

<https://doi.org/10.69639/arandu.v13i1.1947>

Implementación del software curio xr en la enseñanza – aprendizaje de polígonos regulares en décimo año

*Implementation of the Curio XR software in the teaching and learning of regular polygons in
tenth grade*

Roussel Andrés Fajardo Cabrera

roussel.fajardo@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-5475-104X>

Universidad Católica de Cuenca

Leticia Guillot Mustelier

leticiagm7130@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3812-4861>

Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

Dayron Rumbaut Rangel

drumbautr@ube.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-9087-0979>

Universidad Bolivariana del Ecuador

Artículo recibido: 10 diciembre 2025 -Aceptado para publicación: 18 enero 2026

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo valorar los resultados alcanzados en el aprendizaje de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año de la Educación General Básica de Ecuador, a partir de la implementación de actividades desarrolladas con la plataforma de realidad virtual Curio XR. El estudio se fundamenta en el modelo de razonamiento geométrico de Van Hiele y en el uso pedagógico de tecnologías inmersivas como mediadoras del aprendizaje significativo de la geometría. Se adoptó un enfoque metodológico mixto con un diseño cuasiexperimental, en el que participaron 34 estudiantes del décimo año de la Unidad Educativa Buena Esperanza. El sistema de actividades aplicado se caracterizó por la articulación de actividades de exploración, descripción informal, clasificación por propiedades, aplicación práctica y reflexión metacognitiva, favoreciendo tanto el desarrollo cognitivo como la autorregulación del aprendizaje en geometría. El procesamiento estadístico se realizó con el software Jamovi, utilizando la prueba t de Student para muestras pareadas, previa verificación de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Su análisis confirmó diferencias significativas a favor del grupo que trabajó con el sistema de actividades basado en Curio XR ($p < .001$), lo que demuestra la efectividad de la propuesta.

Palabras clave: aprendizaje, curio xr, polígono regular, sistema de actividades

ABSTRACT

The present study aimed to assess the learning outcomes achieved in the understanding of regular polygons among tenth-grade students of General Basic Education in Ecuador through the implementation of activities developed using the Curio XR virtual reality platform. The study is grounded in the Van Hiele model of geometric reasoning and in the pedagogical use of immersive technologies as mediators of meaningful learning in geometry. A mixed-methods approach with a quasi-experimental design was adopted, involving 34 tenth-grade students from the Buena Esperanza Educational Unit. The applied system of activities was characterized by the integration of exploration activities, informal description, classification based on properties, practical application, and metacognitive reflection, promoting both cognitive development and self-regulation of learning in geometry. Statistical analysis was conducted using Jamovi software, applying the paired-samples Student's *t*-test after verifying normality through the Shapiro Wilk test. The results confirmed statistically significant differences in favor of the group that worked with the Curio XR-based activity system ($p < .001$), demonstrating the effectiveness of the proposal.

Keywords: learning, curio xr, regular polygon, activity system

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la educación se enfrenta al reto de adecuarse a los requerimientos de una sociedad que es cada vez más tecnológica. El uso de instrumentos innovadores, tal como la realidad virtual (RV), ha probado ser una táctica eficaz para perfeccionar el aprendizaje y la enseñanza en distintos campos del saber.

Según (Regivaldo et al., 2021), la razón principal por la que se usa la RV en este proceso educativo es su potencial pedagógico, que permite que la interacción sea más intuitiva y posibilita que los alumnos usen las herramientas de enseñanza de forma natural y pueden explorar el entorno a través de recursos tridimensionales y manipular objetos, procesos y análisis virtuales del objeto de estudio. Otros, como Lin et al. (2024), consideran que cada vez más docentes y alumnos se muestran interesados en investigar las posibilidades de esta como instrumento educativo.

En Ecuador, a pesar de que la Constitución de la República promulgada en el año 2008, desde su artículo 347, numeral 8, establece que es responsabilidad del Estado integrar las Tecnologías de la Información y Comunicación en el ámbito educativo, todavía se enfrentan retos importantes para aplicar la RV con enfoque pedagógico en materias como la Matemática, que aborda temas geométricos muy abstractos y que necesitan de dicha tecnología para favorecer un aprendizaje interactivo y dinámico, como elemento esencial para la formación del alumnado.

Dentro de esta materia, el conocimiento de los polígonos regulares se presenta como un tema principal de estudio, que tiene que ser considerado como algo más allá de simplemente aprender figuras con lados rectos; es un camino hacia el razonamiento geométrico, la solución de problemas del contexto diario y la conexión con muchas áreas del saber.

Sin embargo, se ha identificado que los alumnos de décimo año de educación básica general presentan dificultades con la deducción, clasificación e identificación de propiedades de los polígonos regulares que impiden resolver problemas que requieran el uso de este contenido, el cual se identifica como problema a abordar en la investigación.

En esta línea, la introducción del software Curio XR, como una herramienta novedosa en el ámbito de la RV podría ser una solución eficaz para tratar este problema y optimizar la enseñanza y el aprendizaje de los polígonos regulares. Esto se debe a las posibilidades que ofrece para aprender sobre polígonos.

Este programa posibilita que los alumnos interactúen con modelos tridimensionales que tienen capacidad de rotación y exploración desde diferentes perspectivas, lo cual estimula el reconocimiento y la categorización de las figuras. Su interfaz intuitiva y con seguimiento de manos elimina obstáculos técnicos y mantiene la atención al generar entornos inmersivos sin distracciones, lo cual potencia la concentración en los contenidos de geometría. Además, al ser un software sin costo y contar con una extensa biblioteca de herramientas que incluyen pizarras, modelos 3D y funciones de colaboración, se puede adaptar a diversas metodologías y contextos

escolares. Esto permite tanto la enseñanza presencial como a distancia. En la Universidad de Toledo se empleó para brindar sesiones de tutoría en entornos virtuales, observándose un aumento en el rendimiento académico y la participación de los estudiantes. (*Higher Ed – Curio XR*, n.d.)

El objetivo general de este estudio es valorar los resultados alcanzados en el aprendizaje de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año de la educación general básica de Ecuador, a partir de la implementación de actividades desarrolladas con la plataforma Curio XR, para la cual se trabaja con una muestra de treinta y cuatro estudiantes.

La investigación se llevó a cabo a partir del cumplimiento de los objetivos específicos siguientes:

1. Fundamentar el proceso de enseñanza aprendizaje de los polígonos regulares a partir del uso del software Curio XR.
2. Desarrollar un pre-test y un post-test en los estudiantes de décimo B de la Unidad Educativa Buena Esperanza
3. Elaborar actividades docentes para el aprendizaje de los polígonos regulares con el uso de la plataforma Curio XR.
4. Valorar la factibilidad de las actividades
5. Implementar el sistema de actividades en el grupo experimental
6. Valorar los resultados obtenidos con la aplicación del post-test en el grupo experimental y de control.

Marco Teórico

Aprendizaje de los polígonos

Los polígonos son figuras bidimensionales que están delimitadas por segmentos rectos unidos en sus extremos, lo que produce un contorno cerrado. El término tiene su origen en el griego, donde "gōnía" significa "ángulo" y "polý", "muchos". Por tanto, hace alusión a figuras con varios ángulos y lados. Los polígonos, como clases de figuras planas, son elementos esenciales en el campo educativo y en la geometría: al impartirlos, los alumnos pueden identificar, examinar y vincular características geométricas; así se establecen los fundamentos conceptuales requeridos para progresar hacia conceptos más complejos, tales como perímetro, área, clasificación de figuras y propiedades geométricas (Bernabeu et al., 2023).

En el marco de este estudio, se considerarán polígonos regulares a aquellas figuras geométricas que tienen lados y ángulos internos congruentes; esto les otorga una organización simétrica y equilibrada. Entre los ejemplos más destacados están el hexágono regular, el pentágono regular, el cuadrado y el triángulo equilátero, que son considerados ejemplos paradigmáticos de polígonos regulares (Bernabeu et al., 2023). En contraste, los polígonos irregulares tienen lados y ángulos de longitud y amplitud

desiguales, lo que les falta a los polígonos regulares. Se elige a los polígonos regulares como objeto de estudio debido a que su regularidad y simetría posibilitan un enfoque didáctico

más sistemático, lo cual favorece la comprensión de las propiedades geométricas fundamentales y estimula el razonamiento espacial. Estos elementos son esenciales en la enseñanza escolar de la geometría (Behrens, 1992).

A pesar de su aparente sencillez, la instrucción sobre los polígonos regulares se enfrenta a retos importantes. Varios estudios internacionales han estado de acuerdo en que varios alumnos tienen problemas con el aprendizaje geométrico, sobre todo en lo que respecta a la comprensión de los polígonos. Investigaciones como las de (Ma et al., 2015) y (Bernabeu et al., 2023) indican que, a pesar de que los estudiantes pueden reconocer visualmente las figuras geométricas, tienen dificultades para determinar sus propiedades, establecer relaciones entre ellas o clasificarlas.

Según un estudio realizado en Taiwán con más de 5.500 estudiantes de primaria, los alumnos tienen la habilidad de identificar formas geométricas, pero tienen limitaciones para clasificarlas y deducir sus propiedades formales. Esto se alinea con la teoría de niveles del razonamiento geométrico de Van Hiele. (Ma et al., 2015). Estos descubrimientos indican que la educación tradicional, que se enfoca en memorizar fórmulas, no logra que los alumnos pasen de manera apropiada entre los niveles de razonamiento. Por lo tanto, es necesario implementar métodos didácticos más activos, visuales e interactivos para promover su desarrollo cognitivo. Según el modelo de Van Hiele, la comprensión de la geometría avanza desde lo visual hasta la deducción lógica y que no tener actividades intermedias apropiadas puede impedir que el aprendizaje progrese más allá de los niveles básicos (Ma et al., 2015).

Para los maestros, ha sido un desafío crear experiencias significativas que incorporen análisis, manipulación y representación. Un estudio acerca de la utilización de un kit de aprendizaje fundamentado en GeoGebra para el aprendizaje de polígonos regulares reveló que los profesores notaron avances significativos en la motivación y comprensión conceptual del alumnado; sin embargo, también indicaron que era necesario ajustar las herramientas tecnológicas para ilustrar apropiadamente los polígonos en diferentes escalas y posiciones. (Açıkgül, 2022).

Estos hallazgos enfatizan la relevancia de mezclar estrategias manipulativas, digitales y visuales que posibiliten al alumno identificar, describir y deducir activamente las características de los polígonos regulares.

Por otra parte, los estudios recientes en el campo de la didáctica geométrica resaltan la importancia de las oportunidades de aprendizaje que crea el profesor. La investigación de Bernabeu et al. (2023), enfocada en el razonamiento geométrico de niños de 8 a 9 años, demostró que cuando se fomenta la observación, comparación y reflexión acerca de las propiedades de las figuras (como la simetría, la longitud de los lados y la medida de los ángulos), el aprendizaje sobre polígonos mejora y así se promueve una progresión entre los niveles del modelo Van Hiele. Estas posibilidades están directamente relacionadas con los niveles de deducción lógica, análisis y reconocimiento visual, que son esenciales para el aprendizaje de los polígonos regulares.

Por lo tanto, el proceso de aprendizaje y enseñanza de los polígonos regulares tiene que organizarse en un conjunto de actividades que lleven al alumno a través de estos niveles de razonamiento progresivamente. El empleo de plataformas de realidad virtual, como Curio XR, o de instrumentos digitales como GeoGebra colabora con este objetivo al posibilitar que se vea en tres dimensiones, que las figuras sean manipuladas libremente y que sus propiedades puedan ser exploradas autónomamente. Investigaciones, como un libro interactivo de geometría, demostraron que los alumnos desarrollaron significativamente sus capacidades de razonamiento geométrico tras realizar actividades digitales interactivas (Fatihah et al., 2023). Asimismo, estudios realizados en entornos de realidad aumentada para la geometría han evidenciado un aumento considerable en el entendimiento de las propiedades geométricas, visualización espacial y motivación hacia el aprendizaje (Simbolon et al., 2024)

Realidad Virtual nueva metodología

La realidad virtual (RV) ha dejado de ser una herramienta reservada solo para el entretenimiento o la simulación tecnológica y se ha transformado en un recurso educativo muy valioso. Es un ambiente creado por computadora que reproduce espacios en tres dimensiones y con el cual los usuarios pueden interactuar a través de dispositivos como auriculares o gafas especiales. Esta tecnología posibilita que los alumnos vivan contenidos de una manera más sensorial y participativa, lo que supone un cambio en el modo convencional de transmitir ideas abstractas, como las vinculadas con la geometría (Chóez et al., 2025).

En el sector de la educación, la RV ha demostrado una notable habilidad para optimizar la comprensión de conceptos complejos, (RV), por ejemplo, ofrece la oportunidad de ver polígonos en varias dimensiones y rotaciones. Esto hace que entender las propiedades de los polígonos sea más fácil, a pesar de que su enseñanza a menudo se restringe a figuras planas en el papel. Esto es muy útil en etapas educativas en las que el pensamiento espacial todavía está evolucionando. (Moral et al., 2023) evidenciaron que los estudiantes que emplean en el aprendizaje de geometría desarrollan más eficazmente sus habilidades espaciales, ya que tienen la posibilidad de manipular de forma activa figuras geométricas en contextos digitales.

Una de las ventajas más sobresalientes del empleo de la RV en la enseñanza es su habilidad para incrementar el interés de los alumnos. De acuerdo con Yarin y Gamarra (2023), los estudiantes que usaron geometría descriptiva en un estudio evidenciaron más entusiasmo, más participación y mejores resultados en las pruebas de comprensión que aquellos que no la emplearon. Por lo tanto, los escritores sostienen que esta motivación se alcanza parcialmente porque los alumnos ya están acostumbrados a las tecnologías digitales en su vida cotidiana, así que la inclusión de herramientas parecidas en el aula despierta más interés.

Chóez y Paula (2024) respaldan este punto de vista sobre el tema en cuestión, señalando que los alumnos de la universidad tienen una percepción positiva del empleo de la RV en su formación. Esta tecnología, además de mejorar la comprensión de los contenidos, promueve el

trabajo en equipo, la participación activa y la interacción en tiempo real. Además, sostienen que este instrumento posibilita la repetición de los ejercicios tantas veces como se requiera sin peligro alguno, lo cual contribuye a fortalecer el aprendizaje, en particular al tratar temas geométricos complicados como los polígonos compuestos o irregulares.

A pesar de estas dificultades, la RV continúa fortaleciéndose como un método innovador. El aprendizaje activo se ve potenciado con la realidad virtual, a diferencia de las técnicas tradicionales, en las que los alumnos aprenden mediante ejercicios escritos y clases magistrales. En un ambiente simulado que replica la realidad, los estudiantes interactúan, exploran, cometen errores y los corrigen. Este enfoque posibilita el desarrollo de capacidades que van más allá de las meramente intelectuales, como la capacidad de resolver problemas, pensar críticamente y ser creativo.

Esta herramienta brinda beneficios extra desde el punto de vista del aprendizaje sobre los polígonos. Los alumnos tienen la oportunidad de ver cómo las características de los polígonos se transforman cuando sus lados o ángulos cambian, o cómo interactúan con otras figuras espaciales gracias a la RV. Además, tienen la capacidad de analizar las rotaciones, simetrías y traslaciones. Estos conceptos, que tienden a ser abstractos y difíciles de comprender sin apoyo visual (Gómez-Vargas, Medel-Esquivel & García-Salcedo, 2018).

Esta tecnología, además, se ajusta a distintos estilos de aprendizaje. Por ejemplo, los alumnos que aprenden más eficazmente a través de imágenes tienen la posibilidad de utilizar la visualización en tres dimensiones; los estudiantes más prácticos pueden manejar figuras con controladores; y aquellos que son más reflexivos pueden examinar escenarios libremente para encontrar relaciones por sí mismos. Esta capacidad de adaptarse hace que la realidad virtual sea una herramienta inclusiva, eficaz para abordar la diversidad en el aula (Chóez & Paula, 2024).

La evidencia también indica que la RV no debe sustituir al profesor, sino complementarlo. El papel del docente continúa siendo fundamental para orientar el proceso de aprendizaje, plantear preguntas importantes y promover la reflexión. Según el estudio de Lerma et al. (2020, mencionado en Chóez & Paula, 2024), la intención detrás del uso de la realidad virtual y el diseño didáctico que lo respalda determinan su valor pedagógico.

Los análisis previos indican que la RV es una de las metodologías más prometedoras para revolucionar el modo de enseñar temas geométricos, como los polígonos. Su habilidad para brindar experiencias inmersivas, impulsar la participación activa y adecuar los contenidos a lo que requieren los alumnos, la hace una socia relevante en el camino hacia una educación más moderna y significativa. A pesar de que todavía hay obstáculos por vencer, como la capacitación del profesorado y el acceso, su implementación en el aula supone una oportunidad para introducir innovaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Curio XR como herramienta específica para la educación

Curio XR es una plataforma de realidad virtual (RV) que se puede utilizar sin costo alguno, diseñada para ser usada en entornos educativos y que funciona con aparatos como Meta Quest 3 y Meta Quest 2. Su objetivo primordial es brindar experiencias de aprendizaje inmersivas que posibiliten que los alumnos examinen conceptos desde un enfoque tridimensional, estimulando un aprendizaje dinámico y visual en áreas como la química, la biología, la geometría y la anatomía (Curio XR, s.f.). Su interfaz accesible e intuitiva permite que alumnos de diferentes niveles educativos la usen sin requerir una formación técnica previa. Entre sus funciones más importantes se encuentran el seguimiento manual, la cooperación en tiempo real y un asistente de inteligencia artificial, instrumentos que favorecen la autonomía del alumno y hacen más fácil la mediación pedagógica del profesor.

Varios estudios han evidenciado las posibilidades educativas de Curio XR en contextos académicos y de formación superior. Por ejemplo, en la Universidad del Este de Washington se utilizó la herramienta para tutorías de química y anatomía, lo cual posibilitó que los alumnos trabajaran con representaciones tridimensionales tanto del cuerpo humano como de estructuras moleculares. La motivación y la retención de conocimiento aumentaron, además de que se produjo una mejora notable en la comprensión visual y espacial de los contenidos, según los resultados del proyecto (Curio XR, 2023). Además, según los estudios realizados por Chen, Huang y Liu (2023) en el *Journal of Educational Computing Research*, los entornos inmersivos como Curio XR permiten una mejor comprensión de conceptos abstractos en ciencias porque generan un vínculo entre la experiencia sensorial y la representación conceptual de los fenómenos analizados.

En *Computers & Education Open*, Reyes y Huang (2024) examinaron el efecto de Curio XR en la educación universitaria de arquitectura. Los entornos colaborativos de realidad virtual aumentan la comprensión de estructuras espaciales y geométricas, como lo evidenciaron los resultados; se resalta que estos espacios permiten rotar, ampliar y descomponer modelos tridimensionales, lo cual es un beneficio en comparación con la educación bidimensional tradicional. No obstante, este mismo estudio indica que el empleo de Curio XR se ha enfocado en los niveles más altos de educación y en materias de índole técnica o científica, como medicina, ingeniería y diseño. Esto demuestra que existe una falta de investigación sobre su uso pedagógico en la educación básica y media, particularmente en relación con el aprendizaje de las matemáticas.

En cuanto a la geometría, la realidad virtual ha demostrado ser muy beneficiosa para el desarrollo de habilidades de razonamiento lógico y espacial. Según las investigaciones más recientes, los alumnos que estudian geometría a través de entornos virtuales tienen una habilidad de visualización, análisis y deducción superior a la de aquellos que utilizan métodos convencionales. En la investigación, se acepta la validez de los variados resultados científicos evaluados; no obstante, se ha comprobado que no existen investigaciones que combinen el empleo

del Curio XR con los niveles de razonamiento geométrico de Van Hiele al enseñar polígonos regulares, lo cual podría mejorar el avance gradual de los alumnos en la identificación, descripción, categorización y deducción de polígonos. Este vacío epistémico evidencia la necesidad de investigaciones que combinen la dimensión tecnológica de la RV con modelos pedagógicos de desarrollo cognitivo, lo cual ayuda a justificar la necesidad del estudio.

En esta línea, el presente estudio proporciona un nuevo enfoque pedagógico para la enseñanza y el aprendizaje de este contenido mediante la utilización de Curio XR en el proceso de aprender sobre polígonos regulares en alumnos del décimo año de Educación General Básica, que es una fase intermedia de desarrollo del pensamiento geométrico según el modelo de Van Hiele.

En tanto que las investigaciones anteriores con Curio XR han estado centradas en la educación superior, esta propuesta extiende su aplicación a la educación básica, lo cual valida su relevancia para el desarrollo de la deducción lógica de propiedades de figuras, la visualización geométrica y el razonamiento espacial. Por lo tanto, este estudio no solo muestra que es posible incluir Curio XR en entornos educativos, sino que también ayuda a cubrir una falta de información en la literatura científica sobre el uso de realidad virtual para la enseñanza de geometría elemental.

Sistema de actividades

Un sistema de actividades es una serie de acciones organizadas, estructuradas y conectadas que se llevan a cabo para alcanzar metas educativas con un inicio y un final (Herver et al., 2022). En el ámbito de la geometría, varios estudios recientes han evidenciado que la eficacia de estas secuencias depende tanto de su coherencia interna como de su correspondencia con modelos cognitivos como el propuesto por Van Hiele. Por ejemplo, Yi, Flores y Wang (2020) demostraron que si las actividades se diseñan con base en los niveles de razonamiento geométrico: reconocimiento, análisis, clasificación y deducción, el progreso conceptual de los alumnos es más significativo y duradero. (García-Peñalvo, 2021) reportó resultados parecidos. Este investigador demostró que las actividades secuenciales realizadas a través de herramientas digitales favorecen la transición entre los niveles de pensamiento geométrico. Esa organización secuencial posibilita la estructuración del concepto geométrico en fases progresivas, en las que cada tarea se transforma en un vínculo hacia un nivel de razonamiento más alto. En este nivel, no solo se coordinan ejercicios; además, se incorporan metas, estrategias metodológicas, recursos y criterios de evaluación formativa que aseguran la consistencia y la continuidad del proceso educativo. Su objetivo es prevenir que se divida el conocimiento, orientando al alumno a través de una secuencia lógica en la que cada actividad se basa en la anterior y prepara la próxima etapa del aprendizaje.

Se sabe que, en la didáctica contemporánea, los sistemas de actividades tienen un mayor impacto al incorporar herramientas tecnológicas que favorecen la interacción y la experimentación. Los alumnos pueden involucrarse en experiencias de aprendizaje activas, significativas e inmersivas gracias a la incorporación de tecnologías emergentes, entre ellas la

realidad virtual (RV). Ponte, Viseu, Neto y Aires (2023) afirman que el pensamiento espacial, la comprensión de las propiedades geométricas y la motivación para aprender se ven beneficiadas significativamente cuando los alumnos emplean materiales manipulables para investigar, crear y manipular figuras geométricas en un proceso que va desde la observación hasta la construcción concreta. Esto ocurre porque no solo son capaces de visualizar dichas figuras, sino también de entender sus características de forma tangible.

El modelo de Van Hiele es una guía fundamental para crear sistemas de actividades en el campo geométrico, ya que propone niveles de razonamiento que avanzan. Solo a través de una secuencia metódica con acciones pedagógicas coherentes y deliberadas se puede colaborar con la adecuada enseñanza y aprendizaje de los polígonos regulares. Los alumnos son capaces de progresar con más firmeza en la comprensión de los conceptos geométricos cuando las actividades se organizan siguiendo el orden cognitivo establecido en ese modelo. De manera general se comprende que un sistema de actividades constituye una metodología flexible y organizada que ayuda a orientar el aprendizaje geométrico a través de secuencias de tareas interdependientes, las cuales pueden potenciarse mediante el uso de tecnologías inmersivas como es el caso del Curio X de la plataforma RV.

METODOLOGÍA

A través de una metodología cuasi-experimental, se compararon los resultados de un grupo de control, que recibió instrucción tradicional, y un grupo experimental, que utilizó un sistema de actividades que se apoyan en el software Curio XR de realidad virtual como recurso didáctico. El estudio tiene como objetivo valorar los resultados alcanzados en el aprendizaje de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año de la educación general básica de Ecuador.

Se empleó el software estadístico Jamovi para el procesamiento de los datos, aplicándose la prueba estadística inferencial t de Student con el propósito de comparar los resultados de aprendizaje obtenidos antes y después de la intervención. Para ello, se utilizaron instrumentos de pretest y postest que permitieron valorar de manera objetiva los cambios producidos a partir de la implementación del sistema de actividades apoyado en la realidad virtual. Esto permitió asegurar los datos obtenidos desde un punto de vista cuantitativo. Desde el enfoque cualitativo, se analizó la forma en que los estudiantes interactuaron con los contenidos y las tecnologías aplicadas, especialmente el uso de la plataforma Curio XR como recurso para el aprendizaje de los polígonos.

Los alumnos de décimo año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Buena Esperanza constituyeron la población estudiada; esta unidad se compone de dos paralelos y cuenta con 69 estudiantes en total. Los dos grupos contaban con rasgos similares en términos de organización, contexto y academia, lo que posibilitó su inclusión en una misma población objetivo. La fórmula de población finita fue utilizada para calcular el tamaño de la muestra,

tomando en cuenta un margen de error del 5 % y un nivel de confianza del 90 %. Se logró así una cifra cercana a 34 alumnos.

Para estimar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula estadística para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Donde:

- $N = 69$ (población total)
- $Z = 1.64$ (nivel de confianza del 90%)
- $p = 0.5$ (proporción esperada)
- $e = 0.05$ (margen de error)

Como el paralelo B tenía exactamente esa cantidad de alumnos, se optó por trabajar con todos ellos, destacando aspectos positivos como la accesibilidad, la estabilidad académica y la disposición para involucrarse en el proceso de investigación científica. Además, se contaba con los recursos tecnológicos requeridos para implementar la realidad virtual.

En el diseño cuasiexperimental, se dividieron los 34 alumnos del paralelo B en dos grupos de 17 miembros cada uno: un grupo experimental, que empleó la plataforma de realidad virtual Curio XR para llevar a cabo las actividades; y otro de control, que utilizó procedimientos convencionales. Esta división equilibrada permitió comparar los resultados entre ambos enfoques de enseñanza y analizar el impacto real del uso de la tecnología inmersiva en el aprendizaje de los polígonos regulares.

Al aplicar el paralelo completo como muestra, se logró que el grupo fuera homogéneo, disminuir las variables externas y hacer posible la ejecución del experimento sin modificar el funcionamiento académico del otro paralelo. Así, se alcanzó un margen de error cercano al 5 %, una confianza del 90 % y una representatividad suficiente de la población total (69 alumnos), lo cual reforzó la validez interna y la consistencia estadística del estudio.

Se usaron criterios de inclusión, tomando en cuenta a los alumnos inscritos en el paralelo escogido, que asistían regularmente a clases y estaban dispuestos a participar en las actividades. Los estudiantes que presentaban limitaciones o faltas de asistencia continuas que les dificultaban el uso de dispositivos de realidad virtual fueron eliminados como criterios de exclusión.

Las cuatro fases que se describen a continuación marcaron el proceso de investigación:

Primera etapa: Diagnóstico inicial mediante pretest

Se llevó a cabo un pre-test en la primera fase con el objetivo de determinar el grado de conocimientos previos que tienen los alumnos del paralelo B acerca de los polígonos regulares. Este fue construido basándose en dos dimensiones complementarias: la metacognición y la cognición. La primera contenía preguntas dirigidas a evaluar lo que los alumnos dominaban conceptualmente y procedimentalmente; en relación con la determinación, clasificación y el cálculo de propiedades de los polígonos. La segunda parte tuvo en cuenta factores vinculados con

la autoevaluación, el análisis del proceso de aprendizaje propio y la capacidad de tomar decisiones al abordar problemas matemáticos.

El cuestionario se ponderó en una escala de 30 puntos para la parte cognitiva y 10 puntos para la metacognitiva, lo que suma un total de 40 puntos. Esta última cifra fue normalizada posteriormente en una escala de diez. Esta estructura posibilitó una perspectiva integral del aprendizaje, porque se evaluó no solamente el conocimiento adquirido, sino también la conciencia que los alumnos desarrollaron en relación a sus métodos de razonamiento y estrategias de elementos esenciales: el cognitivo, relacionado con la comprensión de ideas geométricas como clasificación, propiedades y vínculos entre polígonos; y el metacognitivo, centrado en lo capaz que son los estudiantes para reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje, organizar tácticas y regular autónomamente su rendimiento.

Segunda etapa: Elaboración del sistema de actividades

Con el propósito de garantizar la calidad metodológica, la validez de contenido y la pertinencia pedagógica del sistema de actividades o anexo 1, previo a su implementación, se desarrolló un proceso de validación mediante juicio de especialistas. Para este fin, se diseñó un instrumento específico de validación estructurado en seis dimensiones: coherencia teórica con el modelo de Van Hiele, pertinencia pedagógica y curricular, integración didáctica de la plataforma Curio XR, calidad didáctica de las actividades, validez cognitiva y metacognitiva, y viabilidad operativa para su aplicación en el contexto escolar.

El instrumento empleó una escala tipo Likert de cinco niveles, que permitió recoger valoraciones cuantitativas y observaciones cualitativas orientadas a evaluar la consistencia interna del sistema, la claridad de los objetivos, la secuencia de las actividades y su adecuación al nivel educativo de los estudiantes. Asimismo, se consideró la integración de componentes metacognitivos como un elemento relevante para valorar la autorregulación del aprendizaje durante el estudio de los polígonos regulares.

Los especialistas participantes contaban con formación en educación matemática, didáctica de la geometría y tecnologías aplicadas a la educación, además de experiencia docente o investigativa en educación básica. A cada uno se le solicitó realizar una valoración integral del sistema de actividades, atendiendo a la correspondencia entre objetivos, actividades y resultados esperados; la progresión entre los niveles de razonamiento geométrico; la pertinencia del uso de la realidad virtual como recurso pedagógico; y la factibilidad de implementación en un entorno escolar real.

Este proceso de validación permitió asegurar que el sistema de actividades diseñado posee coherencia teórica, rigor didáctico y viabilidad práctica, constituyéndose en una base metodológicamente sólida para su aplicación en el grupo experimental y para la evaluación del impacto de la intervención en el aprendizaje de los polígonos regulares.

De este modo, se fortaleció la fiabilidad del diseño cuasiexperimental y se respaldó la pertinencia del sistema de actividades como herramienta para valorar el impacto de la realidad virtual, mediada por Curio XR, en el aprendizaje geométrico de estudiantes de décimo año.

Tercera etapa: Intervención Pedagógica

Se llevó a cabo la intervención pedagógica que corresponde al diseño cuasiexperimental que se utilizó en el estudio, cuya evidencia aparece en el anexo 2, La metodología abarcó la elección de los grupos de trabajo, que estaban compuestos por dos paralelos de igual nivel educativo. A lo largo del desarrollo de la intervención, se realizaron seis sesiones de clase organizadas según las etapas del modelo de Van Hiele. Estas sesiones orientaron el avance cognitivo de los alumnos desde la identificación visual de los polígonos, hasta la deducción lógica de sus relaciones geométricas, pasando por la descripción informal y la categorización formal en función de sus propiedades (ángulos, lados y simetrías). RV facilitó la interacción directa con figuras en tres dimensiones, el análisis desde diversas perspectivas y la experimentación activa durante este proceso. Estas características contribuyeron a mejorar las habilidades de razonamiento geométrico y de comprensión espacial.

Por otro lado, el grupo de control utilizó la metodología convencional para trabajar los mismos contenidos: explicaciones en la pizarra y ejercicios en cuadernos, sin recurrir a herramientas tecnológicas inmersivas. Durante dos semanas seguidas, y en condiciones controladas para asegurar la equidad en el tiempo de exposición y en los contenidos impartidos, tuvo lugar la intervención.

En esta etapa también se recopilaron observaciones cualitativas relacionadas con la participación, la motivación y las tácticas cognitivas que los alumnos utilizan. Estas pruebas contribuyeron al análisis cuantitativo, lo que posibilitó una evaluación más completa sobre cómo la realidad virtual influye en la enseñanza de los polígonos regulares y el desarrollo del pensamiento geométrico.

Cuarta etapa: Evaluación final mediante postest

El pos-test se aplicó a los dos grupos participantes en la fase de evaluación para estimar el impacto de la intervención pedagógica aplicada al grupo experimental. Se utilizó el mismo instrumento de pretest para asegurar la coherencia entre las mediciones. Esto contribuyó a que las comparaciones entre los dos periodos fueran más relevantes, previniendo modificaciones que pudiesen influir en los resultados reales de la intervención, provocadas por la variabilidad derivada de las diferencias en los instrumentos.

Asimismo, esta fase posibilitó la comparación entre los resultados obtenidos y los del grupo de control, lo que permitió determinar diferencias notables en las variables analizadas. Evaluar la efectividad de la propuesta y comprobar el logro de los objetivos establecidos en el estudio fueron elementos esenciales del análisis de los datos posteriores a la intervención.

La comparación de los resultados permitió evaluar la eficacia de la propuesta y establecer las distinciones relevantes entre el grupo experimental y el grupo de control, corroborando así que la realidad virtual tiene un efecto en el aprendizaje sobre polígonos.

Con el fin de garantizar la validez de contenido, la coherencia pedagógica y la pertinencia evaluativa de los instrumentos de medición, el pretest y el postest fueron sometidos a un proceso de validación mediante juicio de especialistas. Ambos instrumentos se diseñaron para evaluar el aprendizaje de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año, integrando los componentes cognitivo y metacognitivo y respetando la progresión de los niveles de razonamiento geométrico del modelo de Van Hiele.

El instrumento utilizado para el pretest y el postest fue sometido a un proceso de validación por juicio de especialistas, como parte del rigor metodológico del estudio. Esta validación estuvo dirigida a profesionales del área de educación matemática, didáctica de la geometría e investigación educativa, con experiencia docente o investigativa en el nivel de Educación General Básica. En la primera sección del instrumento se recopilaron los datos generales de cada especialista, lo que permitió contextualizar sus valoraciones en función de su formación académica y trayectoria profesional.

El procedimiento de validación se estructuró mediante una escala tipo Likert de cinco niveles, que varió desde “deficiente” hasta “excelente”, y se organizó en dimensiones coherentes con los objetivos y el diseño metodológico de la investigación. La primera dimensión evaluó la pertinencia del contenido del instrumento y su correspondencia con los objetivos del estudio. La segunda dimensión analizó la coherencia de los ítems con los niveles del modelo de Van Hiele, considerando el reconocimiento visual, el análisis, la clasificación y la deducción, así como la adecuación del nivel de dificultad al grado de décimo año. La tercera dimensión se centró en la calidad técnica del instrumento, valorando la claridad en la redacción de los ítems, la precisión de las instrucciones y la extensión general de la prueba, garantizando su aplicabilidad en el contexto escolar.

La cuarta etapa permitió valorar la validez del componente cognitivo, verificando la evaluación de la comprensión conceptual, las propiedades formales de los polígonos regulares y el razonamiento geométrico. La quinta dimensión examinó la validez del componente metacognitivo, considerando la reflexión del estudiante sobre su proceso de aprendizaje, la identificación de estrategias y el monitoreo de errores.

El instrumento concluyó con una valoración global, en la que los especialistas emitieron un juicio integral sobre la calidad del pretest y postest y recomendaron su aprobación. Este proceso aseguró que los instrumentos de evaluación fueran pertinentes, coherentes con el marco teórico y adecuado para medir de manera válida y confiable los aprendizajes alcanzados tras la intervención con Curio XR. El instrumento validado del instrumento por parte de los especialistas se encuentra disponible para su consulta en el siguiente enlace: [Instrumentos de validación](#)

RESULTADOS

Resultados del pretest: diagnóstico inicial

El pretest permitió identificar el nivel de conocimientos previos sobre polígonos regulares tanto en el grupo control como en el grupo experimental. Las medias obtenidas, representadas en la tabla 1, evidenciaron que ambos grupos iniciaron en condiciones académicas equivalentes, lo cual garantiza la validez comparativa del estudio y permite atribuir los cambios posteriores a la intervención educativa.

Tabla 1

Resultados del pretest en los grupos control y experimental

Componente evaluado	Grupo Control (n=17)	Grupo Experimental (n=17)
Cognitivo (sobre 30)	12,06	12,24
Metacognitivo (sobre 10)	4,78	4,85
Nota final (sobre 10)	4,26	4,31

Los resultados muestran que ambos grupos presentaron puntuaciones muy similares: 12,06 vs. 12,24 en el componente cognitivo y 4,78 vs. 4,85 en el metacognitivo. En la nota final sobre 10 puntos, la diferencia fue mínima (4,26 y 4,31), evidenciando que los estudiantes se encontraban en condiciones comparables antes de la intervención.

El análisis cualitativo del rendimiento mostró problemas concretos: confusión para diferenciar entre polígonos regulares e irregulares, equivocaciones al identificar propiedades (ángulos, simetría, regularidad) y dificultades para argumentar por qué una figura es un polígono regular. Estas restricciones se relacionan con los primeros niveles del modelo de Van Hiele, en particular con la transición entre el nivel visual y el analítico, lo que motivó la necesidad de un sistema de actividades estructuradas para fomentar el progreso cognitivo.

Sistema de actividades

Con base en los resultados del diagnóstico inicial, se llevó a cabo el diseño de un sistema de actividades que utiliza la plataforma de Curio XR orientado hacia el aprendizaje de los polígonos regulares. Este constituye el eje central de la intervención pedagógica desarrollada en esta investigación. Fue diseñado a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial (pretest) y se fundamenta teóricamente en el modelo de Van Hiele para el desarrollo del pensamiento geométrico, integrado con el uso de la plataforma de realidad virtual Curio XR como recurso didáctico mediador. El sistema se estructuró en seis períodos de clase secuenciales, cuyo propósito fue guiar progresivamente a los estudiantes desde el reconocimiento visual de los polígonos regulares hasta la deducción lógica inicial y la reflexión metacognitiva sobre su propio proceso de aprendizaje. Cada período fue planificado con objetivos claros, actividades específicas y resultados esperados, asegurando coherencia entre las fases del modelo teórico asumido y las posibilidades pedagógicas del entorno inmersivo. De esta manera, permitió articular actividades

de exploración, descripción informal, clasificación por propiedades, aplicación práctica y reflexión metacognitiva, favoreciendo tanto el desarrollo cognitivo como la autorregulación del aprendizaje en geometría.

Cada fase fue concebida para facilitar el tránsito gradual de los estudiantes desde el reconocimiento visual de las figuras hasta la deducción lógica y la reflexión metacognitiva, respondiendo a las exigencias del nivel educativo de décimo año.

La concepción de esas actividades se encuentra incorporadas en el anexo 2.

Las valoraciones cuantitativas obtenidas por los especialistas, en relación con el sistema de actividades, reflejaron una aceptación del 100 % en las categorías “muy adecuado” y “adecuado” en criterios como pertinencia curricular, secuenciación lógica, claridad de instrucciones, integración pedagógica de la tecnología, viabilidad de aplicación en el contexto escolar y contribución al desarrollo del pensamiento geométrico y metacognitivo. En su conjunto, estos resultados evidencian que el sistema de actividades y los instrumentos de evaluación presentan coherencia metodológica, validez de contenido y pertinencia pedagógica, fortaleciendo la fiabilidad del estudio y la rigurosidad del diseño cuasiexperimental adoptado.

Resultados del post-test: Tras la intervención

Se realizó el post-test para evaluar la influencia de la intervención después de implementar el sistema de actividades en el grupo experimental y conservar el método tradicional en el grupo control. Los datos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Resultados del postest en los grupos control y experimental

Componente evaluado	Grupo Control (n=17)	Grupo Experimental (n=17)
Cognitivo (sobre 30)	16,00	22,47
Metacognitivo (sobre 10)	8,76	9,59
Nota final (sobre 10)	6,19	8,01

Los hallazgos del postest revelan distinciones claras que benefician al grupo experimental. En la parte cognitiva, los alumnos que utilizaron el sistema de actividades en Curio XR lograron 22,47 puntos, en comparación con los 16,00 del grupo control; esto demuestra un avance en la identificación, categorización y evaluación de las características de los polígonos regulares. En el componente metacognitivo, a pesar de que la diferencia es más pequeña (9.59 frente a 8.76), el grupo experimental demostró también una mayor habilidad para reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje, lo cual concuerda con la naturaleza exploratoria e interactiva de las tareas en RV. Estas tendencias fueron corroboradas por la calificación final, que se dio sobre 10 puntos: el grupo experimental alcanzó un promedio de 8,01, lo que representa cerca de dos puntos más que el grupo control (6,19). Este aumento demuestra que la intervención tuvo éxito en el abordaje de una gran parte de los problemas detectados en el pretest, especialmente aquellos vinculados con la clasificación formal, la identificación de propiedades y la justificación de regularidad. Se

usó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en Jamovi Tabla 2, Tabla 3 para validar la solidez de estas discrepancias. Sus resultados ($W = 0,910$; $p = 0,100$) confirmaron que los datos tenían una distribución normal y, por lo tanto, era apropiado emplear la prueba t de Student para muestras pareadas. Con 16 grados de libertad y un nivel de significación $p < .001$, el estudio mostró un valor $t = -5,08$, lo que significa que las diferencias detectadas tienen relevancia estadística. Estos resultados se ilustran en la tabla 3.

Tabla 3

Prueba t para Muestras Pareadas

			estadístico	gl	p
PRE-TEST	POST-TEST	T de Student	-5.08	16.0	<.001

Tabla 4

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

			W	p
PRE-TEST	-	POST-TEST	0.910	0.100

Para verificar si las disparidades detectadas entre el pretest y el post-test en el grupo experimental eran estadísticamente relevantes, se utilizó la prueba t de Student para muestras pareadas en el software Jamovi, su objetivo es establecer si existe una diferencia considerable en el desempeño después de implementar la intervención.

Antes de realizar este análisis, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar si los datos eran normales. Los resultados ($W = 0,910$; $p = 0,100$) mostraron que los datos se distribuyen normalmente, así que era apropiado aplicar la prueba t. El análisis comparativo entre las mediciones del pretest y el post-test dio como resultado un valor $t = -5,08$ con 16 grados de libertad y un nivel de significancia $p < .001$. Esto indica que la diferencia entre ambas mediciones no es aleatoria, sino que se debe al impacto real de la intervención.

La implementación del sistema de actividades basado en la plataforma Curio XR llevó a una mejora notable de los alumnos, según estos resultados. Esto se evidencia a través del aumento de las habilidades cognitivas que tienen que ver con la deducción, clasificación e identificación de propiedades de los polígonos regulares. Asimismo, se notaron avances en la autorregulación y la reflexión sobre el aprendizaje personal, elementos fundamentales del ámbito metacognitivo. La prueba t de Student hizo posible validar estadísticamente la eficacia de la propuesta, evidenciando que el uso de realidad virtual dentro de un sistema de actividades ordenadas conforme al modelo de Van Hiele generó diferencias relevantes en el aprendizaje geométrico en comparación con el método convencional.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio demuestran que la integración de RV a través de la plataforma Curio XR tiene un efecto beneficioso en el aprendizaje de los polígonos regulares, sobre todo si las actividades se planifican siguiendo una secuencia didáctica estructurada según el modelo Van Hiele. Que las calificaciones entre el pretest y el pos-test hayan aumentado de manera significativa muestra que los alumnos mejoraron en sus niveles de razonamiento geométrico: desde el reconocimiento visual hasta la deducción lógica y la clasificación, lo cual se alinea con los postulados de Van Hiele (1986) y con investigaciones actuales sobre la eficacia de las metodologías centradas en la visualización espacial y la exploración activa (Açıkgül, 2021; Bernabeu et al., 2024).

La afirmación de Xie, Wang y Li (2023), quienes comprobaron que los ambientes virtuales en tres dimensiones promueven el entendimiento de la geometría porque posibilitan observar las figuras desde diversas perspectivas y manipularlas libremente. El empleo de Curio XR en esta investigación permitió que los alumnos interactuaran con polígonos regulares en un ambiente inmersivo, determinaran sus propiedades y establecieran relaciones espaciales más claramente que usando métodos tradicionales. Además, Lampropoulos, Apostolakis y Giannakos (2024) indicaron que tanto la motivación como la concentración son elementos cruciales para mantener aprendizajes significativos en experiencias de realidad virtual educativa; se vio que estos factores aumentaron.

La capacidad de los alumnos para reflexionar sobre su proceso de aprendizaje fue un indicativo del avance en las competencias metacognitivas, lo cual es otro elemento importante. Este hallazgo concuerda con lo que Yang et al. (2024) informaron; ellos enfatizan que la realidad virtual fomenta el pensamiento crítico y la autorregulación, ya que posibilita que los estudiantes exploren, experimenten y comprueben sus propias hipótesis en un entorno digital. En este sentido, el sistema de actividades que se ideó no solo fomentó la obtención de conocimientos sobre geometría, sino también el desarrollo de competencias transversales relacionadas con el aprendizaje autónomo y en colaboración.

No obstante, los resultados también mostraron retos importantes. Algunos alumnos presentaron problemas al usar los controles del dispositivo Oculus Quest 2 y episodios ligeros de desorientación visual durante la intervención, lo cual es consistente con las conclusiones de Daugherty et al. (2025) acerca de las limitaciones técnicas y fisiológicas que trae consigo el uso extenso de la realidad virtual. Estos puntos resaltan la importancia de brindar formación previa a alumnos y profesores, además de planificar sesiones cortas con pausas, para asegurar una experiencia pedagógica eficaz y segura.

Con respecto a la evaluación de los resultados comparativos, se observó que las mayores dificultades del grupo control estaban relacionadas con la deducción de propiedades geométricas

y con la clasificación formal de polígonos, lo que sugiere que el modelo de Van Hiele se mantuvo en sus niveles iniciales. En cambio, los alumnos que intervinieron en el ambiente de Curio XR pudieron progresar a niveles más altos de razonamiento gracias a su capacidad para experimentar de manera activa con las figuras, medir lados y ángulos virtualmente y debatir en colaboración sus observaciones. Esto confirma que es importante organizar las actividades de aprendizaje conforme a una progresión cognitiva lógica, como lo proponen Prasetyowati y Achmad Buchori (2023) y Crowley (1987).

El estudio proporciona, además, pruebas empíricas en el caso de Ecuador, donde la integración de tecnologías inmersivas en el currículo de matemáticas todavía es escasa a pesar del mandato constitucional que establece la incorporación de las TIC en la educación (Constitución de la República del Ecuador, 2008). La práctica adquirida evidencia que, a pesar de contar con recursos limitados, se puede implementar la realidad virtual como un instrumento pedagógico factible, siempre y cuando esté basada en un diseño educativo robusto y sea coherente con las metas del currículo.

CONCLUSIONES

El diagnóstico inicial, realizado a través del pretest, permitió identificar dificultades recurrentes en la identificación, clasificación y análisis de polígonos regulares, así como limitaciones en los procesos metacognitivos asociados al aprendizaje de la geometría. Estos resultados justificaron el diseño del sistema de actividades y aseguraron condiciones iniciales comparables entre los grupos de estudio.

El sistema de actividades elaborado con apoyo de Curio XR respondió de manera pertinente a las necesidades detectadas, integrando actividades secuenciadas que promovieron tanto el desarrollo cognitivo como metacognitivo de los estudiantes.

La implementación del sistema de actividades en el grupo experimental evidenció mejoras significativas en comparación con el grupo que trabajó con metodología tradicional. La experiencia virtual favoreció el tránsito progresivo de los estudiantes por los niveles de reconocimiento visual, análisis, clasificación y deducción lógica, reforzando

Los resultados obtenidos con la aplicación del postest confirman que el uso de tecnologías inmersivas cuando se integran de forma pedagógicamente planificada, constituye un recurso válido para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación básica y contribuir al desarrollo del pensamiento matemático.

Los resultados obtenidos con la prueba t de Student permitió validar estadísticamente la eficacia de la propuesta, evidenciando que el uso de realidad virtual dentro de un sistema de actividades ordenadas conforme al modelo de Van Hiele genera diferencias relevantes en el aprendizaje geométrico en comparación con el método convencional.

La factibilidad de la propuesta fue corroborada mediante la valoración de especialistas, quienes destacaron su coherencia metodológica, su adecuación al currículo y su potencial para favorecer el pensamiento geométrico en el nivel educativo analizado.

REFERENCIAS

- Achmad Buchori, & Prasetyowati, D. (2023). Virtual reality-based virtual lab product development in developing students' spatial abilities using the Van Hiele theory approach. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(4). <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.04.05>.
- Açıkgül, K. (2022). Mathematics teachers' opinions about a GeoGebra-supported learning kit for teaching polygons. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(9), 2482–2503. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1895339>
- Advíncula-Clement, E., Beteta-Sala, M., León-Río, J., Torres-Céspedes, I., & Montes, M. (2022). Conocimiento especializado del profesorado de matemática en formación inicial acerca de los polígonos. *Uniciencia*, 36(1), 1–17. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.7>
- Bernabeu, M., Moreno, M., & Llinares, S. (2023). Polygon class learning opportunities: Interplay between teacher's moves, children's geometrical thinking, and geometrical task. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(6), 1381–1403. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10425-3>
- Chen, J., Fu, Z., Liu, H., & Wang, J. (2024). Effectiveness of virtual reality on learning engagement: A meta-analysis. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.334849>
- Chóez, H., Chóez, H., & Paula, M. (2025). La realidad virtual como herramienta educativa en la educación superior. *Polo del Conocimiento*, 9(9), 4376–4389. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i9.8701>
- Crowley, M. L. (1987). The Van Hiele model of the development of geometric thought. In *Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. xx–xx). NCTM.
- Daughrity, L., Walkington, C., & Sherard, M. (2025). From abstract to tangible: Leveraging virtual reality for playful math education. *Education Sciences*, 15(9), Article 1108. <https://doi.org/10.3390/educsci15091108>
- Fatihah, J. J., Sudirman, S., & Mellawaty, M. (2023). Improving geometric thinking skills through learning cycles assisted by interactive geometry books. *International Journal of Mathematics and Sciences Education*, 1(2), 81–85. <https://doi.org/10.59965/IJMSED.V1I2.74>.
- García-Peñalvo, F. J. (2021). Transformación digital en las universidades: Implicaciones de la pandemia de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, 22, Article e25465. <https://doi.org/10.14201/EKS.25465>
- Herver, G. A., Sánchez, A. L. R., Álvarez, L. E. G., & González, A. C. N. (2022). Diseño de una secuencia didáctica y su virtualización. *Revista Boletín Redipe*, 11(12), 64–68. <https://doi.org/10.36260/RBR.V11I12.1923>

- Higher Ed – Curio XR. (n.d.). *Higher education solutions*. Curio XR. Retrieved May 25, 2025, from <https://curioxr.com/higher-ed/>
- Jaramillo, M. L., Ordóñez, R. E. R., & Camacho, L. G. (2024). Beneficios y potencialidades educativas de la realidad virtual en instituciones de educación superior. *Revista de Investigación Científica TSE DE*, 7(1). <https://doi.org/10.60100/TSEDE.V7I1.185>
- Lin, X. P., Li, B. B., Yao, Z. N., Yang, Z., & Zhang, M. (2024). The impact of virtual reality on student engagement in the classroom: A critical review of the literature. *Frontiers in Psychology*, 15, Article 1360574. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1360574>
- Lutter, R., Zambrano, C., Romero, Y., Dávila, D., & Balarezo, B. (2023). Realidad virtual y aumentada en la educación superior: Experiencias inmersivas para el aprendizaje profundo. *Religación*, 8(37), Article e2301088. <https://doi.org/10.46652/RGN.V8I37.1088>
- Ma, H. L., Lee, D. C., Lin, S. H., & Wu, D. B. (2015). A study of Van Hiele levels of geometric thinking among first- through sixth-grade students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 1181–1196. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1412a>
- Mensah, J. (2023). Effectiveness of using GeoGebra in teaching and learning circle theorems on student-teachers' performance. *European Journal of Education Studies*, 10(11). <https://doi.org/10.46827/ejes.v10i11.5041>
- Mora, F. B., & Rodríguez, A. R. (2015). La teoría de Van Hiele: Niveles de pensamiento geométrico. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 3(5). <https://doi.org/10.29057/ICBI.V3I5.554>
- Moral-Sánchez, S. N., Sánchez-Compañía, M. T., & Albaladejo, I. R. (2023). Uso de realidad virtual en geometría para el desarrollo de habilidades espaciales. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 41(1), 125–147. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5442>
- Ponte, R., Viseu, F., Neto, T. B., & Aires, A. P. (2023). Revisiting manipulatives in the learning of geometric figures. *Frontiers in Education*, 8, Article 1217680. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1217680>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, Article 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Regivaldo, S. F., Rogério Aparecido, C. X., & Alex Sandro, R. A. (2021). Virtual reality as a tool for basic and vocational education. *Metaverse*, 2(1), Article 12. <https://doi.org/10.54517/met.v2i1.1801>

- Simbolon, K., Ditasona, C., & Setiawan, L. F. (2024). Improving mathematical understanding on geometry for 9th grade students through three-dimensional mathematics learning media based on virtual reality. *Brillo Journal*, 4(1), 59–75. <https://doi.org/10.56773/BJ.V4I1.71>
- Yang, C., Zhang, J., Hu, Y., Yang, X., Chen, M., Shan, M., & Li, L. (2024). The impact of virtual reality on practical skills for students in science and engineering education: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11(1), Article 28. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00487-2>
- Yarin Achachagua, Y. H., & Gamarra Chinchay, H. E. (2023). La realidad virtual y su efecto en la habilidad espacial: Un caso de estudio enfocado en la enseñanza de la geometría descriptiva. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 23(73). <https://doi.org/10.6018/RED.540091>
- Zhivkov Beremski, Z. (2021). *Análisis y propuesta didáctica para la enseñanza de la geometría de polígonos en la ESO* [Trabajo fin de máster, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/49692>

ANEXOS

ANEXO 1: SISTEMA DE ACTIVIDADES

Sistema de Actividades

El sistema de actividades combina el enfoque del modelo de Van Hiele con el trabajo en el entorno inmersivo con Curio XR. Está estructurado en 6 períodos, a partir de los cuales se logra el tránsito de los estudiantes desde el nivel de familiarización hasta la reflexión y evaluación metacognitiva de los estudiantes durante el aprendizaje de los polígonos regulares.

Los períodos, objetivos y actividades se presentan a continuación:

Periodo 1: Introducción y normas de uso de la RV

Objetivo: familiarizar a los estudiantes con las gafas Oculus Quest y la plataforma Curio XR.

Actividad: explicación guiada sobre el cuidado de los dispositivos, normas de seguridad, pausas recomendadas y reglas de interacción. Los estudiantes realizan un recorrido libre por un entorno de práctica.

Etapas de Van Hiele: *reconocimiento visual*. Los alumnos observan polígonos básicos proyectados en el entorno 3D, identificando diferencias a partir de la forma sin necesidad de definirlos formalmente.

Periodo 2: Observación activa de polígonos

Objetivo: estimular la percepción inicial de las figuras geométricas.

Actividad: mediante Curio XR, los estudiantes rotan, amplían y recorren modelos tridimensionales de polígonos, comparando entre regulares e irregulares.

Etapas de Van Hiele: *reconocimiento visual*. Los estudiantes distinguen los polígonos por su apariencia y comienzan a identificarlos en ejemplos prácticos.

Periodo 3: Descripción informal

Objetivo: fomentar el lenguaje espontáneo y la observación cualitativa.

Actividad: En parejas, los estudiantes exploran polígonos en RV y describen lo que ven con sus propias palabras (“este tiene lados iguales”, “este parece un cuadrado estirado”). El docente recopila las descripciones para luego relacionarlas con propiedades matemáticas.

Etapas de Van Hiele: *descripción informal*. Se promueve el uso de vocabulario no formal para dar sentido a las figuras antes de la clasificación rigurosa.

Periodo 4: Clasificación por propiedades

Objetivo: guiar al estudiante hacia un nivel más formal de comprensión.

Actividad: usando Curio XR, se presentan polígonos con diferentes propiedades (lados, ángulos, simetrías). Los alumnos clasifican las figuras en categorías, apoyándose en herramientas interactivas del software para medir y comparar.

Etapas de Van Hiele: *clasificación por propiedades.* Aquí los estudiantes comprenden las diferencias estructurales y comienzan a establecer criterios de agrupación.

Periodo 5: Aplicaciones prácticas en geometría

Objetivo: aplicar el conocimiento adquirido en contextos cercanos.

Actividad: resolución de retos en Curio XR, como calcular áreas y perímetros de polígonos proyectados en 3D, o construir figuras a partir de condiciones dadas. Se promueve el trabajo colaborativo en grupos pequeños.

Etapas de Van Hiele: *deducción lógica inicial.* Los estudiantes no solo reconocen y describen, sino que justifican por qué un polígono pertenece a cierta categoría y cómo se relacionan sus propiedades.

Periodo 6: Reflexión y evaluación metacognitiva

Objetivo: promover la autorregulación del aprendizaje.

Actividad: los estudiantes realizan un cuestionario dentro y fuera del entorno virtual que combina aspectos cognitivos (identificación y resolución de problemas geométricos) y metacognitivos (reflexión sobre cómo aprendieron en RV). Se incluyen discusiones guiadas sobre ventajas y dificultades.

Etapas de Van Hiele: *deducción lógica y consolidación.* Los estudiantes justifican soluciones y reflexionan sobre cómo su comprensión evolucionó desde el reconocimiento inicial hasta la deducción formal.

ANEXO 2: Evidencias de investigación

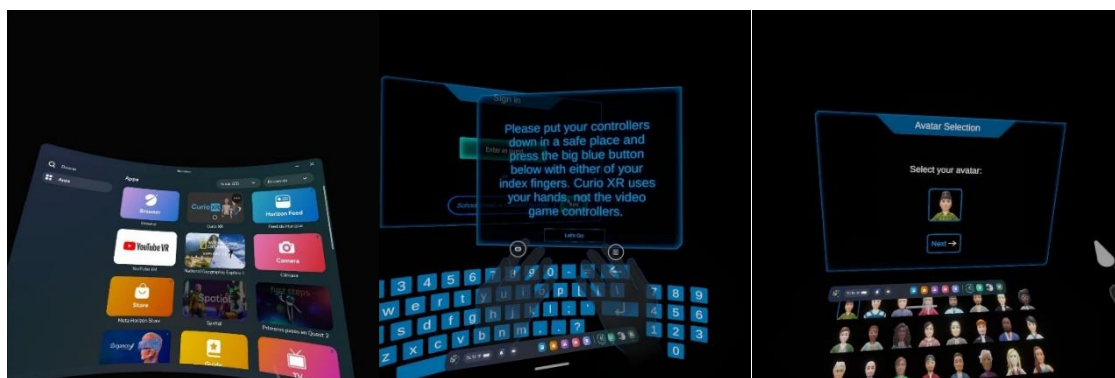
Evidencias del entorno virtual Curio XR

El presente anexo tiene como finalidad documentar el entorno virtual de aprendizaje desarrollado mediante la plataforma Curio XR, utilizado en la intervención educativa con estudiantes de décimo año de Educación General Básica. Se incluyen capturas directas obtenidas desde las gafas de realidad virtual Oculus Quest 2, las cuales permiten visualizar de manera precisa las actividades diseñadas para el aprendizaje de los polígonos regulares.

Estas evidencias muestran las diferentes fases del sistema de actividades, tales como la familiarización con el entorno virtual, la observación y manipulación tridimensional de figuras geométricas, la medición de lados y ángulos, así como tareas de clasificación y aplicación. Su inclusión permite corroborar la correspondencia entre el diseño didáctico propuesto, los niveles del modelo de Van Hiele y la experiencia inmersiva vivenciada por los estudiantes, garantizando la transparencia y replicabilidad de la intervención.

Figura 1

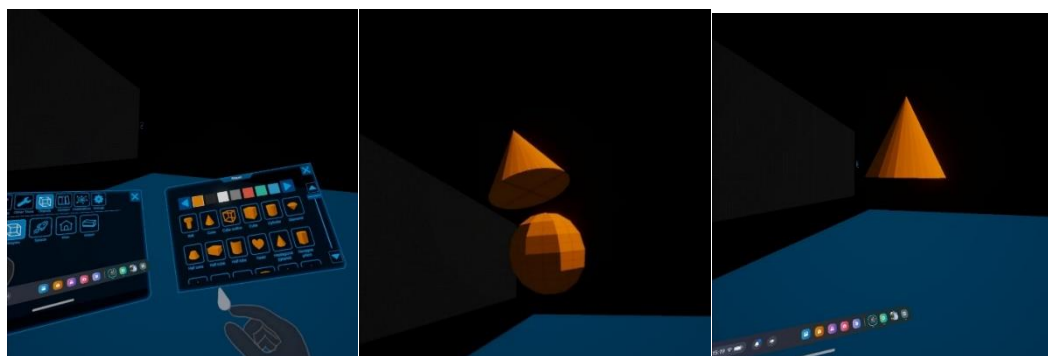
Etapa de Reconocimiento



Nota1: Familiarización con software Curio XR, creación de aula y selección de avatar.

Figura 2

Manipulación de Polígonos



Nota 2: Manipulación tridimensional de figuras geométricas, la medición de lados y ángulos, así como tareas de clasificación y aplicación

Las capturas directas del entorno virtual Curio XR evidencian que el sistema de actividades fue diseñado y ejecutado de manera coherente con los objetivos del estudio y con los niveles del

modelo de Van Hiele, lo que demuestra que la realidad virtual puede integrarse eficazmente como recurso didáctico para el aprendizaje de los polígonos regulares en estudiantes de décimo año. La visualización de las funciones de manipulación, medición y exploración tridimensional confirma la viabilidad técnica del uso de Curio XR en contextos educativos reales, permitiendo validar que la plataforma ofrece condiciones adecuadas para favorecer el razonamiento geométrico y la comprensión conceptual mediante experiencias inmersivas.

Evidencias de la implementación del sistema de actividades

Este anexo presenta un registro fotográfico de la implementación del sistema de actividades basado en la realidad virtual Curio XR, desarrollado con estudiantes del grupo experimental en la Unidad Educativa Buena Esperanza. Las imágenes fueron capturadas de forma externa durante las sesiones de intervención y evidencian el uso de las gafas Oculus Quest 2 en un contexto educativo:

Figura 1

Explicación de uso y funcionamiento



Nota 1: Docente explica el manejo de la herramienta tecnológica, e indica normas de uso y funcionamiento.

Figura 2



Nota 2: Estudiantes utilizando las gafas Oculus Quest 2, aplicando la propuesta pedagógica.

Figura 3

Uso de personas de cualquier edad



Nota3: El uso de las gafas lo puede hacer hombres, mujeres y personas adultas.

El registro fotográfico de la aplicación del sistema de actividades demuestra que la intervención fue viable desde el punto de vista operativo, ya que los estudiantes lograron interactuar con las gafas Oculus Quest 2 y desarrollar las tareas propuestas sin dificultades significativas, evidenciando la factibilidad de implementar la realidad virtual en el aula.

Las evidencias de participación activa y trabajo colaborativo reflejan que el uso de la realidad virtual generó un entorno de aprendizaje motivador y centrado en el estudiante, lo que respalda la aplicabilidad del sistema de actividades como una alternativa metodológica pertinente para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de la geometría en la educación básica.