno virtual	Escala de medición de actitudes tipo Likert
		Interactúa con los personajes	
		Interactúa en tiempo real	
	Inmersión	Brinda elementos sensoriales y motores	
		Crea una simulación sensorial	
		Produce la mayoría de estímulos	
	Retroalimentación Sensorial	Interactúa con el ambiente inmerso	
		Representa un objeto conocido	
	Interactividad	Modifica el ambiente inmerso	
		Explora el entorno	

Tabla 2. Operacionalización de la Variable independiente Realidad Aumentada

Categoría: Percepción			
Definición: La percepción enfocada en el aprendizaje significativo que según Carranza & Caldera (2017), requiere de una serie de operaciones o saberes en el estudiante, tomadas como las dimensiones. También de acuerdo con Hurtado et. al (2017), se establecen los estilos de aprendizaje como apoyo a lo anterior.			
Subcategoría		Indicadores	Instrumentos
Tecnología		Identifica la tecnología de realidad aumentada	Encuesta Inicio
		Reconoce la tecnología como una herramienta que facilita el aprendizaje	
		Utiliza con frecuencia herramientas tecnológicas en las clases	
		Cuenta con acceso a dispositivos móviles	
		Domina alguna herramienta tecnológica en especial	
Motivación		Presenta confianza en su capacidad para aprender	Encuesta Inicio
		Reflexiona sobre la forma en que aprende	
		Utiliza las herramientas que están a su disposición	
		Participa activamente en clase	
		Identifica las actividades que le generan interés y curiosidad	
Comprensión	Estilos de Aprendizaje	Comparte opiniones o ideas	Cuestionario CHAEA Junior

Comprensión	Estilos de Aprendizaje	Presenta capacidad de iniciativa	Cuestionario CHAEA Junior
		Muestra interés por los retos	
		Analiza sus decisiones	
		Observa experiencias	
		Recopila información	
		Analiza, estructura y sintetiza información	
		Prefiere el trabajo individual	
		Lleva a la práctica sus ideas	
		Interactúa con las tareas	
		Prefiere las tareas funcionales	
Tecnología	Conceptos Nuevos	Plantea actividades para relacionar conocimientos	Encuesta Final
		Contiene información adecuada a los conocimientos y necesidades	
		Tiene en cuenta los conocimientos iniciales	
Participación activa	Identifica la tecnología de realidad aumentada	Conoce diversas aplicaciones de realidad aumentada	
		Reconoce la realidad aumentada como una forma de aprender	
		Promueve la intervención entre estudiantes	
Funcionalidad y Contexto	Permite la reflexión de lo aprendido	Permite desempeñar diversos roles	
		Permite la elaboración de planes personales o colaborativos	
		Contrasta diferentes fuentes de información	

Tabla 3. Descripción de la Categoría Percepción

De acuerdo con las variables definidas, el diseño de un procedimiento planificado paso a paso con una intención clara es propio y exige localizar las fuentes, métodos confiables, objetivos así como una preparación del análisis para dar respuesta al planteamiento del problema. Por lo anterior, los instrumentos para la medición en aras de alcanzar los objetivos trazados se plantean en el siguiente orden.

Un pre test como cuestionario para conocer cuáles habilidades cognitivas y disposiciones mentales del pensamiento crítico dominaba cada estudiante.

Luego se aplicó el post test como cuestionario para valorar las habilidades cognitivas y las disposiciones mentales del pensamiento crítico se lograron fortalecer una vez terminada la estrategia pedagógica.

Seguidamente se desarrolló una encuesta inicial diseñada como cuestionario que determinó las acciones que más favorecen la motivación como también la voluntad y preferencia para aprender de cada una de las estudiantes.

Los instrumentos anteriores fueron estructurados por las autoras y posteriormente procesados para su debida validación mediante el juicio de expertos que, según Hernández (2018) es una manera de validar recurriendo al criterio de los expertos, para conocer el grado de exactitud en que un instrumento estima o evalúa la variable necesaria de acuerdo a la valoración dada por profesionales calificados en un área determinada.

Sucesivamente se empleó el CHAEA Junior, un cuestionario que permitió a las investigadoras tener claridad sobre el estilo de aprendizaje que predominaba en la población.

Finalmente, el Escalamiento Tipo Likert, se implementó como una forma de medir y valorar la actitud y postura de las estudiantes sobre la impresión o percepción de la herramienta de realidad aumentada usada.

Respecto a las técnicas de análisis de datos, dado que la investigación es de tipo mixto y con diseño de triangulación concurrente que recopila datos cualitativos y cuantitativos de forma simultánea, pero por separado, para luego integrarlos en la interpretación y análisis de resultados, es necesario tener en cuenta los instrumentos que se utilizan, el tratamiento de datos y su análisis, los cuales se presentan en la figura 5, como se puede observar en la parte cuantitativa se tiene el análisis del desarrollo del pensamiento crítico por medio de la comparación del pre-test y pos-test, que establece el avance de las estudiantes de acuerdo al trabajo realizado en la fase de implementación, el análisis de los niveles de pensamiento crítico a partir de la cuantificación de guías académicas y finalmente una prueba estandarizada sobre el uso de la tecnología de realidad aumentada.

71

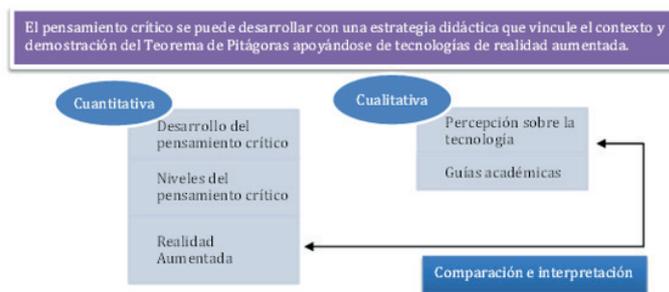


Figura 5. Pasos en la técnica de análisis de información

En cuanto a la propuesta de intervención bajo la premisa del desarrollo del pensamiento crítico en el aula se pretende dar respuesta a la pregunta de investigación, partiendo de los estilos de aprendizaje predominantes en un grupo de estudiantes de noveno grado, puesto que, como lo mencionan Hurtado et al. (2017), los docentes pueden desarrollar actividades asumiendo que los estudiantes aprenden de la misma forma, desconociendo sus estilos de aprendizaje e ignorando que cada ser humano presenta un proceso diferente en la adquisición de los conocimientos. Se aplica el modelo instruccional ADDIE, transversalizado con las fases de aprendizaje de Van Hiele junto a la metodología de aprendizaje significativo y los aspectos necesarios para el desarrollo del pensamiento crítico. En la figura 6 se ilustra cada aspecto que se tiene en cuenta para el diseño, iniciando con los estilos de aprendizaje, siguiendo en la secuencia de las fases de Van Hiele contrastadas con el aprendizaje significativo, las estrategias usadas para el desarrollo del pensamiento crítico y las herramientas de RA.

72



Figura 6. Propuesta de Intervención

En la siguiente tabla que refiere la segunda etapa apoyada en el modelo ADDIE, se observa de forma explícita el procedimiento según los momentos establecidos en el diseño anterior para la intervención, detallando los recursos o materiales a utilizar, así como los desempeños y las estrategias en cada momento.

Diseño: Pitágoras Virtual					
Estrategia metodológica y didáctica					
La propuesta planteada presenta una tendencia constructivista en donde se guía al estudiante por medio de preguntas que se retroalimentan en el momento de realizar sus aportes frente a las actividades que vayan desarrollando, de igual manera, se guía a los estudiantes para que tomen conciencia de sus habilidades y adquieran estrategias que le permitan aprender de forma autónoma.					
Planificación de Actividades					
Fase Van Hiele	Actividad	Desempeños	Estrategias		Descripción y herramientas
			Pensamiento Crítico	Aprendizaje significativo	
Información Determinar los conocimientos del contenido a abordar	INICIO	Muestra interés por llevar a cabo las actividades propuestas. Desarrolla las actividades de manera independiente. Realiza preguntas impulsado por la curiosidad.	Generación de un clima motivacional	Motivación	Creación de un avatar en Metaclass Studio para realizar una presentación de los temas y la metodología que se llevará a cabo.
Orientación dirigida Abordar conceptos de manera progresiva	Escuela Pitagórica	Comprende las principales características de la escuela Pitagórica. Identifica los elementos y características de un triángulo. Reconoce objetos a partir de las descripciones verbales que hacen de sus características geométricas.	Conciencia sobre sus conocimientos	Activación de conceptos previos	Elaboración de un Escape Room "Despertando pensadores" con la herramienta de CoSpace cuyo fin es presentar las características importantes de la Escuela Pitagórica en donde se involucren preguntas para abordar conceptos previos tales como segmentos, figuras geométricas, elementos de una figura, entre otros.
	Análisis de áreas	Identifica las formas de las superficies en cuerpos geométricos. Realiza comparaciones entre los tamaños de superficies. Establece relaciones de equivalencia entre áreas.	Mayéutica Socrática	Comprensión	Desarrollo de una guía con el apoyo de códigos que dan acceso a objetos en 3d haciendo uso del cubo Merge. Las preguntas que se abordan en la guía están adaptadas de Ubaldo (2014).

Explicitación Consolidar vocabulario nuevo.	Teorema de Pitágoras	Conoce e interpreta el teorema de Pitágoras. Comunica sus ideas utilizando un lenguaje algebraico. Toma una postura crítica frente a argumentos dados por sus compañeros. Comprende y analiza la demostración del Teorema de Pitágoras.	Reflexión sobre sus pensamientos	Funcionalidad	Desarrollo de una guía en donde se presentan videos de simulaciones en geogebra elaborados en Screencast-O-Matic. Las simulaciones presentan tres tipos de demostración del Teorema de Pitágoras, a partir de las cuales se orienta al estudiante para representar en un lenguaje algebraico el Teorema de Pitágoras.
Orientación Libre Consolidar el aprendizaje adquirido	Situación	Realiza una representación gráfica de una situación problema. Identifica los catetos y la hipotenusa en un triángulo rectángulo. Aplica el teorema de Pitágoras para calcular la medida de cualquier lado del triángulo rectángulo. Usa el Teorema de Pitágoras para resolver problemas cotidianos.	Trabajo en colaboración con otros	Relación con la vida real	Presentación de situaciones problema que les permita a las estudiantes aplicar el Teorema de Pitágoras para darle solución.

Tabla 4. Fase 2 del modelo ADDIE

Resultados

Para referir los hallazgos relevantes que se enmarcan en la investigación se determina una descripción según las variables que se abordaron. Con relación a la categoría de Pensamiento Crítico que constituye un soporte para el proceso investigativo se desprenden dos enfoques planteados por Facione, citado en Causado et. al (2015), las cuales se relacionan con las capacidades cognitivas llamado también, componente cognitivo relacionado con la habilidad para lograr un óptimo aprendizaje, siendo capaz de retener información de forma adecuada. Aunque al inicio ciertas habilidades propias del pensador crítico, de alguna forma se encontraron en bajos niveles en las estudiantes participantes; luego de hacer un contraste de los datos adquiridos, por ejemplo habilidades como la capacidad de hacer inferencias se incrementó significativamente; del mismo modo se apreció un incremento de otras habilidades como la capacidad de autorregulación y la explicación, aspectos fundamentales en el pensamiento crítico a juicio de los

expertos. En la figura 7 es posible apreciar el contraste de resultados entre los instrumentos pre test y el pos test.

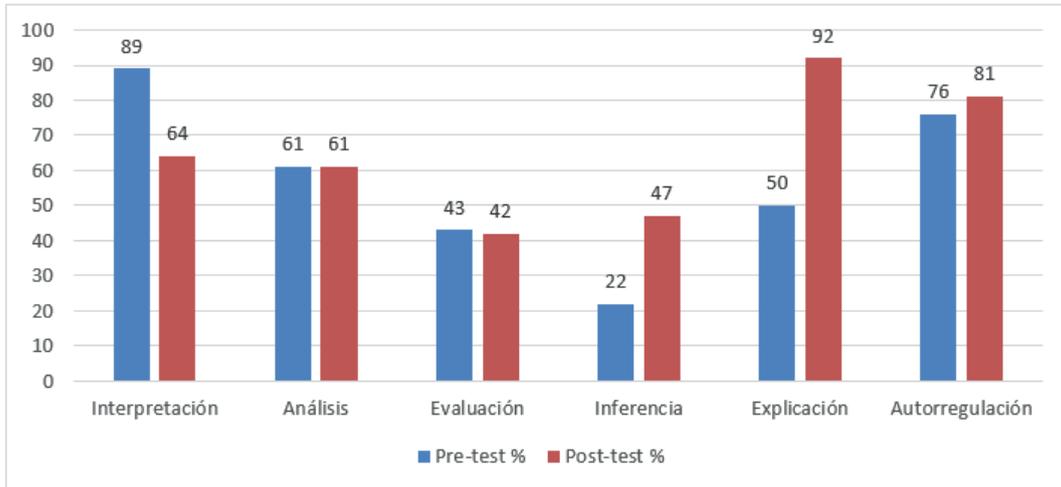


Figura 7. Contraste entre pre test y pos test para el componente cognitivo

Hacia las disposiciones o aptitudes mentales que se relacionan con la actitud e incluye desde al ámbito motivacional interno, el comportamiento, las predisposiciones de acuerdo a sus preferencias dicho por Facione, citado en Causado et. al (2015), el resultado evidencia en un nivel alto diferentes criterios establecidos, conforme al indicador que se trazó para cada subcategoría incluida donde una gran mayoría de los mismos se incrementó

En la tabla 5 se observan las subcategorías y sus indicadores que según el pre test durante el diagnóstico se observó la necesidad de priorizar en ellos en la siguiente fase de diseño dado el nivel registrado, se resalta con el color azul los que se incrementaron de forma positiva, del mismo modo el tono verde indica aquellos que registraron una disminución de acuerdo al post-test realizado. Uno de los hallazgos evidenciados para la investigación durante el postest es sobre los criterios resaltados de color verde que, en su mayoría refieren aspectos negativos, es decir, se toma como positivo el hecho de bajar el porcentaje puesto que en forma general afecta positivamente cada indicador trazado para cada subcategoría propuesta donde una gran parte de estos mostraron un incremento.

Las dimensiones de la RA en cuanto a la aplicaciones utilizadas se basan en Alan B. Craig citado por Kucuk (2018), que las caracteriza por contar con elementos esenciales, en este sentido, los resultados muestran las percepciones de las estudiantes con un nivel positivo, cumpliendo con las características propias de la interactividad, la retroalimentación sensorial, la inmersión, estimulando de for-

ma significativa, valorándola como un mundo virtual al que se acercaron interactuando en tiempo real, con los personajes y la simulación dentro de un entorno virtual. Se observó la precisión en la terminología usada por las estudiantes bajo el notorio enriquecimiento de vocabulario y dominio de saberes sobre el tema, claridad de ideas y la construcción de un concepto más elaborado de la realidad aumentada por parte de la totalidad de estudiantes. En la figura 8 pueden apreciarse las definiciones de las estudiantes.

76

Subcategoría	Indicadores	Pregunta	%	
			Pre-test	Post-test
Empatía	Reconoce el punto de vista del otro	Cuando tomo decisiones, soy consciente de las necesidades del resto de los implicados en ellas	46	75
		Me cuesta hacer cosas que me beneficien a mí si perjudican a otras personas	54	33
Valentía	Rompe paradigmas	Puedo construir mi conocimiento de forma individual y dinámica	50	6
		El protagonista del aprendizaje es el estudiante	39	97
Autonomía	Piensa por sí mismo	Pensar en un asunto determinado usando su propio pensamiento	61	64
		Después de pensar desde su perspectiva, mantenerse en sus conclusiones a pesar de las críticas	50	42
Integridad	Necesidad de la honestidad en el pensar	Tengo presente y cumplo las normas del colegio.	30	50
Perseverancia	Supera la falta de comprensión en un tema	Busca la respuesta en los medios o redes.	52	36
		Lee varias veces hasta entender.	57	61
		Llama a su docente y le pide una mejor explicación.	54	72
Cuestionamiento	Cuestiona sus ideas propias	Es clara, precisa y aplica la lógica en sus ideas.	37	33
		Hace preguntas que ayuden a fortalecer y ampliar sus conocimientos.	46	58
		Examina o revisa sus saberes con frecuencia y es importante mejorar en ello.	41	44
		Revisa su modo de pensar y aportar en clase según los temas dados	50	31
		Aplica sus criterios o conocimientos intelectuales al participar en clase.	37	22

Tabla 5. Aptitudes Mentales Pre test vs Post test

Nota. Los azules incrementaron y los verdes indicaron una baja en los resultados

Las dimensiones de la RA en cuanto a la aplicaciones utilizadas se basan en Alan B. Craig citado por Kucuk (2018), que las caracteriza por contar con elementos esenciales, en este sentido, los resultados muestran las percepciones de las estudiantes con un nivel positivo, cumpliendo con las características propias de la interactividad, la retroalimentación sensorial, la inmersión, estimulando de forma significativa, valorándola como un mundo virtual al que se acercaron interactuando en tiempo real, con los personajes y la simulación dentro de un entorno virtual. Se observó la precisión en la terminología usada por las estudiantes bajo el notorio enriquecimiento de vocabulario y dominio de saberes sobre el tema, claridad de ideas y la construcción de un concepto más elaborado de la realidad aumentada por parte de la totalidad de estudiantes. En la figura 8 pueden apreciarse las definiciones de las estudiantes.

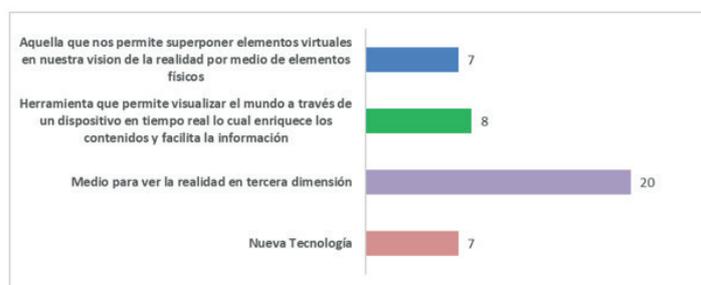


Figura 8. Definición de Realidad Aumentada

Es importante mencionar que el 100% de las estudiantes consideraron un aporte importante de las herramientas de Ra a sus aprendizajes y además consideran positivo el impacto y ejecución en el aula de éstas, conforme a la teoría de Gómez et. al (2020) quien considera los atributos y bondades generadas frente al uso de RA para la enseñanza dado que facilita la generación de un ambiente mixto combinando lo real y lo virtual, favoreciendo los efectos emocionantes y por lo tanto mejorando el aprendizaje.

Valorar y conocer cuál de las herramientas utilizadas logra la aprobación de las estudiantes era importante en la investigación para considerar posibles ajustes y por sus virtudes y funciones, gracias a las actividades que permitió la aplicación CoSpace, fue la preferida por su fácil y dinámico uso, la interacción y la posibilidad de visualizar el entorno creado; resaltaron la forma de interactuar con los poliedros mediante el cubo Merge; se destacaron las ventajas de utilización de RA y las dimensiones que cumple según las establecidas por Alan B. Craig citado por Kucuk (2018), como se aprecia en la figura 9, la mayoría de las estudiantes opinan igual al respecto.

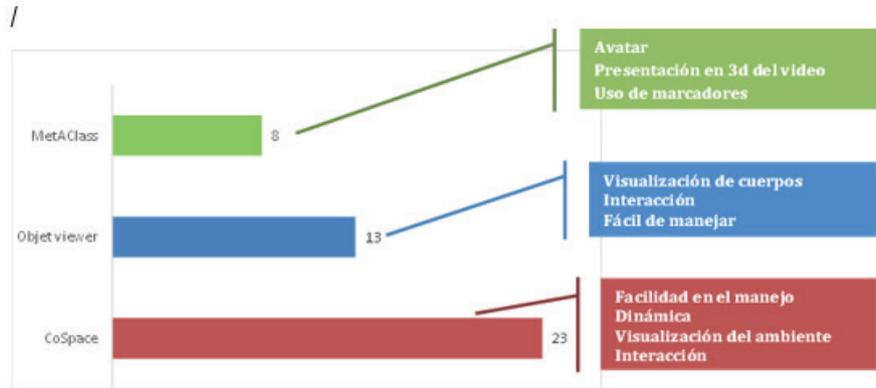


Figura 9. Preferencia de herramientas durante la implementación

Las conclusiones relacionadas con el Teorema de Pitágoras es una confirmación de la totalidad de participantes al expresar cómo lograron complementar la información que ya tenían, de tal modo que trazan conclusiones precisas sobre este como se aprecia en la figura 10, organizar dichas conclusiones, potenciar el conocimientos, es una de las expectativas expresadas en el MEN, Guía 31 donde, de forma enfática habla sobre los enfoques cognitivos actuales y la necesidad de recurrir a estrategias para aprender significativamente construyendo la formación de estudiantes competentes; según Guzmán et. al (2016).

78

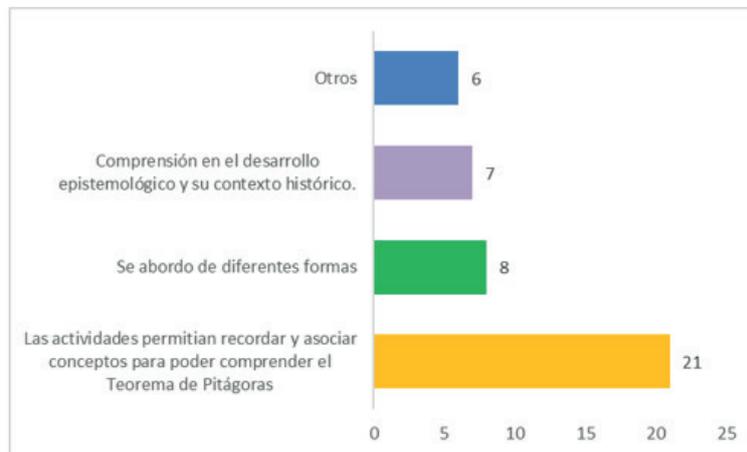


Figura 10. Conclusiones sobre el Teorema de Pitágoras

Según las dimensiones correspondientes para las herramientas tecnológicas; los resultados se muestran en la figura 11 luego de aplicar como instrumento de medición una escala de Likert para conocer las apreciaciones de las estudiantes participantes a partir de la experiencia con cada una de ellas mediante las actividades desarrolladas. Siendo uno de los hallazgos relevantes, refleja una valoración muy positiva respecto a cada dimensión propuestas ya que la mayor parte

de la población responde que están muy de acuerdo frente a los ítems valorados. lo anterior afirma que las aplicaciones y recursos utilizados, cumplen con la interactividad, la retroalimentación sensorial, la inmersión que a su vez generó estímulos significativos y finalmente es un mundo virtual al cual pudieron acercarse interactuando con él.

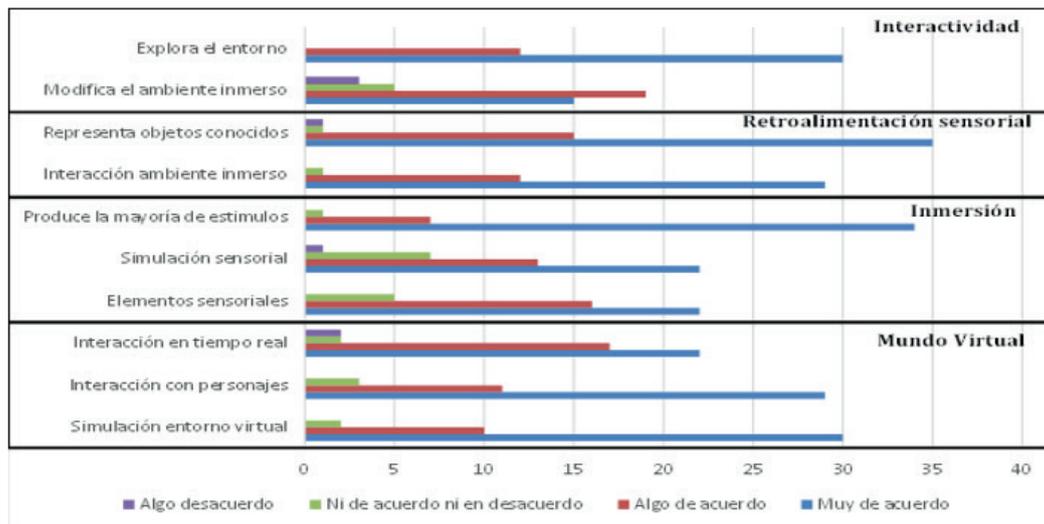


Figura 11. Resultados de medición de las dimensiones de RA

Por último, pero no menos importante uno de los resultados más expectantes refiere el análisis de las guías académicas, diseñadas para las actividades, para ello se tuvo en cuenta la siguiente rúbrica, en donde a cada estudiante se le iba asignando un valor numérico que estaba relacionado con el determinado nivel de pensamiento crítico propuestos por la ONU (2015). En la tabla 6 se puede observar que para cada nivel existe un objetivo, un indicador y su desempeño de acuerdo con lo propuesto por el sistema de evaluación de la IE.

Nivel		Objetivo	Indicador	Desempeño	
1	Conocer	Identificar y recordar información	Conoce que se abordan conceptos	Bajo	10-34
2	Comprender	Organizar y seleccionar los hechos y la idea	Demuestra que conoce la información y sabe usarla	Básico	35-40
3	Aplicar	Usar los hechos, reglas y principios	Aplica la información en la resolución de problemas	Alto	41-45
4	Analizar	Separar el todo de las partes	Analiza la información disponible para inferir o generalizar		45-48
5	Sintetizar	Combinar una idea para formar una nueva	Piensa de manera original y creativa para responder	Superior	48-50

6	Evaluar	Desarrollar opiniones y juicios	Expresa sus ideas sobre un tema	Superior	50
---	---------	---------------------------------	---------------------------------	----------	----

Tabla 6. Niveles de Pensamiento crítico con los niveles de desempeño de la IE

Una vez se determine el valor numérico para cada estudiante, se saca el promedio por cada una de las actividades, obteniendo los resultados presentados en la figura 12, y se observa cómo las estudiantes avanzan de niveles de pensamiento crítico a medida que van desarrollando cada una de las guías académicas, es decir, que inician del nivel uno, conocer, que implica identificar y recordar información hacia la comprensión para luego aplicar la información y poder llegar a sintetizar a partir del análisis de la información. El nivel seis, evaluar no se aborda de manera explícita por ser actividad grupal y por ello no se da un espacio en donde cada estudiante escribiera una opinión.

80

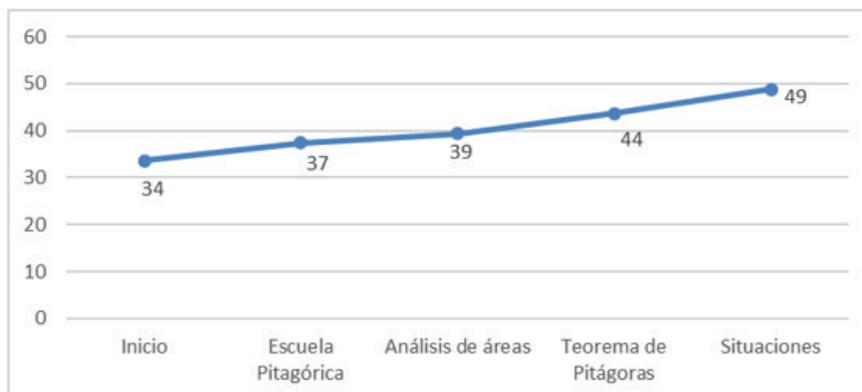


Figura 12. Niveles de pensamiento crítico de las estudiantes

Discusión

El pensamiento crítico como la base de la investigación que según Facione en Causado et. al (2015), componen las capacidades o componente cognitivos encargado de lograr el aprendizaje, al guardar información de forma adecuada.

Inicialmente algunas de estas habilidades que son propias del individuo capaz de pensar críticamente, se encontraron en niveles bajos, pero luego de hacer un contraste de los datos adquiridos, por ejemplo habilidades como la capacidad de hacer inferencias se incrementó significativamente; del mismo modo se apreció un incremento de otras habilidades como la capacidad de autorregulación y la explicación gracias al proceso que se llevó a cabo; teniendo en cuenta que estos son aspectos fundamentales en el pensamiento crítico según los expertos. Así mis-

mo, Facione propone las disposiciones o aptitudes mentales que se relacionan con la actitud e incluye desde el ámbito motivacional interno, el comportamiento, las predisposiciones de acuerdo a sus preferencias, el resultado evidencia en un nivel alto diferentes criterios establecidos, conforme al indicador que se trazó para cada subcategoría incluida donde una gran mayoría de los mismos se incrementó.

Como se mencionó la importancia de este tipo de pensamiento radica en que es considerada una habilidad o competencia que debe ser desarrollada en los jóvenes, por lo cual los resultados obtenidos demuestran que es posible la creación de ambientes en el aula de clase bajo la influencia del maestro como mediador de los mismos para ayudar en la estimulación de habilidades o posturas que favorezcan este propósito.

También es importante a partir de estos resultados, tener en cuenta que el desarrollo del pensamiento crítico requiere ser abordado desde todas las áreas del conocimiento, siendo un esfuerzo mancomunado ya que, de acuerdo con Tamayo et. al (2015), es necesario articular las prácticas pedagógicas mediante el actuar del maestro.

Respecto a la variable de la realidad aumentada y conforme al registro que se logró evidenciar sobre los términos y el vocabulario que las estudiantes expresaron para construir un concepto del tema, no solo se limita al enriquecimiento del vocabulario en sí y un dominio de saberes; la cuestión trasciende más allá en relación al pensamiento crítico, dado que en las respuestas escritas y como se observó a través de los instrumentos de recolección usados como es el caso de las guías diseñadas, las estudiantes manifestaron posturas muy precisas sobre la transversalización de los aprendizajes mediados por estas tecnologías; de este modo es claro que las estrategias implementadas pueden ser usadas para fortalecer el desarrollo del pensamiento crítico llevando al estudiantado a la reflexión y la opinión con autonomía, madurez y propiedad sobre sus procesos de aprendizaje.

Uno de los aspectos que no podemos ignorar entre los resultados más positivos de la investigación, se enmarca en el impacto generado hacia el aprendizaje ya que una mayoría considera el factor motivacional que genera la RA, seguido de una buena parte de la población que opina que es facilitadora del aprendizaje, estos aspectos permiten verificar que las tecnologías van de la mano con el conocimiento y son facilitadores del mismo, como afirma Gómez et. al (2020) acerca de las ventajas de uso de la RA en la educación no sólo en cuanto creación de ambientes

mixtos, sino favoreciendo en el estudiante las sensaciones, emociones y mejorando el aprendizaje.

Para finalizar, cabe mencionar algunos aspectos que representaron las limitantes durante el desarrollo de la investigación como el tiempo y el desafío que significó la unión de la matemática y lengua castellana desde la perspectiva del pensamiento crítico; dos áreas fundamentales en los procesos de enseñanza aprendizaje que a la hora de articular los aspectos que se requerían en el diseño y el paso a paso de todo el proyecto se convirtieron en un complejo proceso desde el planteamiento del problema hasta el diseño de la propuesta didáctica y su implementación.

Aunque se logró establecer la conexión entre las áreas involucrando aspectos como la epistemología alrededor del Teorema de Pitágoras para llevar a las estudiantes al conocimiento mediante el contexto que rodea la vida de Pitágoras como personaje y su escuela, lo cual implica la lectura desde el pensamiento crítico y el desarrollo de diversas situaciones problema o la demostración misma del Teorema. También es importante mencionar que este suceso permitió a las autoras comprender en la práctica que el pensamiento crítico corresponde a todas las áreas del conocimiento rompiendo la estructura de que es responsabilidad única de ciertos docentes de área; factor que abre la posibilidad de futuras investigaciones.

82

Las aplicaciones Tic que representan el éxito del desarrollo del proyecto exigieron la investigación profunda de las herramientas tecnológicas y las diversas opciones disponibles en la Web para lograr el diseño de la secuencia didáctica que se pretendía. Lo anterior, representó algunas limitaciones por aspectos como:

Varias de las aplicaciones que cumplían los requisitos necesarios para diseñar las actividades no se encuentran disponibles de forma gratuita.

Recurrir al uso de las pruebas gratuitas de las aplicaciones de RA para lograr el diseño fue un factor que, aunque limitaba el proceso, se convirtió en tema de discusión entre las autoras y finalmente se optó por el uso de estas plataformas, un factor más que representa la brecha digital y abre una ruta de investigación futura dado el océano de herramientas tecnológicas ante el cambio o avance constante de las mismas.

Referencias

Ávila, M. (2019). El teorema de Pitágoras en el marco del modelo de Van Hiele: pro-

- puesta didáctica para el desarrollo de competencias en razonamiento matemático en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Anna Vitiello. Zona Próxima, 30, 1-19. <http://dx.doi.org/10.14482/zp.30.373>
- Causado, R. Santos, B., Calderón, I. (2015). Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una escuela de secundaria. Revista de la Facultad de Ciencias, 4(2), 17-42. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/51437>
- Conde, R. & Fontalvo, A. (2019). Didáctica en la enseñanza y aprendizaje del teorema de Pitágoras mediada por las TIC: el caso de una clase de matemáticas. Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 11(21), 255-281. <https://doi.org/10.22430/21457778.118>
- Doll, I. & Parra, C. (2021). Impacto del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en la comprensión lectora de estudiantes de enseñanza básica. Nueva revista del Pacífico, (75), 158-180. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-51762021000200158>
- Gómez, G., Rodríguez, C., Marín, J. (2020). La trascendencia de la Realidad Aumentada en la motivación estudiantil. Una revisión sistemática y meta-análisis. Alteridad, 15(1), 36-46. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.03>
- Hernández, R. (2018). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana: <https://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=6443&pg=&ed=>
- Instituto Colombiano para la evaluación de la Educación [ICFES]. (2022, 17 de febrero). Icfes presentó a la comunidad educativa el Informe de los Resultados agregado Saber 11 en 2021. <https://www.mineducacion.gov.co/portal/salaprensa/Noticias/>
- Kucuk, L. (2018). Marco de trabajo para la evaluación de usabilidad en objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Misiones]. Sedici. https://www.fceqyn.unam.edu.ar/mti/wp-content/uploads/TFM_Kucuk_Lucas.pdf
- López, J., López, G., Justo, A. (2021). Realidad aumentada como alternativa didáctica en escuelas públicas en zonas rurales y semiurbanas de San Quintín y Mexicali, México. TecnoLógicas, 24(52). <https://doi.org/10.22430/22565337.1939>
- Martínez, Y., López, E., Aceves, Y., Ponce, S. (2019). Metacognición y pensamiento crítico: un aporte para el desarrollo cognitivo-intelectual desde la escuela. Espiritu Científico en acción, 30, 3-13. <https://www.researchgate.net/publication>
- Moreno, W. & Velázquez, M. (2017). Estrategia Didáctica para desarrollar el pensamiento crítico. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 15(2), 53-73. <https://doi.org/10.15366/reice2017.15.2.003>

- Organización de las Naciones Unidas [UNESCO]. (2017). Evaluación del aprendizaje en la UNESCO: garantía de un aprendizaje efectivo y relevante para todas las personas. Evaluación del aprendizaje en la UNESCO
- Organización de las Naciones Unidas [UNESCO]. (2019). Los aprendizajes fundamentales en América Latina y el Caribe. <https://en.unesco.org/sites/default/files/resumen-ejecutivo>
- Ovalle, S. & Vásquez, N. (2020). Realidad aumentada, una herramienta para la motivación en el aprendizaje de la geometría. *Revista Conrado*, 16(75), 56-60. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1385>
- Prender, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (46), 187-203. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3683295900>