

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS



Tesis

Implementación del aplicativo de realidad aumentada para el aprendizaje de geometría del espacio en la Institución Educativa N.º54009 “VILLA GLORIA”- 2024

Presentado por:

Denilson Demetrio Hilares Alvarez

Para optar el título de Ingeniero Informático y Sistemas

Abancay, Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS



TESIS

Implementación del aplicativo de realidad aumentada para el aprendizaje de geometría del espacio en la Institución Educativa N.º 54009 “VILLA GLORIA”- 2024

Presentado por **Denilson Demetrio Hilares Alvarez**, para optar el título de Ingeniero Informático y Sistemas

Sustentado y aprobado el 27 de enero del 2026 ante el jurado evaluador:

Presidente:

Dr. Ecler Mamani Vilca

Primer miembro:

M.Sc. Maryluz Cuentas Toledo

Segundo miembro:

M.Sc. Yhon Fuentes Huamán

Asesor:

Dr. Jose Luis Merma Aroni

Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 034-2026

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la tesis titulada: **Implementación del aplicativo de realidad aumentada para el aprendizaje de geometría del espacio en la Institución Educativa N.º54009 “VILLA GLORIA”- 2024**, presentado por el Bach: **Denilson Demetrio Hilares Alvarez**, para optar el título de **Ingeniero Informático y Sistemas**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud ACEPTABLE de **(13%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 26 de mayo del 2026

Atentamente,


 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Walquer Huanani Calsin
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 102

Agradecimiento

Esta tesis fue seleccionada y financiada totalmente por el Vicerrectorado de investigación de la UNAMBA, mediante el concurso de subvención de proyectos de tesis 2024.



Dedicatoria

Dedico este trabajo con amor y gratitud a mi familia, por ser mi sostén incondicional en cada etapa de mi vida académica. A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo; por ser mi mayor inspiración; y a todos aquellos que, con su apoyo silencioso o su palabra oportuna, han sido parte fundamental de este logro.



Implementación del aplicativo de realidad aumentada para el aprendizaje de geometría del espacio en la Institución Educativa N.º54009 “VILLA GLORIA”- 2024

Línea de investigación: Ingeniería de software e innovación tecnológica

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| RESUMEN | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| CAPÍTULO I | 4 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 4 |
| 1.1 Descripción del problema | 4 |
| 1.2 Enunciado del problema | 5 |
| 1.2.1 Problema general | 5 |
| 1.2.2 Problemas específicos | 5 |
| 1.2.3 Justificación de la investigación | 6 |
| CAPÍTULO II | 8 |
| OBJETIVOS E HIPÓTESIS | 8 |
| 2.1 Objetivos de la investigación | 8 |
| 2.1.1 Objetivo general | 8 |
| 2.1.2 Objetivos específicos | 8 |
| 2.2 Hipótesis de la investigación | 8 |
| 2.2.1 Hipótesis general | 8 |
| 2.2.2 Hipótesis específicas | 8 |
| 2.1 Operacionalización de variables | 10 |
| CAPÍTULO III | 11 |
| MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | 11 |
| 3.1 Antecedentes | 11 |
| 3.1.1 Antecedentes internacionales | 11 |
| 3.1.2 Antecedentes nacionales | 13 |
| 3.1.3 Antecedentes locales | 16 |
| 3.2 Marco teórico | 17 |
| 3.2.1 Realidad aumentada | 17 |
| 3.2.1.1 Característica de realidad aumentada | 17 |
| 3.2.2 Dispositivos electrónicos | 17 |
| 3.2.3 Elementos virtuales | 18 |
| 3.2.4 Técnicas de modelado en elementos virtuales | 18 |
| 3.2.5 Indicadores de elementos virtuales | 22 |
| | 1 |



| | | |
|--------------------|---|----|
| 3.2.6 | Componentes de la realidad aumentada | 22 |
| 3.2.7 | Geolocalización | 23 |
| 3.2.8 | Pantalla | 25 |
| 3.2.9 | Software | 25 |
| 3.2.10 | Cámara | 26 |
| 3.2.11 | Clasificación de realidad aumentada | 26 |
| 3.2.12 | Realidad aumentada en la educación | 27 |
| 3.2.13 | Valores que aporta la realidad aumentada en la educación | 28 |
| 3.2.14 | Aplicaciones de la realidad aumentada | 30 |
| 3.2.15 | Dimensiones del aprendizaje de geometría | 30 |
| 3.2.16 | Aprendizaje de geometría del espacio | 32 |
| 3.2.17 | Aprendizaje | 32 |
| 3.2.18 | Escala de calificación del aprendizaje en la educación básica regular | 34 |
| 3.2.19 | Competencia de aprendizaje de geometría del espacio | 35 |
| 3.2.20 | Capacidades de resuelve problemas de forma, movimiento y localización | 36 |
| 3.2.21 | Dimensiones de resuelve problemas de forma, movimiento y localización | 36 |
| 3.2.22 | Geometría del espacio | 37 |
| 3.2.23 | Tipos de solidos | 37 |
| 3.2.24 | Metodología MOBILE-D | 39 |
| 3.2.25 | Fases de metodología MOBILE-D | 40 |
| 3.2.26 | Unity 3D | 41 |
| 3.2.27 | Vuforia | 42 |
| 3.2.28 | Blender | 42 |
| 3.2.29 | Datos específicos de la institución educativa | 42 |
| 3.3 | Marco conceptual | 43 |
| CAPÍTULO IV | | 48 |
| METODOLOGÍA | | 48 |
| 4.1 | Tipo y nivel de investigación | 48 |
| 4.1.1 | Tipo de investigación | 48 |
| 4.1.2 | Nivel de investigación | 48 |
| 4.2 | Diseño de la investigación | 49 |
| 4.3 | Población y muestra | 49 |
| 4.3.1 | Población | 49 |
| 4.3.2 | Muestra | 50 |
| 4.4 | Procedimiento | 50 |
| 4.5 | Técnica e instrumentos | 52 |
| 4.6 | Análisis estadístico | 53 |
| CAPÍTULO V | | 54 |



| | |
|--|----|
| RESULTADOS Y DISCUSIONES | 54 |
| 5.1 Contrastación de hipótesis | 54 |
| 5.1.1 Prueba de hipótesis general: para el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora significativamente el aprendizaje de la geometría del espacio | 54 |
| 5.1.2 Prueba de hipótesis específica 1: para la aplicación de la metodología Mobile-D | 56 |
| 5.1.3 Prueba de hipótesis específico 2: para Modelar objetos con formas geométricas | 57 |
| 5.1.4 Prueba de hipótesis específico 3: para Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 60 |
| 5.2 Análisis de resultados | 64 |
| 5.2.1 Análisis de resultados de hipótesis general: para el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora significativamente el aprendizaje de la geometría del espacio | 64 |
| 5.2.2 Análisis de resultados de la hipótesis 1: de la aplicación de la metodología Mobile-D influye positivamente en el desarrollo de aplicativo móvil | 66 |
| 5.2.3 Análisis de resultados de la hipótesis 2: de modelar objetos con formas geométricas y sus transformaciones | 66 |
| 5.2.4 Análisis de resultados de la hipótesis 3: de comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 68 |
| 5.2.5 Análisis de resultados de dispositivos de entrada | 69 |
| 5.2.6 Análisis de resultados de modelado de figuras | 70 |
| 5.2.7 Análisis de resultados de mallas poligonales | 70 |
| 5.2.8 Análisis de resultados de estructura poligonal | 71 |
| 5.3 Desarrollo del aplicativo mediante la metodología Mobile-D | 71 |
| 5.3.1 Exploración | 72 |
| 5.3.2 Descripción general del proyecto | 73 |
| 5.3.3 Logo de la aplicación | 73 |
| 5.3.4 Personas y roles: | 73 |
| 5.3.5 Definición de alcance | 74 |
| 5.3.6 Requisitos previos | 74 |
| 5.3.7 Alcance | 74 |
| 5.3.8 Herramientas utilizadas para el desarrollo de la aplicación | 74 |
| 5.3.9 Historias de usuario | 75 |
| 5.3.10 Inicialización | 83 |
| 5.3.11 Producción | 87 |
| 5.1.1 Estabilización | 88 |
| 5.1.2 Validación y verificación del sistema | 88 |
| 5.4 Discusión | 90 |
| CAPÍTULO VI | 94 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 94 |
| 6.1 Conclusiones | 94 |



| | | |
|-----|-----------------------------------|-----|
| 6.2 | Recomendaciones | 96 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 99 |
| | ANEXOS | 104 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1 — Operacionalización de variables | 10 |
| Tabla 2 — Estilos de aprendizaje | 31 |
| Tabla 3 — Nivel de logro | 35 |
| Tabla 4 — Prueba de normalidad del uso del aplicativo de realidad aumentada | 55 |
| Tabla 5 — Puntajes obtenidos de evaluadores | 57 |
| Tabla 6 — Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk | 58 |
| Tabla 7 — Normalidad de datos para comunica su comprensión sobre formas y relaciones | 61 |
| Tabla 8 — Análisis de resultados: Aprendizaje de geometría del espacio en los estudiantes | 64 |
| Tabla 9 — Nivel de valoración de los evaluadores | 66 |
| Tabla 10 — Resultados de modelar objetos con formas geométricas | 66 |
| Tabla 11 — Resultados de comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 68 |
| Tabla 12 — Personas y roles | 73 |
| Tabla 13 — Herramientas utilizadas para el desarrollo del aplicativo | 75 |
| Tabla 14 — Visualización interactiva de figuras tridimensionales | 75 |
| Tabla 15 — Representar visualmente los componentes de las figuras 3D | 76 |
| Tabla 16 — Mostrar información de las figuras tridimensionales | 76 |
| Tabla 17 — Interactuar con las figuras en 3D | 77 |
| Tabla 18 — Observar de manera interactiva los ejercicios relacionados con la geometría del espacio | 77 |
| Tabla 19 — Presentar la información de los ejercicios de geometría del espacio | 78 |
| Tabla 20 — Listar modelos en 3D | 78 |
| Tabla 21 — Elegir el modelo tridimensional de la figura geométrica | 79 |
| Tabla 22 — Mostar/Ocultar elementos de las figuras en 3D proyectadas | 79 |
| Tabla 23 — Reproducir en formato de audio la información descriptiva de la figura | 79 |
| Tabla 24 — Manipular el modelo tridimensional proyectado | 80 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 25 — Rotar figura en 3D proyectado | 80 |
| Tabla 26 — Mostrar los ejercicios de geometría del espacio | 81 |
| Tabla 27 — Reproducir en formato de audio los enunciados de los ejercicios correspondientes a la geometría del espacio | 81 |
| Tabla 28 — Sobre el Sistema Operativo | 82 |
| Tabla 29 — Respecto al tiempo de carga o inicio del aplicativo | 82 |
| Tabla 30 — Sobre la interfaz de la aplicación | 82 |
| Tabla 31 — Planificación de las fases del proyecto | 83 |
| Tabla 32 — Dispositivos utilizados para evaluación | 89 |
| Tabla 33 — Matriz de Consistencia | 105 |
| Tabla 34 — Calificaciones de pre test modela objetos con formas geométricas | 110 |
| Tabla 35 — Calificaciones de post test de modela objetos con formas geométricas | 114 |
| Tabla 36 — Calificaciones de pre test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 118 |
| Tabla 37 — Post test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 122 |
| Tabla 38 — Calificaciones de pre test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio | 126 |
| Tabla 39 — Calificaciones de pos test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio | 130 |
| Tabla 40 — Calificaciones de pre test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 130 |
| Tabla 41 — Calificaciones de pos test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 134 |
| Tabla 42 — Lista de estudiantes grupo experimental pre test | 135 |
| Tabla 43 — Lista de estudiantes grupo experimental post test | 137 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 — Marcador en cuatro partes iguales | 23 |
| Figura 2 — Geolocalización y Realidad Aumentada | 25 |
| Figura 3 — Integración de objetos virtuales | 25 |
| Figura 4 — Demostración de objeto 3D en Realidad Aumentada usando un marcador | 26 |
| Figura 5 — Tipos de prismas | 38 |
| Figura 6 — Tipos de pirámides | 38 |
| Figura 7 — Cilindro | 39 |
| Figura 8 — Ciclos de la Metodología MOBILE-D | 40 |
| Figura 9 — Institución Educativa N.º 54009 “VILLA GLORIA” | 42 |
| Figura 10 — Ubicación geográfica | 43 |
| Figura 11 — Prueba de normalidad del uso del aplicativo de realidad aumentada | 54 |
| Figura 12 — Estadístico descriptivo del uso del aplicativo de realidad aumentada | 55 |
| Figura 13 — Región crítica del uso del aplicativo de realidad aumentada | 56 |
| Figura 14 — Modelar objetos con formas geométricas | 58 |
| Figura 15 — Distribución de puntajes de la Dimensión para Modelar objetos con formas Geométricas | 59 |
| Figura 16 — Región crítica para modelar figuras geométricas | 60 |
| Figura 17 — Prueba de normalidad de Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 61 |
| Figura 18 — Estadístico de la dimensión Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 62 |
| Figura 19 — Región crítica comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 64 |
| Figura 20 — Análisis de resultados: Aprendizaje de geometría del espacio en los estudiantes | 65 |
| Figura 21 — Resultados de modelar objetos con formas geométricas y sus transformaciones | 67 |



| | |
|--|-----|
| Figura 22 — Resultados de comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 68 |
| Figura 23 — Fases de la metodología Mobile - D | 72 |
| Figura 24 — Logo de la Aplicación | 73 |
| Figura 25 — Pre Test de modelar figuras geométricas | 108 |
| Figura 26 — Pre Test de modelar figuras geométricas | 109 |
| Figura 27 — Post Test modelar figuras geométricas | 112 |
| Figura 28 — Post Test modelar figuras geométricas | 113 |
| Figura 29 — Pre Test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones | 116 |
| Figura 30 — Pre Test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 117 |
| Figura 31 — Post Test comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 120 |
| Figura 32 — Post Test comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | 121 |
| Figura 33 — Pre Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio | 124 |
| Figura 34 — Pre Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio | 125 |
| Figura 35 — Post Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio | 128 |
| Figura 36 — Post Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio | 129 |
| Figura 37 — Ficha de evaluación del uso de la metodología Mobile-D en el desarrollo de aplicaciones móviles | 136 |
| Figura 38 — Aplicación de realidad aumentada para el aprendizaje de geometría | 138 |
| Figura 39 — Resultados de la dimensión de la variable independiente | 139 |
| Figura 40 — Resultados de la dimensión de la variable independiente | 140 |
| Figura 41 — Resultados de la dimensión de la variable independiente | 141 |
| Figura 42 — Registro de observación | 142 |
| Figura 43 — Validación de instrumento 01 | 143 |
| Figura 44 — Validación de instrumento 02 | 144 |
| Figura 45 — Validación de instrumento 03 | 145 |
| Figura 46 — Constancia de aplicación | 146 |
| Figura 47 — Modelado tridimensional de triángulo | 147 |
| Figura 48 — Modelado tridimensional de círculo | 147 |
| Figura 49 — Modelado tridimensional toroide | 148 |
| Figura 50 — Modelado tridimensional cono | 148 |

| | |
|--|-----|
| Figura 51 — Modelado tridimensional de figuras | 149 |
| Figura 52 — Código de modelado tridimensional | 149 |
| Figura 53 — Puntero para invocar la posición de los modelos | 150 |
| Figura 54 — Invocar el modelo | 151 |
| Figura 55 — Escalar objeto | 152 |
| Figura 56 — Mover objeto | 153 |
| Figura 57 — Rotar objeto | 154 |
| Figura 58 — Validación y verificación del sistema | 155 |
| Figura 59 — Modelado tridimensional figuras geométricas | 155 |
| Figura 60 — Información de los modelados tridimensionales | 156 |
| Figura 61 — Prueba de compatibilidad | 157 |
| Figura 62 — Mostrando la interfaz | 158 |
| Figura 63 — Visualización de las figuras | 158 |
| Figura 64 — Manipulando las figuras | 159 |
| Figura 65 — Se visualizan todos los elementos | 159 |
| Figura 66 — Se visualiza el rombo y el círculo | 160 |
| Figura 67 — Manipula la figura del cuadrado | 160 |
| Figura 68 — Muestra información del elemento seleccionado | 161 |
| Figura 69 — Muestra el elemento toro | 161 |
| Figura 70 — Muestra las opciones de información | 162 |
| Figura 71 — Muestra información detallada del objeto seleccionado | 162 |
| Figura 72 — Muestra el cono | 163 |

INTRODUCCIÓN

La educación contemporánea enfrenta retos significativos en la integración de tecnologías emergentes que transforman la manera en que los estudiantes construyen conocimiento. La realidad aumentada (RA) se ha posicionado como una herramienta didáctica potencial al combinar entornos físicos con elementos virtuales para generar experiencias de aprendizaje interactivas e inmersivas. En el contexto peruano, la incorporación de RA en educación es incipiente, especialmente en geometría del espacio, componente esencial en el desarrollo del pensamiento matemático. A nivel nacional, solo el 17.7 % de los estudiantes alcanzaron un nivel satisfactorio en matemática según la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE). En Apurímac, apenas el 10.5 % lograron un desempeño satisfactorio, mientras que el 49.4 % se ubicó en el nivel previo al inicio. En Abancay, solo el 11.8 % alcanzaron el nivel satisfactorio, lo que evidencia que aproximadamente el 75 % de los estudiantes no desarrollan las competencias matemáticas esperadas. En la Institución Educativa N.º 54009 "VILLA GLORIA" de Abancay, los estudiantes de cuarto grado presentan limitaciones significativas en la comprensión de la geometría del espacio: dificultades para identificar figuras tridimensionales, comprender propiedades geométricas, calcular áreas y volúmenes, y visualizar transformaciones geométricas. Estas limitaciones derivan de la falta de recursos didácticos interactivos y de la dependencia de metodologías tradicionales basadas en representaciones bidimensionales estáticas. Ante esta problemática, se propone implementar un aplicativo móvil basado en realidad aumentada como estrategia pedagógica para mejorar el aprendizaje de la geometría del espacio. La investigación adopta un enfoque cuantitativo con diseño cuasi experimental, utilizando pruebas pretest y posttest, encuestas ISO/IEC 9126-2 y tecnologías como Unity 3D, Vuforia SDK, Blender, Java y Android SDK, desarrollado con la metodología ágil Mobile-D en 15 iteraciones. Este trabajo contribuye a la innovación educativa en contextos urbanos vulnerables de regiones predominantemente rurales y al Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4), promoviendo una educación inclusiva, equitativa y de calidad para todos los estudiantes.



RESUMEN

Esta investigación cuantitativa con diseño cuasi experimental determinó la efectividad de un aplicativo móvil de realidad aumentada para optimizar el aprendizaje de geometría del espacio en 60 estudiantes de cuarto grado (30 experimentales, 30 control) de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” (Abancay, Apurímac). El aplicativo se desarrolló con la metodología Mobile-D (15 iteraciones) usando Unity 3D, Vuforia, Blender, Java y Android SDK, logrando la visualización interactiva de poliedros. Se aplicaron pruebas pre y postest (escala 0-20), fichas de observación, la escala ISO/IEC 9126-2 y cuestionarios Likert, analizados con Shapiro-Wilk y pruebas t de Student ($\alpha = 0,05$). Se encontraron mejoras estadísticamente significativas: hipótesis general (diferencia de medias = 2,10; $t = 4,616$; $p < 0,001$); dimensión “modelar objetos” ($M_{exp} = 14,00$; $M_{ctrl} = 12,10$; diferencia = 1,90; $t = 3,258$; $p < 0,05$); dimensión “comunicar comprensión” ($M_{exp} = 15,87$; $M_{ctrl} = 13,57$; diferencia = 2,30; $t = 3,335$; $p < 0,001$); y validación de Mobile-D (media = 4,4/5,0). El porcentaje de estudiantes con desempeño satisfactorio aumentó de 10% a 66,67% (+56,67 puntos porcentuales). Estos resultados se explican por la representación visual tridimensional interactiva, la activación de la agencia cognitiva, la retroalimentación multimodal y el aumento de la motivación intrínseca. Se concluye que la realidad aumentada es una intervención pedagógica efectiva para potenciar competencias geométricas en primaria, en contextos urbanos vulnerables de regiones predominantemente rurales. Se recomienda replicar con diseño experimental puro, seguimiento longitudinal, desagregación por subgrupos, complemento cualitativo e integración en políticas educativas peruanas.

Palabras clave: Realidad aumentada, geometría del espacio, educación primaria, aprendizaje significativo, tecnología educativa.



ABSTRACT

This quantitative study with a quasi-experimental design determined the effectiveness of a mobile application based on augmented reality in optimizing space geometry learning in 60 fourth-grade students ($n = 30$ experimental; $n = 30$ control) from I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”, Abancay, Apurímac. The application was developed using the Mobile-D methodology (15 iterations) with Unity 3D, Vuforia SDK, Blender, Java and Android SDK, enabling interactive three-dimensional visualization of polyhedra. Standardized pre- and post-tests (0–20 scale), observation sheets, the ISO/IEC 9126-2 scale and Likert-type questionnaires were administered. Statistical analysis included the Shapiro-Wilk normality test and Student’s t-tests ($\alpha = 0.05$). The results showed statistically significant improvements: general hypothesis ($\Delta\bar{x} = 2.10$; $t = 4.616$; $p < 0.001$); modeling objects ($M_{\text{exp}} = 14.00$; $M_{\text{ctrl}} = 12.10$; $\Delta\bar{x} = 1.90$; $t = 3.258$; $p < 0.05$); communicating understanding ($M_{\text{exp}} = 15.87$; $M_{\text{ctrl}} = 13.57$; $\Delta\bar{x} = 2.30$; $t = 3.335$; $p < 0.001$); and validation of Mobile-D (mean = 4.4/5.0). The percentage of students with satisfactory performance increased from 10% to 66.67% (+56.67 percentage points). These findings are explained by mechanisms such as interactive three-dimensional visual representation, activation of cognitive agency, multimodal feedback and increased intrinsic motivation. In conclusion, augmented reality is an effective pedagogical intervention to enhance geometric competencies in primary education in vulnerable urban contexts within predominantly rural regions. Replication with a true experimental design, longitudinal follow-up, subgroup disaggregation, complementary qualitative methodologies and systematic integration of augmented reality into Peruvian public education policies are recommended.

Keywords: *Augmented reality, space geometry, elementary education, meaningful learning, educational technology.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La tecnología móvil ha transformado nuestra interacción con el mundo, siendo la realidad aumentada (RA) un ejemplo que fusiona información digital con el entorno físico en tiempo real. Según GSMA Intelligence (2025), en América Latina, el 81% de la población usaba smartphones en 2024, proyectándose al 93% para 2030. En Perú, de acuerdo con el INEI (2025), el 90,2% de los estudiantes adolescentes accede a Internet a través del celular. Por su parte, Ávalos Guijarro (2024), Araméndiz Sanjuán (2025) y Costa et al. (2023) señalan que la RA integra elementos virtuales mediante dispositivos móviles accesibles. Investigaciones previas demuestran que 9 de cada 10 estudiantes comprenden mejor los conceptos matemáticos y visualizan con mayor claridad las figuras geométricas tridimensionales cuando utilizan esta tecnología. Aunque la RA posee un gran potencial educativo comprobado, su uso en Perú aún es limitado y fragmentado. A pesar de que casi todos los estudiantes tienen acceso a celulares, la implementación de la RA en las escuelas de educación básica sigue siendo desorganizada, lo que desperdicia una oportunidad para mejorar significativamente el rendimiento académico.

Uno de los retos de los docentes es lograr que la clase sea interesante, de modo que los estudiantes presten atención e interactúen de manera dinámica. Cuando un estudiante no muestra estas conductas (falta de atención o participación), el docente debe considerar la posibilidad de que exista una dificultad en su aprendizaje, lo que requiere buscar nuevas estrategias pedagógicas para mantener su interés en la asignatura de geometría.

En la I.E. N.º 54009 VILLA GLORIA, los alumnos experimentan limitaciones al momento de comprender las figuras tridimensionales, ya que presentan dificultades tanto para identificar sus denominaciones como para relacionarlas con objetos del entorno cotidiano. Por otro lado, dentro del enfoque por competencias, también se evidencian obstáculos al intentar calcular el área y el volumen de dichas figuras, debido a la falta de familiaridad con las fórmulas correspondientes, las cuales son esenciales para resolver las actividades propuestas en el aula. La institución educativa carece de recursos



didácticos que apoyen el entendimiento de la geometría espacial, ya que el estudio de figuras tridimensionales exige una capacidad de visualización en tres dimensiones, lo que complica su enseñanza y dificulta que el docente logre explicarlas de manera clara y efectiva. El docente se ve en la necesidad de dibujar manualmente las figuras en la pizarra, lo que implica una considerable pérdida de tiempo y dificulta la adecuada transmisión del conocimiento, ya que se representa una figura bidimensional en lugar de un objeto tridimensional. Esta limitación afecta directamente la comprensión del contenido por parte de los estudiantes, lo cual se refleja en su bajo rendimiento académico. Esta realidad es evidenciada en los resultados de la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE), aplicada por la Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes, con el objetivo de conocer el nivel de aprendizaje de los estudiantes de escuelas públicas y privadas del país (UMC, 2019). La evaluación fue dirigida a estudiantes de segundo grado de secundaria en el área de matemática, y los resultados fueron clasificados en niveles de logro que describen el grado de desarrollo de sus conocimientos y habilidades: desde "satisfactorio" (el más alto) hasta "previo al inicio" (el más bajo). A nivel nacional, solo el 17.7% de los estudiantes alcanzó el nivel satisfactorio; el 17.3% se ubicó en el nivel "en proceso"; el 32.1% se encontraba "en inicio"; y el 33.0% en "previo al inicio". En la Región Apurímac, los resultados fueron aún más preocupantes: únicamente el 10.5% logró un desempeño satisfactorio, el 12.2% estuvo en proceso, el 27.9% en inicio y el 49.4% en previo al inicio. En la provincia de Abancay, los resultados fueron similares: el 11.8% obtuvo un logro satisfactorio, el 13.1% estuvo en proceso, el 33.6% en inicio y el 41.5% en el nivel más bajo (UMC, 2019).

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la implementación de un aplicativo de realidad aumentada mejora el aprendizaje de la geometría del espacio en los estudiantes de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” durante el año 2024?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo el uso de la metodología Mobile-D influye en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”?



- ¿Cómo el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”?
- ¿Cómo el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”?

1.2.3 Justificación de la investigación

La presente investigación reviste especial importancia en el ámbito educativo, dado que aborda una problemática persistente en los estudiantes del nivel primario: las dificultades en el aprendizaje de la geometría del espacio, según Andrade et al. (2019). Esta área de las matemáticas presenta un alto nivel de abstracción, lo que genera limitaciones en su comprensión mediante métodos tradicionales. En ese sentido, la incorporación de la realidad aumentada como herramienta pedagógica representa una alternativa innovadora que responde a las exigencias de la educación actual, orientada hacia el uso de tecnologías emergentes que potencien los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El estudio es pertinente porque introduce un aplicativo de realidad aumentada diseñado específicamente para apoyar el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes de cuarto grado de primaria. Esta tecnología permite la representación tridimensional de figuras geométricas, lo que facilita su visualización, manipulación e interpretación en un entorno virtual interactivo. De este modo, se incrementa la motivación, el interés, el nivel de atención y el compromiso del estudiante, aspectos fundamentales para lograr un aprendizaje significativo (Costa, 2023).

Los principales beneficiarios de esta investigación son los estudiantes de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”, quienes acceden a una propuesta pedagógica más dinámica y contextualizada. Asimismo, los docentes se ven favorecidos al disponer de una herramienta tecnológica que les permite diversificar sus estrategias didácticas y responder a distintos estilos de aprendizaje. A nivel institucional, la propuesta contribuye al fortalecimiento del enfoque por competencias y al desarrollo de capacidades digitales en el aula.



El aporte original de esta investigación radica en la integración de un aplicativo de realidad aumentada en un contexto urbano vulnerable de una región predominantemente rural con acceso limitado a tecnologías digitales, demostrando que es posible implementar soluciones educativas innovadoras con alto impacto pedagógico. A diferencia de otros estudios similares, esta propuesta se focaliza en tres dimensiones clave del aprendizaje geométrico: la traducción de información, la aplicación de estrategias y la elaboración de representaciones, lo que permite una evaluación integral del impacto del recurso tecnológico en el rendimiento académico de los estudiantes.

Finalmente, la investigación se justifica en el marco del enfoque constructivista y del paradigma tecnológico, al promover el aprendizaje activo, significativo y autónomo mediante el uso de entornos virtuales. Con ello, se responde a la necesidad de transformar la práctica docente tradicional hacia una enseñanza más interactiva, personalizada y eficaz, contribuyendo al logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4), orientado a garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar en qué medida la implementación de un aplicativo de realidad aumentada mejora el aprendizaje de la geometría del espacio en los estudiantes de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” durante el año 2024.

2.1.2 Objetivos específicos

- Demostrar que el uso de la metodología Mobile-D influye en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”.
- Demostrar que el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”.
- Demostrar que el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

La implementación del aplicativo de realidad aumentada mejora significativamente el aprendizaje de la geometría del espacio en los estudiantes de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” durante el año 2024.

2.2.2 Hipótesis específicas

- El uso de la metodología Mobile-D influye significativamente en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”.



- El uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”.
- El uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”.



2.1 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

| VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA |
|---|--|--|--|
| Independiente Implementación del aplicativo de realidad aumentada | <ul style="list-style-type: none"> • Metodología Mobile D • Dispositivos de entrada • Modelado de figuras • Mallas poligonales • Estructura poligonal | <ul style="list-style-type: none"> • Calidad de aplicación móvil, satisfacción general • Comodidad del usuario • Calidad del entorno visual • Detalle de los objetos 3D • Modelado correcto de formas en 3D | <p>1 = Muy malo 2 = Malo 3 = Ni bueno ni malo 4 = Bueno 5 = Muy bueno</p> |
| Dependiente Aprendizaje de geometría del espacio en los estudiantes. | <ul style="list-style-type: none"> • Modela objetos con formas geométricas • Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | <ul style="list-style-type: none"> • Reconoce y nombra cuerpos geométricos • Explica propiedades de figuras y cuerpos geométricos | <p>C (En inicio) = 0–10 B (En proceso) = 11–13 A (Logro esperado) = 14–17 AD (Logro destacado) = 18–20</p> |



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

- a) Cordero Arquez (2020), en su Investigación titulada, “Estrategia didáctica mediada por realidad aumentada, para el fortalecimiento de la competencia del pensamiento métrico espacial en estudiantes de grado noveno, tuvo como objetivo general determinar la incidencia de la Realidad Aumentada en los procesos de aprendizaje de las funciones matemáticas, Colombia”. El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo explicativo con un diseño de estudio cuasi experimental, de campo y analítico. La población y muestra está conformada por 70 estudiantes de primaria de La Esperanza del Sur. La lista de verificación se utilizó como herramienta para recopilar información sobre aplicaciones de realidad aumentada y dos cuestionarios (primera prueba y posterior prueba) para evaluar la comprensión de los estudiantes. Estudiantes sobre trabajos en matemáticas. Los cuestionarios fueron validados por tres (03) expertos y probados por Kuder Richardson para confiabilidad, la puntuación fue de 0,84. Para analizar los resultados, se utilizaron valores de los estudiantes y valores medios para evaluar el nivel de conocimiento adquirido en la encuesta. Los resultados mostraron que tanto el grupo de control como el experimental inicialmente dieron puntajes promedio, lo que indica que son homogéneos y, por lo tanto, no hubo un cambio significativo entre los puntajes promedio. En conclusión, se puede determinar que la realidad aumentada muestra mejores resultados en el aprendizaje de funciones matemáticas para los estudiantes.

- b) Gómez Carmona (2016) en su tesis titulada “Realidad aumentada como herramienta que potencialice el aprendizaje significativo en geometría básica del grado tercero de la Institución Educativa Estrada, PEREIRA ,” tuvo como objetivo indagar el impacto de las TIC en los procesos de formación pedagógica y cómo la Realidad Aumentada (AR) se articula como una herramienta en el proceso de enseñanza, en busca de un aprendizaje significativo en la clase de



geometría básica del tercer grado de prima de la Institución Educativa Instituto Estrada del municipio de Marsella, Risaralda. En este sentido, la investigación se basa en fundamentos teóricos cognitivistas y tiene la intención de promover el pensamiento y la inteligencia espacial a través de la interacción del estudiante con el contenido y la Realidad Aumentada, cómo esto contribuye a un aprendizaje significativo como acción interactiva y autónoma dentro del aula. Esta propuesta busca a través de 3 fases identificar el impacto del uso de las TIC en los procesos de formación en el aula, por lo que se pensaba, en la primera fase identificar el conocimiento previo de los estudiantes en relación a la geometría, como elementos de su estructura cognitiva, lo que conduce a una segunda etapa buscando establecer estrategias potencialmente significativas, mediadas por el desarrollo e implementación de una aplicación de Realidad Aumentada; y en una tercera etapa evaluar los posibles cambios en sus estructuras de aprendizaje”.

- c) Kaufmann y Schmalstieg (2003) en su investigación titulada "Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality", realizada en Austria, tuvieron como objetivo desarrollar y evaluar una herramienta de construcción geométrica tridimensional basada en realidad aumentada para la educación matemática y geométrica a nivel secundaria y universitario. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto con componentes experimentales y evaluaciones de usabilidad, utilizando el sistema Construct3D, una aplicación de RA colaborativa que permite la manipulación de objetos geométricos tridimensionales como puntos, líneas, planos, cubos, esferas, cilindros, conos y superficies de revolución. La población estuvo conformada por estudiantes de secundaria de escuelas en Viena, Austria, con evaluaciones realizadas durante tres años de implementación iterativa. Se utilizaron como instrumentos pruebas estandarizadas de usabilidad, cuestionarios de percepción y observaciones estructuradas aplicadas antes y después del uso de la herramienta de RA. Los resultados evidenciaron que el 90% de los usuarios expresó mayor motivación hacia el aprendizaje de geometría mediante experiencias inmersivas, y los estudiantes mostraron mejoras significativas en habilidades de rotación mental y visualización espacial. En conclusión, se determinó que Construct3D es fácil de usar, promueve la exploración de conceptos geométricos y tiene el potencial de mejorar significativamente la educación en geometría al permitir que los



estudiantes visualicen e interactúen con objetos tridimensionales de manera natural.

- d) Ibáñez et al. (2015) en su estudio titulado "Augmented Reality Based Simulators as Discovery Learning Tools: An Empirical Study", publicado en IEEE Transactions on Education, llevado a cabo en España, se planteó como objetivo principal evaluar la efectividad del uso de simuladores basados en realidad aumentada (AR-SaBER) como herramientas de aprendizaje por descubrimiento en la enseñanza de los principios básicos de electricidad. La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, con diseño cuasi experimental, compuesto por un grupo experimental que utilizó el simulador AR-SaBER con mecanismos de andamiaje basado en conocimiento y un grupo de control que trabajó con métodos tradicionales. La muestra estuvo conformada por estudiantes de noveno grado (3.º ESO) de centros educativos ubicados en el sur de Madrid. Como instrumentos, se aplicaron pruebas de conocimiento (pre test y post test), el Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ) para evaluar la motivación, y registros de comportamiento de los estudiantes durante la interacción con el sistema. Los resultados demostraron que los estudiantes del grupo experimental mostraron mayor efectividad de aprendizaje y manifestaron mayor motivación en el uso del entorno de simulación basado en realidad aumentada. En conclusión, los simuladores basados en realidad aumentada pueden ser explotados como entornos de aprendizaje efectivos para aprender los principios básicos de electricidad, aunque es necesario considerar opciones de andamiaje (scaffolding) para mejorar la efectividad del aprendizaje cuando se trabaja con estudiantes que tienen bajos niveles de habilidades de autorregulación o motivación.

3.1.2 Antecedentes nacionales

- a) Gutiérrez Salguero (2015), autor de la tesis titulada "Desarrollo de aplicación móvil sobre Android en Realidad Aumentada para el aprendizaje en el área de lógico matemática para la Institución Educativa Glorioso 821 - Macusani", presentada a la Universidad Nacional del Altiplano (UNAP), planteó como objetivo principal implementar una aplicación de Realidad Aumentada móvil para mejorar el aprendizaje significativo en el área de lógico-matemática. La investigación se ubicó en el distrito de Macusani, provincia de Carabaya, región



de Puno. El estudio realizó un análisis de las repercusiones de la aplicación de Realidad Aumentada en el mejoramiento del aprendizaje, empleando una metodología de desarrollo espiral-evolutiva, que permitió construir la aplicación de forma modular manteniendo los recursos constantes, utilizando la tecnología Java con SDK de Android para la codificación. Para la recolección de datos se utilizó la prueba t de Student independiente ($p < 0,01$). Asimismo, los resultados demostraron que los estudiantes que utilizaron la aplicación de Realidad Aumentada alcanzaron un promedio de 16,05, significativamente superior al promedio de 12,90 logrado por el grupo que utilizó métodos tradicionales, generando un interés especial por aprender, motivando la participación activa del grupo de trabajo y mejorando considerablemente el aprendizaje del conocimiento. En conclusión, se determinó que el uso de la aplicación en Realidad Aumentada innovó la práctica educativa y demostró ser efectiva para mejorar el aprendizaje significativo en el área de lógico-matemática.

- b) De la Cruz (2019) en su estudio de investigación titulado "El software de realidad aumentada Creator y su contribución en la comprensión de la gráfica de funciones reales en los estudiantes del primer ciclo de una universidad de Lima", se planteó como objetivo principal analizar la contribución del software de realidad aumentada Creator en la comprensión de la gráfica de funciones reales en los estudiantes del primer ciclo de una universidad de Lima. Los participantes fueron estudiantes del primer ciclo del curso de dinámica de la facultad de ingeniería mecánica de una universidad privada de Lima. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo y diseño no experimental transeccional. Se utilizó el software de realidad aumentada Creator como herramienta tecnológica para el aprendizaje de funciones reales. Los resultados demostraron que el software de realidad aumentada Creator contribuye significativamente en la comprensión de la gráfica de funciones reales, creando espacios interactivos que promueven el autoaprendizaje y generan mejoras en el aprendizaje de los estudiantes. En conclusión, el software de realidad aumentada Creator fue efectivo para mejorar la comprensión de funciones reales, incrementando la abstracción, concentración, motivación, comprensión, percepción tridimensional, enriquecimiento y pensamiento espacial de los estudiantes del primer ciclo de ingeniería mecánica.



- c) Bohorquez Coria y Llajaruna (2018) en su tesis titulada "Aplicativo móvil con realidad aumentada para el aprendizaje de geometría en los estudiantes de 6to grado de primaria de la I.E. N.º 6048 Jorge Basadre", presentada a la Universidad Autónoma del Perú, se tuvo como objetivo principal determinar la influencia de una aplicación móvil con realidad aumentada en el aprendizaje de geometría en estudiantes del sexto grado de primaria. El estudio se desarrolló en la Institución Educativa N.º 6048 Jorge Basadre, ubicada en el distrito de San Juan de Miraflores, Lima. La investigación fue de tipo aplicada con nivel explicativo, enmarcándose en un enfoque cuantitativo con diseño cuasi-experimental, utilizando un grupo experimental y un grupo de control, ambos conformados por 30 estudiantes cada uno, haciendo un total de 60 participantes. Para el desarrollo de la aplicación educativa "GeoBook" (Geobook) se utilizó la metodología Mobile-D, la cual permitió construir una solución interactiva orientada a dispositivos móviles con capacidad de visualización de objetos geométricos en realidad aumentada (prismas, cubos, pirámides). Se aplicaron pruebas de entrada y salida para medir los niveles de logro en aprendizaje, y se realizó análisis estadístico mediante la prueba t de Student. Los resultados demostraron un incremento significativo del rendimiento académico en el grupo experimental, que alcanzó una mejora del 82.18% en comparación con el grupo control. En conclusión, se determinó que el uso de aplicaciones móviles con realidad aumentada influye significativamente en la mejora de la comprensión de conceptos geométricos en estudiantes de primaria, potenciando su motivación, razonamiento espacial, percepción tridimensional y aprendizaje significativo.
- d) Vicente Martínez (2023), autor de la tesis titulada "Realidad aumentada en el aprendizaje de formas geométricas tridimensionales en estudiantes de secundaria del distrito de Huayhuay - La Oroya", presentada a la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), planteó como objetivo principal determinar la influencia de la realidad aumentada en el aprendizaje de figuras geométricas tridimensionales en estudiantes del cuarto grado de secundaria de la I.E. Germán Pomalaza Rixe. La investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo con tipo de investigación aplicada, alcance explicativo y diseño cuasi experimental, contando con una muestra de 26 estudiantes en total, distribuidos en dos grupos de 13: la sección "A" como grupo experimental y la sección "B" como grupo control. Se empleó como técnica una evaluación educativa con instrumento de



prueba pedagógica pre test y post test para medir los niveles de logro en el aprendizaje de formas geométricas tridimensionales. Asimismo, los resultados demostraron que la realidad aumentada influye positivamente en el aprendizaje, evidenciándose una diferencia de promedios de 6,31 puntos entre el grupo experimental y el grupo control en la prueba de salida, siendo esta diferencia estadísticamente significativa según la prueba t de Student ($p = 0,000 < 0,05$). En conclusión, se determinó que la realidad aumentada influye significativamente en la mejora de la comprensión de formas geométricas tridimensionales en estudiantes de secundaria, potenciando su visualización tridimensional, razonamiento espacial, motivación y aprendizaje significativo.

3.1.3 Antecedentes locales

Farfán Dávalos (2022), autor de la tesis titulada "Aplicación móvil de realidad aumentada para mejorar el aprendizaje de geometría del espacio en el curso de matemáticas de los alumnos de segundo grado de secundaria del Colegio Nuestra Señora de las Mercedes", presentada a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA), planteó como objetivo principal mejorar el aprendizaje de geometría del espacio en estudiantes de segundo grado de secundaria del Colegio Nuestra Señora de las Mercedes, ubicado en Apurímac. La investigación fue de tipo aplicada con nivel explicativo y diseño cuasi experimental, bajo un enfoque cuantitativo, contando con la participación de 65 estudiantes distribuidos entre el grupo control y el grupo experimental. Se empleó la metodología Mobile-D para el desarrollo de la aplicación móvil con realidad aumentada, integrando modelos tridimensionales en el módulo de geometría del espacio para permitir la visualización interactiva de objetos geométricos. Como instrumentos se aplicaron pruebas pre test y post test, además de estándares ISO 9126 para evaluar la funcionalidad, confiabilidad y usabilidad de la aplicación. Asimismo, los resultados demostraron que los estudiantes del grupo experimental mejoraron significativamente en el aprendizaje conceptual ($Z = 2,52$), procedimental ($Z = 2,33$) y actitudinal ($Z = 3,97$), con rendimientos estadísticamente superiores al grupo control ($p < 0,05$). En conclusión, se determinó que la intervención mediante una aplicación móvil de realidad aumentada mejora de forma integral el rendimiento académico en los tres aspectos evaluados conceptual, procedimental y actitudinal, garantizando buena usabilidad en la enseñanza de geometría espacial y potenciando la comprensión tridimensional y el aprendizaje significativo de los estudiantes.



3.2 Marco teórico

3.2.1 Realidad aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que permite añadir imágenes o elementos digitales encima de lo que vemos en el mundo real usando un celular, una tablet o una computadora. Gracias a esto, el usuario puede ver información extra mezclada con su entorno, lo que hace que la experiencia sea más completa y le ayude a entender mejor lo que está observando (IBM, 2024).

3.2.1.1 Característica de realidad aumentada

La realidad aumentada combina objetos digitales con el entorno real, haciendo que ambos se vean juntos al mismo tiempo. Esta mezcla se observa de forma inmediata, permitiendo que el usuario interactúe con lo virtual y lo real en tiempo real. Además, los elementos digitales se muestran en un espacio tridimensional y mantienen su posición como si estuvieran dentro del entorno físico, lo que hace que parezcan parte del mundo real (Azuma, 1997).

3.2.2 Dispositivos electrónicos

Los dispositivos electrónicos, en el contexto de la realidad aumentada, son herramientas tecnológicas móviles como smartphones y tabletas que poseen características técnicas específicas tales como cámara integrada, pantalla interactiva, procesador potente y sensores avanzados (giroscopio, acelerómetro, brújula digital). Estos componentes funcionan de manera coordinada permitiendo capturar la información visual del entorno físico del usuario, procesarla digitalmente e integrar en ella objetos virtuales tridimensionales de forma sincronizada y espacialmente correcta. Así, el dispositivo actúa como puente o interfaz que hace posible la fusión simultánea entre la realidad observada y los elementos digitales, generando una experiencia multimedia donde ambas capas (física y virtual) interactúan en tiempo real. Esta capacidad de procesamiento inmediato, combinada con su portabilidad y acceso generalizado, convierte a los dispositivos electrónicos en plataformas efectivas para desarrollar aplicaciones educativas de realidad aumentada (Bimber, 2025).



3.2.3 Elementos virtuales

Los elementos virtuales son objetos y contenidos digitales generados mediante software de modelado tridimensional y programación informática, tales como modelos geométricos 3D, imágenes renderizadas, animaciones dinámicas, textos informativos, vídeos, iconos interactivos y efectos visuales. Estos elementos se integran tecnológicamente con el mundo real capturado por el dispositivo, superponiéndose de manera coherente y espacialmente registrada sobre la imagen del entorno físico del usuario. La característica distintiva es que no simplemente se "adhieren" a la pantalla como capas bidimensionales, sino que se alinean tridimensionalmente con el espacio real, creando la ilusión visual de que los objetos virtuales ocupan posiciones específicas en el entorno físico. Esta integración permite que los elementos virtuales mantengan propiedades realistas (perspectiva, oclusión, iluminación) y que el usuario pueda interactuar con ellos de manera inmediata en tiempo real, enriqueciendo su percepción y comprensión del entorno. En contextos educativos como la geometría espacial, estos elementos virtuales representan cuerpos geométricos 3D que facilitan la visualización de propiedades abstractas como volúmenes, áreas y relaciones espaciales (Azuma, 1997).

3.2.4 Técnicas de modelado en elementos virtuales

a) Modelado poligonal

Según Botsch et al. (2010), el modelado poligonal es un enfoque fundamental en gráficos computacionales que representa superficies mediante mallas de polígonos, siendo el método de elección para renderizado en tiempo real debido a su eficiencia computacional y compatibilidad con hardware gráfico moderno. Esta técnica se basa en tres primitivas geométricas: vértices (puntos en el espacio tridimensional), aristas (líneas que conectan vértices) y caras (polígonos formados por tres o más vértices), donde el objeto básico es el vértice como punto en el espacio, dos vértices conectados forman una arista, y tres vértices conectados definen un triángulo, que constituye el polígono más simple en espacio euclidiano.

La ventaja principal del modelado poligonal radica en su capacidad para manipulación granular a nivel de sub objetos, permitiendo a diseñadores trabajar directamente con vértices, aristas y caras individuales para lograr control preciso sobre la forma final (Luebke et al., 2003). En el contexto de aplicaciones de



realidad aumentada educativa, esta técnica es especialmente adecuada para dispositivos móviles donde la eficiencia de procesamiento es crítica, siendo particularmente útil para objetos geométricos con superficies definidas por líneas rectas o ángulos, como prismas y pirámides (Ju, 2004).

b) Modelado NURBS

Según Bingol y Krishnamurthy (2019), NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) son representaciones matemáticas paramétricas que pueden describir con precisión cualquier forma desde geometría analítica estándar (líneas, círculos, esferas) hasta superficies orgánicas complejas mediante la manipulación de puntos de control que determinan curvatura y continuidad. Esta técnica se fundamenta en ecuaciones de splines de base racional definidas por cuatro elementos: grado (complejidad de la curva), puntos de control (manipulación de forma), nudos o knots (influencia de puntos de control), y regla de evaluación (fórmula matemática que convierte parámetros en posiciones espaciales), proporcionando precisión matemática y capacidad de edición paramétrica sin necesidad de reconstruir la geometría completa.

Según Piegl y Tiller (1997), los modelos NURBS poseen cinco cualidades críticas: interoperabilidad mediante estándares industriales para intercambio de geometría, definición matemática rigurosa y bien establecida con formación académica en universidades, capacidad de representar tanto objetos geométricos estándar como geometría de forma libre, eficiencia en información requerida comparada con aproximaciones facetadas, y regla de evaluación implementable de manera eficiente en computadoras. En aplicaciones educativas de geometría del espacio, NURBS garantizan representación matemáticamente exacta de cuerpos con superficies curvas (cilindros, conos, esferas), asegurando correspondencia con definiciones geométricas formales requeridas en contextos pedagógicos rigurosos (Krishnamurthy et al., 2009).

c) Modelado sólido

Según Requicha y Voelcker (1982), el modelado sólido es un conjunto consistente de principios para modelado matemático y computacional de formas tridimensionales que se distingue por su énfasis en fidelidad física, donde objetos son definidos tanto por propiedades interiores como exteriores,



haciéndolos completamente "herméticos" (watertight) y topológicamente inequívocos. A diferencia de modelos superficiales vacíos, los sólidos representan volumen real con masa y propiedades físicas simulables, permitiendo cálculos precisos de magnitudes como volumen e integridad estructural mediante operaciones booleanas (unión, intersección, sustracción) sobre primitivos geométricos o técnicas de extrusión y revolución de perfiles 2D.

Según Leake (2022), el modelado sólido constituye actualmente la base del diseño asistido por computadora (CAD) moderno, donde parámetros matemáticos precisos y algoritmos especializados permiten agregar y sustraer masa de objetos digitales, garantizando solidez topológica después de operaciones de adición y eliminación de material mediante conjuntos regulares cerrados. En contextos educativos de geometría del espacio, esta técnica permite representar con precisión matemática absoluta las propiedades volumétricas de prismas, pirámides, cilindros y conos, facilitando cálculos exactos de áreas y volúmenes esenciales para el aprendizaje, validando la integridad volumétrica requerida en ejercicios de magnitudes geométricas (Zou y Feng, 2018).

d) Sculpting

Según Kisko (2024), el esculpido digital es una metodología que simula el proceso artesanal de esculpir materiales físicos mediante software especializado que permite manipular mallas poligonales de alta densidad con herramientas digitales de pincel, proporcionando un puente entre creatividad artística y precisión técnica que no existía en modelado poligonal tradicional. A diferencia del modelado estándar que opera sobre vértices, aristas y caras individuales a nivel de sub-objeto, el esculpido permite manipulación intuitiva y holística de la geometría como entidad completa, siendo especialmente efectivo para crear formas complejas, detalles intrincados y superficies texturadas mediante técnicas como subdivisión dinámica (incremento automático de polígonos donde se requiere detalle) y deformación continua sin necesidad de control explícito de cada vértice individual.

Alcaide Marzal et al. (2013), demuestran que el esculpido digital, particularmente con software como Z Brush, permite a usuarios inexpertos crear



formas plausibles en el mismo tiempo que profesionales mediante interfaces intuitivas que facilitan exploración creativa sin las restricciones del modelado técnico tradicional. En aplicaciones de realidad aumentada para educación geométrica, el esculpido digital enriquece la experiencia visual mediante texturas realistas y detalles superficiales complejos que facilitan discriminación visual entre elementos geométricos, manteniendo el enganche cognitivo del estudiante mediante representaciones visualmente atractivas que potencian la comprensión tridimensional (Rohendi et al., 2020).

e) **Voxel Grid / SDF**

Según Oleynikova et al. (2017), el Signed Distance Field (SDF) es una representación donde la distancia en cada vóxel es la distancia euclidiana al objeto ocupado más cercano (o si está dentro de un objeto, distancia a la celda libre más cercana), codificando información topológica mediante signo negativo para puntos interiores y positivo para exteriores, permitiendo definir superficies como conjunto de puntos donde el SDF es cero. Un Voxel Grid es una estructura de datos tridimensional de $n_x \times n_y \times n_z$ ubicaciones que almacena valores SDF, donde cada vóxel representa una caja en tres dimensiones, y el gradiente suave de distancias (+1 significa 1 unidad fuera de la forma, -1 significa 1 unidad dentro, y 0 significa exactamente en la superficie) facilita operaciones geométricas como booleanas y reconstrucción dinámica mediante algoritmos como Marching Cubes.

Shim et al. (2023), proponen que la representación voxel-shaped SDF posee ventajas significativas sobre nubes de puntos: puede reconstruir directamente mallas mediante el algoritmo de Marching Cubes y utilizar redes neuronales convolucionales (CNN) debido a su estructura densa y fija, facilitando generación de formas 3D de alta calidad y continuas. En contextos de realidad aumentada educativa para geometría del espacio, los SDF permiten visualizar intersecciones y secciones transversales en tiempo real durante manipulación interactiva por el estudiante, calcular distancias eficientemente para retroalimentación háptica virtual, y realizar operaciones de corte dinámico que habilitan exploración del interior de sólidos geométricos, potenciando comprensión tridimensional profunda mediante interacción directa con propiedades volumétricas (Kaufmann y Schmalstieg, 2003).



3.2.5 Indicadores de elementos virtuales

a) **Funcionamiento adecuado**

Cuando hablamos del funcionamiento adecuado en sistemas de realidad aumentada, nos referimos básicamente a qué tan bien el sistema logra que los usuarios completen sus tareas de manera satisfactoria. La norma internacional ISO 9241-11 proporciona el marco conceptual estableciendo que un sistema funciona adecuadamente cuando puede ser utilizado sin dificultad por personas específicas en situaciones específicas para alcanzar los objetivos que se proponen (ISO, 2018).

b) **Superposición de elementos virtuales sobre el entorno real**

La superposición de elementos virtuales sobre el entorno real es el proceso mediante el cual se integran objetos digitales con el mundo físico de forma interactiva y en tiempo real, de manera que aparezcan correctamente posicionados en el espacio tridimensional (Azuma, 1997).

c) **Calidad visual de los modelos 3D**

La calidad visual de los modelos 3D en realidad aumentada se refiere a cuán realistas, detallados y bien integrados se ven los objetos digitales cuando aparecen en el mundo real a través de la pantalla del dispositivo. El concepto central es el renderizado 3D, que es el proceso mediante el cual una computadora toma información numérica sobre objetos tridimensionales (sus formas, su ubicación en el espacio, de qué material están hechos) y la convierte en una imagen visual que podemos ver en la pantalla (Phong, 1975).

3.2.6 Componentes de la realidad aumentada

a) **Marcadores**

En los sistemas de realidad aumentada, los marcadores son imágenes o señales colocadas en el entorno que pueden ser reconocidas por el software mediante técnicas de visión por computadora. Cuando la cámara detecta estos marcadores, el sistema puede calcular su posición y orientación, lo que le permite colocar el contenido virtual exactamente en el lugar correcto. Por esta razón, los marcadores son un elemento fundamental dentro del seguimiento basado en marcadores (Siltanen, 2012).



b) Marcadores simples

Los marcadores simples se distinguen por ser los más básicos dentro de la realidad aumentada, ya que solo permiten mostrar un modelo 3D y no aceptan botones ni elementos interactivos. Su diseño es muy fácil de elaborar y suele basarse en figuras rectangulares, porque las formas curvas dificultan que el sistema las detecte correctamente. Además, para que la cámara los reconozca sin problemas, es necesario que el marcador pueda dividirse mentalmente en cuatro partes y que cada una tenga un patrón diferente, lo cual ayuda a identificar su posición y orientación al momento de superponer el contenido virtual (Chuquimia Hernai, 2014).

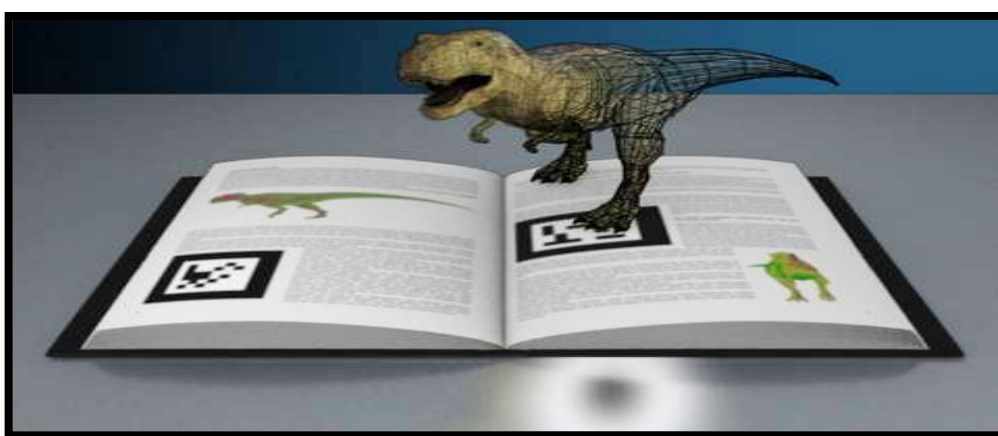


Figura 1 — Marcador en cuatro partes iguales

c) Imágenes objetivo (IMAGE TARGET)

Las imágenes objetivo son un tipo de marcador que ofrece más ventajas que los marcadores básicos, porque al utilizar una imagen con muchos detalles se obtiene una gran cantidad de puntos de referencia. Esto hace que el software pueda detectarla con mayor facilidad. Gracias a la distribución amplia de estos puntos, el sistema puede reconocer el marcador incluso si parte de la imagen no está dentro del encuadre de la cámara o está parcialmente tapada. Además, este tipo de marcador permite añadir botones virtuales y también funciona con contenido multimedia, como audio o video, que puede reproducirse directamente sobre la imagen (Chuquimia Hernai, 2014).

3.2.7 Geolocalización

La realidad aumentada basada en geolocalización permite mostrar contenidos digitales que se adaptan a la ubicación y orientación del usuario en su entorno real.



Este tipo de RA no utiliza marcadores visuales, ya que funciona mediante sistemas de posicionamiento que determinan dónde se encuentra la persona y actualizan la información virtual a medida que se desplaza, este enfoque requiere identificar con precisión la posición del usuario para sincronizar correctamente los elementos digitales en tiempo real (Reitmayr y Schmalstieg, 2003).

- Menciona Ramtohul y Khedo (2021) que los sistemas de Location-Based Mobile AR (LBMAR) se han vuelto posibles gracias a los avances en dispositivos móviles, y utilizan sensores integrados para superponer contenido digital sobre ubicaciones físicas específicas, disponiendo aplicaciones en áreas como educación, turismo y marketing.
- Menciona Kleftodimos et al. (2023) que en el artículo de MDPI , que este tipo de AR convierte espacios físicos en entornos de aprendizaje dinámicos al activar contenido digital solo cuando el usuario se encuentra en ubicaciones geográficas predeterminadas, utilizando principalmente el GPS .
- Menciona Zhao (2024) que desarrollaron un sistema de navegación exterior con realidad aumentada, utilizando la geolocalización por GPS para determinar la posición del usuario. Al combinar estos datos con la orientación del dispositivo, el sistema superpone flechas de guía en AR directamente sobre la vista de la cámara, mejorando así la claridad y precisión de la ruta. Esto no solo redujo los errores durante la navegación, sino que también mejoró la experiencia de exploración en entornos desconocidos, al ofrecer señales visuales intuitivas que los usuarios siguieron con mayor seguridad.

Una de las formas más comunes de integrar objetos virtuales en el entorno físico es a través del uso de marcadores físicos, los cuales permiten al sistema de realidad aumentada identificar puntos de referencia visuales. Sin embargo, existe una alternativa basada en la geolocalización, que no requiere marcadores visuales ni algoritmos de reconocimiento de imágenes. En este enfoque, los dispositivos móviles como smartphones o tablets utilizan sensores integrados como el GPS, brújula y giroscopio para recopilar información sobre la latitud, longitud y orientación del usuario. A partir de estos datos, la aplicación de realidad aumentada posiciona con precisión contenido digital sobre coordenadas geográficas reales,



ofreciendo una experiencia contextualizada e interactiva en tiempo real (Chuquimia Hernai, 2014).

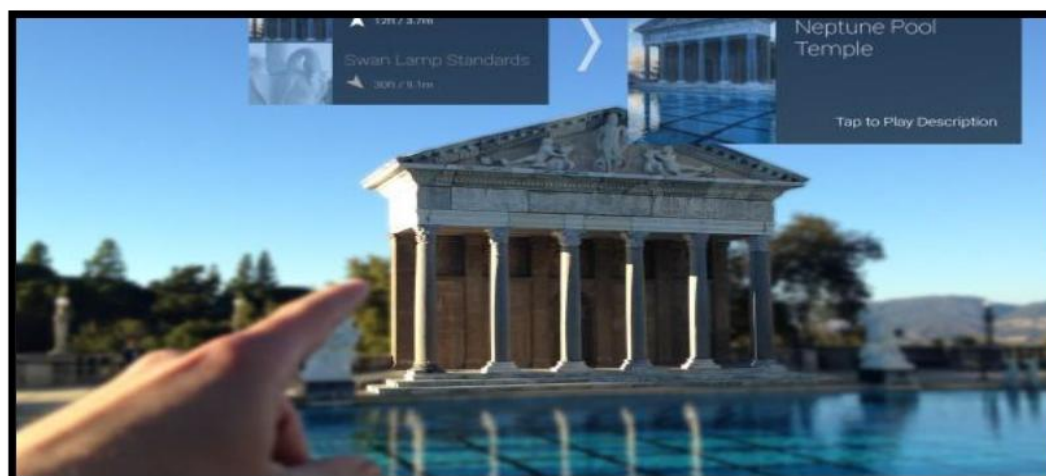


Figura 2 — Geolocalización y Realidad Aumentada

3.2.8 Pantalla

El dispositivo de salida cumple un rol fundamental en las aplicaciones de realidad aumentada, ya que es el medio a través del cual se visualiza la integración entre los elementos virtuales y el entorno físico. Este dispositivo puede ser una pantalla de computadora, un teléfono inteligente, una tablet u otros tipos de pantallas disponibles en diversos equipos tecnológicos, permitiendo así al usuario percibir la combinación entre lo real y lo digital de manera efectiva. (Chuquimia Hernai, 2014).

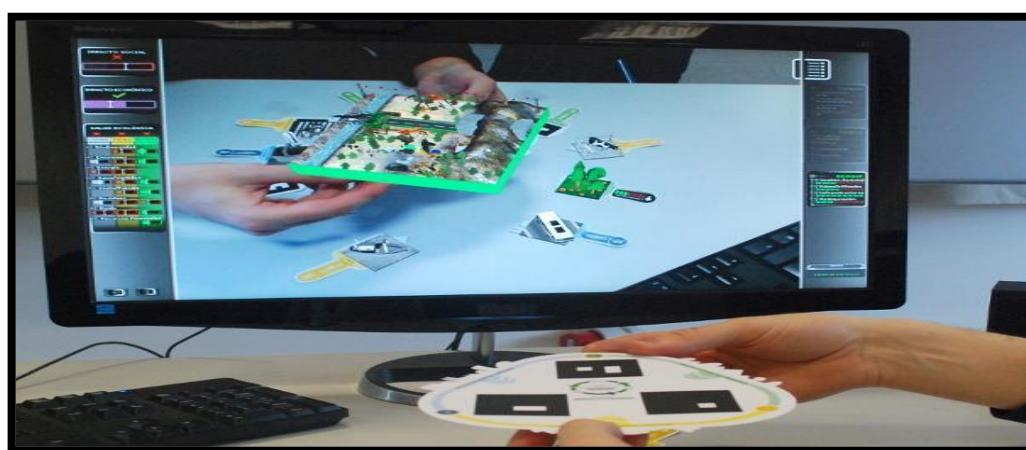


Figura 3 — Integración de objetos virtuales

3.2.9 Software

Este es el encargado de procesar la información obtenida por el periférico de entrada (cámara o Gps), este procesa la información y determina en qué lugar va a renderizar

objetos virtuales, además dota de interactividad a la aplicación, enriqueciendo la experiencia para el usuario (Chuquimia Hernai, 2014).

3.2.10 Cámara

La cámara, en una aplicación de realidad aumentada es el periférico de entrada por excelencia, ya que una cámara tiene la función de leer datos del mundo real (puntos de referencia).

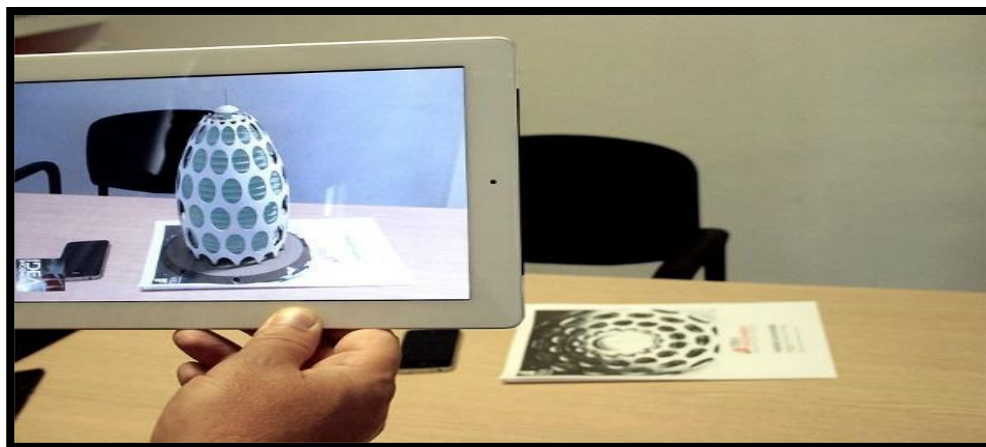


Figura 4 — Demostración de objeto 3D en Realidad Aumentada usando un marcador

3.2.11 Clasificación de realidad aumentada

a) Realidad aumentada basado en marcadores

La realidad aumentada basada en marcadores se apoya en imágenes físicas generalmente cuadradas con bordes negros definidos que sirven como punto de referencia para que el sistema pueda reconocerlas en tiempo real. Durante el proceso de seguimiento, la aplicación examina la escena captada por la cámara y localiza primero el contorno rectangular del marcador; solo cuando este borde es identificado pasa a analizar el patrón interno para confirmar que se trata del marcador correcto. A partir de esta detección, el sistema calcula parámetros como la posición, la escala y la orientación del marcador respecto a la cámara, lo que permite determinar su “pose”. Con esta información, las librerías de realidad aumentada pueden superponer sobre el marcador un objeto virtual tridimensional que se alinea con precisión sobre la imagen física. Este enfoque es uno de los más empleados debido a su eficacia en el reconocimiento incluso cuando el marcador está



girado, inclinado o parcialmente afectado por condiciones visuales complejas (Aguilar Larrarte et al. 2018).

b) Realidad aumentada basado sin marcadores

La realidad aumentada sin marcadores se fundamenta en la detección de elementos propios del entorno físico sin recurrir a figuras artificiales como cuadros negros o patrones impresos. En lugar de depender de un marcador externo, este tipo de RA se apoya en el reconocimiento de características naturales presentes en la escena como texturas, variaciones de color, puntos destacados, esquinas, contornos y otros rasgos distintivos que sirven como referencia para estimar la posición y orientación de la cámara.

En este proceso, el sistema analiza continuamente la imagen capturada para identificar puntos de interés suficientemente estables y diferenciar patrones naturales del fondo, lo que permite generar la información necesaria para calcular la “pose” del dispositivo. A partir de esta estimación, la aplicación puede anclar modelos tridimensionales sobre superficies reales de manera coherente y mantenerlos alineados, aunque el usuario se mueva o cambie la perspectiva.

Este mecanismo resulta especialmente útil cuando no es posible colocar marcadores físicos o cuando se busca una interacción más flexible y adaptada al entorno real, ya que el sistema utiliza directamente la estructura visual del espacio para superponer el contenido digital. Por esta razón, la RA sin marcadores se convierte en una alternativa más natural frente al uso de patrones artificiales, permitiendo experiencias aumentadas que se integran mejor con el contexto y las condiciones reales de la escena (Aguilar Larrarte et al. 2018).

3.2.12 Realidad aumentada en la educación

En los últimos años, la educación ha cambiado bastante, especialmente por los avances en la tecnología y la comunicación. Esto ha afectado directamente a las nuevas generaciones, que crecieron usando dispositivos digitales y hoy en día no imaginan su vida sin ellos. Entre estas herramientas podemos mencionar las



laptops, tablets, celulares, el acceso constante a internet, las redes sociales, la nube, los blogs y las plataformas de educación virtual.

Todas estas tecnologías han hecho que aprender sea más fácil y accesible. Por eso, cada vez es menos común que los estudiantes busquen información únicamente en libros o revistas impresas. Sin embargo, esto no significa que lo tradicional ya no sirva, sino que la educación está evolucionando y adaptándose a un entorno más digital. Sería incoherente seguir usando solo recursos del pasado cuando el contexto actual exige nuevas formas de enseñanza.

Dentro de este cambio aparece la realidad aumentada, una herramienta innovadora con mucho potencial para transformar la educación. Al principio se utilizaba sobre todo en el área médica y militar, pero gracias al desarrollo de los dispositivos móviles ahora está al alcance de cualquier persona.

Por ejemplo, en una clase de historia podría usarse para mostrar en 3D momentos importantes como la muerte de Eduardo Avaroa o escenas de la Guerra del Chaco. En biología permitiría ver cómo funciona un organismo por dentro en tiempo real. Incluso se podrían crear laboratorios virtuales de física, lo que reduciría costos y haría que el aprendizaje sea más interactivo y motivador para los estudiantes (Chuquimia Hernai, 2014).

3.2.13 Valores que aporta la realidad aumentada en la educación

a) Aumenta la motivación y el interés

La realidad aumentada permite que el aprendizaje sea más interactivo y entretenido para los estudiantes. Al integrar objetos virtuales dentro del entorno real, las clases se vuelven más llamativas y fáciles de entender. Esto ayuda a que los estudiantes presten mayor atención, se sientan más motivados y participen con más interés en las actividades. Además, al poder manipular o visualizar elementos en 3D, comprenden mejor los contenidos y se sienten más involucrados en su propio proceso de aprendizaje (Klopfer et al., 2002).



b) Mejora la comprensión y retención de información

La realidad aumentada ayuda a que los estudiantes entiendan mejor los temas que suelen ser complicados, porque convierte ideas abstractas en algo más visible y fácil de interpretar. Al poder observar y manipular modelos virtuales, la información se vuelve más concreta y comprensible. Además, esta interacción genera una experiencia más inmersiva y llamativa, lo que hace que los estudiantes recuerden lo aprendido por más tiempo, ya que la vivencia es más significativa y memorable (Dunleavy et al. 2009).

c) Fomenta el aprendizaje colaborativo

La realidad aumentada también favorece que los estudiantes aprendan de manera colaborativa. Gracias a esta tecnología, pueden trabajar juntos en actividades o proyectos, compartir lo que van descubriendo y apoyarse mutuamente para resolver problemas. Esto hace que el aprendizaje sea más participativo y refuerza habilidades importantes como el trabajo en equipo, la comunicación y la interacción social dentro del aula (Bacca Acosta et al. 2014).

d) Estimula la creatividad y la imaginación

La realidad aumentada impulsa la creatividad y la imaginación de los estudiantes, ya que les brinda muchas posibilidades para diseñar y crear contenido interactivo. Esta tecnología les permite elaborar sus propias actividades o experiencias de RA, lo que no solo les ayuda a expresar ideas de forma original, sino que también fortalece su pensamiento crítico al tomar decisiones, experimentar y resolver problemas durante el proceso (Bacca Acosta et al. 2014).

e) Facilita el acceso a recursos educativos

La realidad aumentada también hace más fácil que los estudiantes accedan a diversos recursos educativos. A través de esta tecnología pueden explorar modelos en 3D, ver simulaciones y utilizar videos interactivos que complementan lo que aprenden en clase. Esto amplía las formas de estudiar y les permite obtener información más actualizada, clara y útil, enriqueciendo así su proceso de aprendizaje (Bacca Acosta et al. 2014).



3.2.14 Aplicaciones de la realidad aumentada

a) Realidad aumentada en juegos

Los videojuegos que incorporan realidad aumentada han experimentado una notable evolución a lo largo del tiempo. En sus inicios, los jugadores necesitaban utilizar múltiples dispositivos, lo que complicaba la experiencia. Sin embargo, con los avances en la tecnología móvil, ahora basta con un teléfono inteligente para disfrutar de esta tecnología, ya que estos dispositivos integran todas las herramientas necesarias para interactuar con la realidad aumentada. Un ejemplo de esta evolución es el juego Kweekies desarrollado por int13, que permite a los jugadores ver y adoptar mascotas virtuales en entornos de realidad aumentada. Otro ejemplo más contemporáneo es Pokémon GO (desarrollado por Niantic en 2016), que incorpora enfrentamientos entre criaturas realizados por turnos y ha marcado un hito importante en la adopción masiva de los juegos de RA (Niantic, 2016).

b) Realidad aumentada en enseñanza

En este contexto, la realidad aumentada resalta por su alto potencial educativo, al proporcionar experiencias de aprendizaje contextualizadas que facilitan la interacción con información superpuesta al entorno físico. Ejemplos representativos de estas herramientas incluyen libros interactivos que permiten observar figuras tridimensionales, así como juegos con fines pedagógicos que emplean esta tecnología (Zeeik, 2025).

c) Realidad aumentada en marketing y venta

Este sector es uno de los que más ha adoptado el uso de la realidad aumentada, dado que su principal propósito es captar la atención del cliente y diferenciarse frente a la competencia. En el contexto comercial, esta tecnología permite a los consumidores interactuar con los productos de forma virtual antes de concretar la compra, brindándoles una experiencia más informada y personalizada (Du et al. 2022).

3.2.15 Dimensiones del aprendizaje de geometría

En este marco, el modelo de estilos de aprendizaje propuesto por Honey y Mumford se fundamenta en la teoría experiencial del aprendizaje desarrollada por Kolb. Según este enfoque, el aprendizaje efectivo resulta del procesamiento de la



información a través de cuatro capacidades fundamentales: vivencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. No obstante, el cuestionario elaborado por Honey y Mumford identifica cuatro estilos de aprendizaje específicos: activo, teórico, pragmático y reflexivo. El modelo ideal, según Honey sugiere que los individuos deberían ser capaces de experimentar, reflexionar, generar hipótesis y aplicar el conocimiento de manera equilibrada. En este sentido, los estudiantes con un estilo activo se caracterizan por su disposición a la acción; los de estilo teórico muestran preferencia por el análisis riguroso y la estructuración lógica; los pragmáticos se enfocan en la aplicación práctica del conocimiento en contextos reales; y los reflexivos tienden a observar y examinar las experiencias desde múltiples perspectivas antes de tomar decisiones. De igual forma, el cuestionario elaborado por Honey y Mumford identifica y evalúa cuatro estilos de aprendizaje: activo, reflexivo, teórico y pragmático. Según lo señalado por Delgado, la herramienta conocida como CHAEA (Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje), desarrollada por Alonso y colaboradores, ha tenido una amplia aceptación y aplicación tanto en España como en diversos países de América Latina (Honey y Mumford, 1986).

Tabla 2 — Estilos de aprendizaje

| Categorías | Características principales | Otras características |
|-------------------|---|---|
| Activo | Animador, improvisador, descubridor, arriesgado, espontáneo | Creativo, novedoso, aventurero, renovador, inventor, vital generador de ideas, vividor de la experiencia, protagonista, innovador, conversador, líder, voluntarioso, participativo. |
| Reflexivo | Ponderado, concienzudo, receptivo, analítico, exhaustivo | Observador, recopilador, paciente, cuidadoso, elaborador de argumentos, previsor de alternativas, estudiosos de comportamientos, registrador de datos, investigador. |
| Teórico | Metódico, lógico, objetivo, crítico, estructurado | Disciplinado, planificado, sistémico, ordenado, sintético, razonador, pensador, relacionador, perfeccionista, |



| | | |
|-------------------|---|---|
| | | generalizador, buscador de hipótesis, buscador de teorías, explorador. |
| Pragmático | Experimentador, práctico, directo, eficaz, realista | Técnico, útil, rápido, decidido, planificador, positivo, concreto, objetivo, claro, seguro de sí, organizador, solucionador de problemas, planificador de acciones. |

3.2.16 Aprendizaje de geometría del espacio

El aprendizaje de la geometría del espacio puede entenderse como el proceso mediante el cual el estudiante construye y desarrolla la capacidad de interpretar, imaginar, representar y operar con cuerpos y configuraciones tridimensionales, vinculando sus propiedades con situaciones del entorno cotidiano y científico; En esta línea, la comprensión y el razonamiento espaciales se consideran componentes centrales del pensamiento geométrico, ya que permiten establecer relaciones entre formas, dimensiones y posiciones en el espacio, apoyándose en la coordinación entre visualización, razonamiento y diferentes sistemas de representación (Gutiérrez Rodríguez, 2006).

3.2.17 Aprendizaje

a) Aprendizaje memorístico

Este tipo de aprendizaje se puede describir como un proceso en el que el estudiante retiene información de forma literal y mecánica, sin conectarla de manera sustantiva con sus conocimientos previos, lo que genera una comprensión superficial de los contenidos. En este sentido, Ausubel (1968) plantea que el aprendizaje repetitivo o memorístico limita la asimilación profunda, porque el estudiante actúa principalmente como receptor pasivo de datos, sin llegar a elaborar significados que favorezcan un entendimiento duradero y transferible de las ideas que aprende (Ausubel, 1968).

b) Aprendizaje receptivo

El aprendizaje receptivo se entiende como aquel en el que la información se presenta al estudiante ya organizada y estructurada, de modo que su tarea principal es comprenderla, sin necesidad de descubrirla por sí mismo ni de actuar de inmediato sobre lo que recibe. En este tipo de aprendizaje, la persona asimila



los contenidos que el docente u otra fuente le ofrece, pero no necesariamente los relaciona con otras experiencias o conocimientos previos, por lo que su participación se centra en la recepción y comprensión básica de la información (Ausubel, 1968; Mejía Tigre et al., 2020).

c) Aprendizaje por descubrimiento

El aprendizaje por descubrimiento se concibe como un proceso en el que el estudiante construye el conocimiento de manera activa, explorando, experimentando y organizando por sí mismo la información, en lugar de recibirla totalmente elaborada. En esta perspectiva, Bruner(1961) plantea que el sujeto aprende con mayor profundidad cuando participa en la búsqueda de relaciones, regularidades y principios, ya que esto favorece la comprensión, la transferencia y el desarrollo de estructuras cognitivas más sólidas (Bruner, 1961).

d) Aprendizaje significativo

El aprendizaje significativo se concibe como un proceso en el que la nueva información se integra de manera sustantiva con los conocimientos previos del estudiante, de modo que no solo se retienen datos, sino que se reorganiza y enriquece la estructura cognitiva existente Ausubel(1968) En esta perspectiva, Ausubel sostiene que el estudiante aprende con mayor profundidad cuando relaciona activamente lo que ya sabe con los nuevos contenidos, lo que favorece la comprensión, el desarrollo de habilidades y una participación más comprometida en su propia formación(Ausubel, 1968).

e) Aprendizaje innovador

El aprendizaje innovador puede entenderse como un proceso en el que el estudiante construye y reorganiza sus conocimientos mediante actividades creativas, participativas y orientadas a la resolución de problemas, de modo que no solo incorpora información nueva, sino que transforma y enriquece sus esquemas previos . En esta perspectiva, el aprendizaje innovador se asocia con metodologías activas y flexibles, uso de recursos variados y contextos cambiantes, lo que favorece la autonomía, la colaboración y el desarrollo de habilidades para enfrentar situaciones complejas en entornos reales (Ausubel, 1968).



f) Aprendizaje visual

El aprendizaje visual se define como una preferencia sensorial por procesar y retener información principalmente a través de elementos gráficos, como imágenes, diagramas, gráficos, mapas conceptuales o representaciones visuales, lo que permite al estudiante construir significados al "ver" y organizar los conceptos de forma estructurada. En este estilo, los individuos no se limitan a una recepción pasiva, sino que interactúan activamente con los recursos visuales para explorar relaciones entre ideas, mejorar la comprensión y facilitar la memoria a largo plazo, especialmente en disciplinas como la geometría donde la visualización espacial es clave (Fleming y Mills, 1992).

g) Aprendizaje auditivo

El aprendizaje auditivo se caracteriza por la preferencia del estudiante por recibir y procesar la información mediante la escucha, de modo que la palabra hablada, las explicaciones orales, el diálogo y otros estímulos sonoros se convierten en la vía principal para comprender y recordar los contenidos. En este estilo, la persona suele aprender con mayor eficacia cuando escucha exposiciones, participa en conversaciones, debates o lecturas en voz alta, y utiliza recursos como grabaciones, podcasts o explicaciones verbales para reforzar y organizar el conocimiento que va construyendo (Wandah et al. 2024).

3.2.18 Escala de calificación del aprendizaje en la educación básica regular

Escala de calificación del aprendizaje en la educación básica regular (nivel primario). En la Educación Básica Regular del Perú, la evaluación de los aprendizajes en primaria se comunica mediante una escala de calificación de tipo literal y descriptiva, común a todos los grados del nivel. Esta escala está conformada por cuatro niveles: AD (Logro destacado), A (Logro previsto o esperado), B (En proceso) y C (En inicio), los cuales expresan el grado de desarrollo de las competencias alcanzado por el estudiante al finalizar cada periodo de evaluación (Ministerio de Educación, 2020).



Tabla 3 — Nivel de logro

| Escala | Nivel de logro | Descripción |
|--------|-----------------|---|
| AD | Logro destacado | Cuando el estudiante evidencia un nivel superior a lo esperado respecto a la competencia. Demuestra aprendizajes que van más allá del nivel esperado. |
| A | Logro esperado | Cuando el estudiante evidencia el nivel esperado respecto a la competencia, demostrando manejo satisfactorio en todas las tareas propuestas y en el tiempo programado. |
| B | En proceso | Cuando el estudiante está próximo o cerca al nivel esperado respecto a la competencia, requiriendo acompañamiento durante un tiempo razonable para lograrlo. |
| C | En inicio | Cuando el estudiante muestra un progreso mínimo en la competencia. Presenta dificultades frecuentes en las tareas, por lo que necesita mayor tiempo de acompañamiento e intervención del docente. |

3.2.19 Competencia de aprendizaje de geometría del espacio

La competencia de aprendizaje de geometría del espacio puede entenderse como la capacidad del estudiante para interpretar, representar y modelar objetos y situaciones del entorno mediante cuerpos y relaciones geométricas tridimensionales, utilizando el razonamiento espacial, la visualización y el cálculo de medidas (longitudes, áreas y volúmenes) para resolver problemas en diversos contextos. Esta competencia implica identificar y describir cuerpos geométricos, establecer relaciones entre sus elementos (caras, aristas, vértices), usar diferentes representaciones (dibujos, vistas, modelos físicos o virtuales) y comunicar con precisión las ideas geométricas que construye, avanzando progresivamente en niveles de razonamiento geométrico según el modelo de Van Hiele (Ministerio de Educación, 2016; Van Hiele, 1986).



3.2.20 Capacidades de resuelve problemas de forma, movimiento y localización

Las capacidades de la competencia “Resuelve problemas de forma, movimiento y localización” en el área de Matemática describen las acciones que realiza el estudiante cuando utiliza la geometría para resolver problemas del entorno. Estas capacidades orientan a que el alumno modele objetos y situaciones con figuras y cuerpos geométricos, se oriente y describa posiciones y movimientos en el espacio, comunique con precisión sus ideas geométricas y argumente sobre las propiedades y relaciones entre formas, de acuerdo con lo establecido en el Currículo Nacional de la Educación Básica (Ministerio de Educación, 2016).

3.2.21 Dimensiones de resuelve problemas de forma, movimiento y localización

En esta investigación, las dimensiones de la competencia “Resuelve problemas de forma, movimiento y localización” se asumen a partir de las capacidades específicas definidas para el área de Matemática en el Currículo Nacional de la Educación Básica, focalizadas en la geometría del espacio en el nivel primario. Desde este enfoque, se consideran tres dimensiones clave: la modelación geométrica de objetos y situaciones, la comunicación de la comprensión sobre las formas y relaciones geométricas, y el uso de estrategias para orientarse en el espacio, las cuales permiten operacionalizar el desarrollo del pensamiento geométrico espacial en los estudiantes (Ministerio de Educación, 2016).

a) Modela objetos con formas geométricas

Esta dimensión alude a la capacidad del estudiante para representar objetos y situaciones reales mediante cuerpos geométricos (cubos, prismas, pirámides, cilindros, esferas, etc.), identificando sus elementos (caras, aristas, vértices) y realizando transformaciones sencillas como giros, desplazamientos o cambios de tamaño. Se vincula con la idea de modelización geométrica del Currículo Nacional, donde el alumno usa las formas del espacio para simplificar y comprender la realidad y resolver problemas que implican área, volumen y configuración espacial (Ministerio de Educación, 2016; Godino, 2003).

b) Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

Esta dimensión se refiere a la facultad del estudiante para expresar, de manera oral, escrita o mediante representaciones gráficas, lo que entiende sobre las propiedades de las figuras y cuerpos geométricos y sobre las relaciones



espaciales entre ellos. Incluye el uso de un vocabulario geométrico pertinente (por ejemplo, caras planas o curvas, paralelismo, perpendicularidad, simetrías, vistas, redes) y la explicación de sus procedimientos y razonamientos al resolver tareas geométricas, en consonancia con el énfasis del currículo en comunicar la comprensión matemática (Ministerio de Educación, 2016; Chamorro,2003).

c) Usa estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio

Esta dimensión implica que el estudiante aplica diferentes recursos para ubicarse y ubicar objetos en el espacio, tales como puntos de referencia, descripciones de recorridos, planos sencillos, croquis o sistemas de coordenadas básicos. Supone que el alumno interpreta y produce representaciones espaciales (por ejemplo, mapas o vistas de un objeto) y las utiliza para describir posiciones y desplazamientos, resolviendo problemas de localización y movimiento coherentes con la competencia “Resuelve problemas de forma, movimiento y localización” del diseño curricular peruano (Ministerio de Educación, 2016; Van Hiele, 1986).

3.2.22 Geometría del espacio

La geometría del espacio puede entenderse como la rama de la geometría que estudia las propiedades, relaciones y configuraciones de los cuerpos y figuras en el espacio, considerando elementos como puntos, rectas, planos, ángulos, superficies y sólidos geométricos. Desde una perspectiva didáctica, Godino y colaboradores señalan que este estudio incluye especialmente el análisis y la representación de poliedros y otros cuerpos como prismas, pirámides, cilindros, conos y esferas, así como las relaciones entre sus elementos (caras, aristas y vértices) y las medidas asociadas, tales como longitudes, áreas y volúmenes (Godino, 2003).

3.2.23 Tipos de sólidos

a) Prismas

Un prisma es un cuerpo geométrico formado por dos bases poligonales congruentes y paralelas, unidas por caras laterales que son paralelogramos. En un prisma pentagonal, por ejemplo, las bases son pentágonos iguales y las caras laterales conectan cada vértice de una base con el vértice correspondiente de la otra; el prisma se considera regular cuando sus bases son polígonos regulares y



las aristas laterales son perpendiculares a las bases, de modo que las caras laterales resultan rectangulares (Godino y Ruiz, 2002).

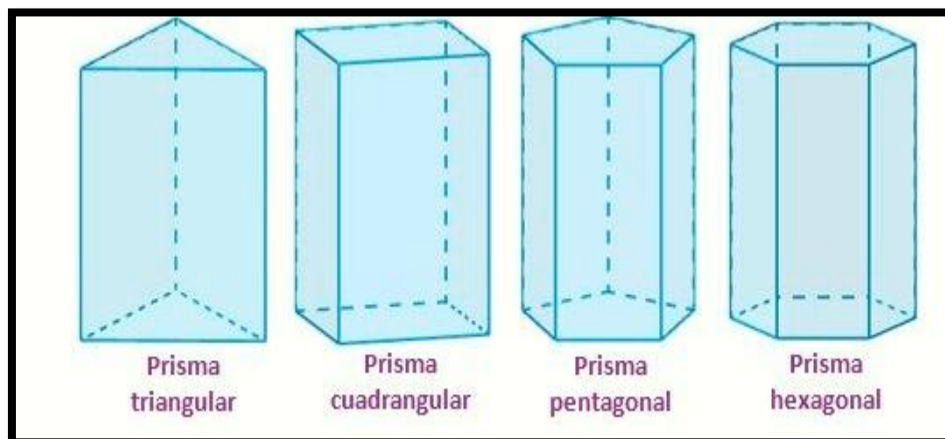


Figura 5 — Tipos de prismas

b) Pirámides

Una pirámide es un poliedro que tiene como base un polígono y un vértice que no se encuentra en el mismo plano de esa base; al unir dicho vértice con todos los vértices del polígono mediante segmentos, se generan caras laterales triangulares que convergen en ese punto. De esta manera, la pirámide queda determinada por la forma de su base y por la disposición de sus caras laterales que se encuentran todas en un único vértice (Godino y Ruiz, 2002).

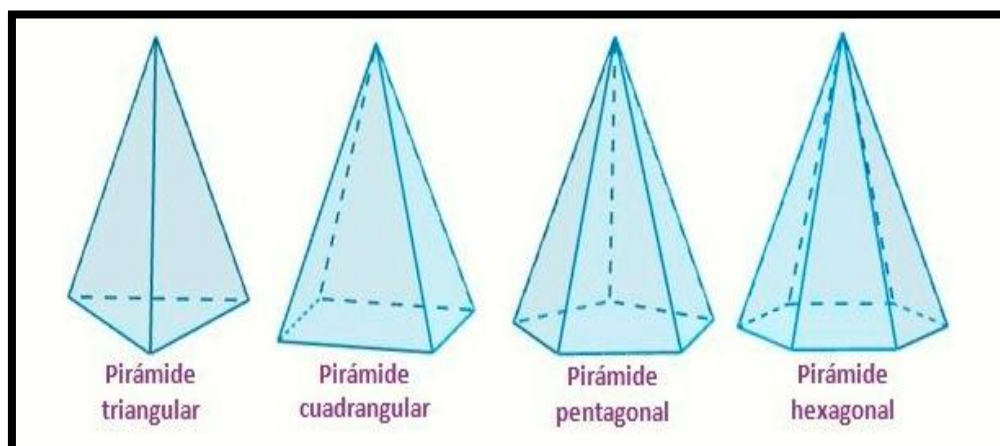


Figura 6 — Tipos de pirámides

c) Cilindro

Un cilindro circular recto es un sólido de revolución que se obtiene al hacer girar un rectángulo alrededor de uno de sus lados, produciendo una superficie lateral curva y dos bases circulares congruentes y paralelas. También puede entenderse como el cuerpo generado por el desplazamiento paralelo de una circunferencia



a lo largo de una recta, dando lugar a un sólido sin aristas ni vértices que ocupa un volumen en el espacio (Godino y Ruiz, 2002).

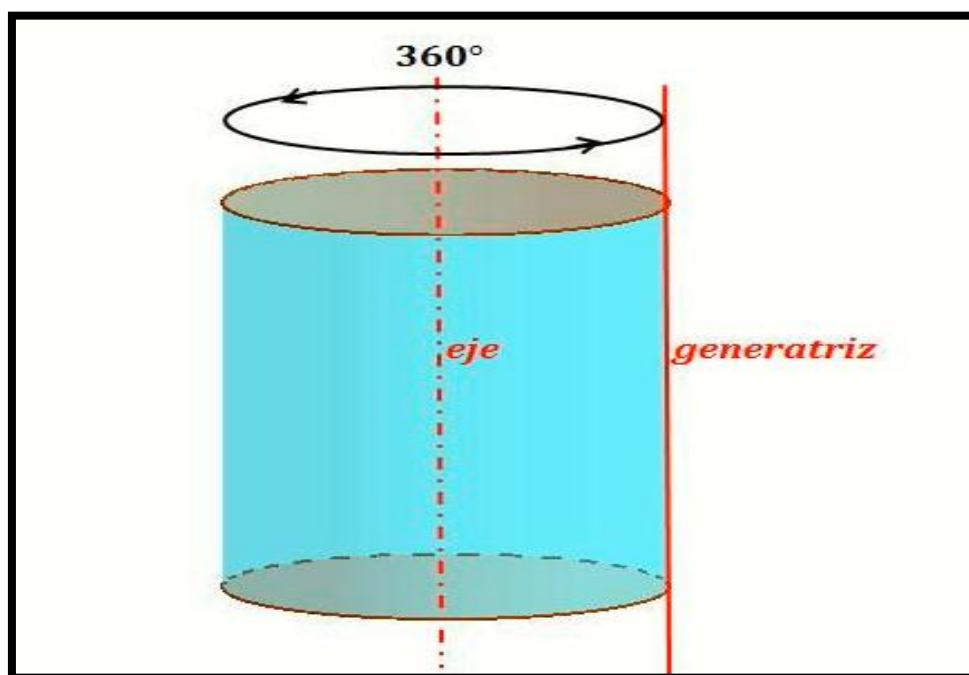


Figura 7 — Cilindro

3.2.24 Metodología MOBILE-D

Es una metodología de desarrollo ágil que Abrahamsson et al. (2004) diseñaron para optimizar los procesos de creación de software móvil en equipos reducidos con plazos ajustados. La metodología estructura el trabajo mediante fases iterativas que integran momentos de planificación, desarrollo y entrega, permitiendo que los avances se validen constantemente con los usuarios finales. Su aplicabilidad en proyectos educativos con tecnologías emergentes como aplicativos de realidad aumentada radica en su capacidad de adaptarse rápidamente a cambios en los requisitos pedagógicos, facilitando que el desarrollo del software se alinee continuamente con las necesidades educativas identificadas en el contexto de aplicación.





Figura 8 — Ciclos de la Metodología MOBILE-D

3.2.25 Fases de metodología MOBILE-D

Las fases de la metodología MOBILE-D constituyen una secuencia de etapas iterativas que organizan el desarrollo de aplicaciones móviles en proyectos de corta duración y con equipos pequeños. En la propuesta original, MOBILE-D estructura el proceso en cinco fases principales: exploración, inicialización, desarrollo del producto, estabilización y pruebas, las cuales combinan actividades de planificación, implementación, verificación y entrega continua de versiones funcionales para asegurar la calidad y la adaptación al cambio durante todo el ciclo del proyecto (Abrahamsson et al., 2004; Hidalgo Toctaguano et al., 2016).

a) Fase de exploración

En esta fase se analiza la idea del producto móvil, el contexto del cliente y la viabilidad del proyecto, definiendo los objetivos iniciales, el alcance general y los riesgos más relevantes. Aquí se construye una visión global de la aplicación y se identifican las funcionalidades clave que guiarán las siguientes etapas del desarrollo (Abrahamsson et al., 2004; Martínez et al., 2020).

b) Fase de inicialización

En la inicialización se organiza el equipo, se seleccionan las tecnologías y herramientas a utilizar y se define la arquitectura básica de la aplicación. Además, se planifica el primer ciclo de trabajo, priorizando requisitos y



estableciendo criterios de aceptación de acuerdo con las necesidades del cliente (Abrahamsson et al., 2004).

c) Fase de producción

Esta fase se centra en la implementación iterativa de las funcionalidades priorizadas, mediante ciclos cortos en los que se programan, integran y prueban los componentes de la aplicación móvil. Se aplican prácticas ágiles como desarrollo incremental, integración continua y pruebas frecuentes para garantizar la calidad del software y obtener versiones ejecutables tempranas (Abrahamsson et al. 2004; Martínez et al. 2020).

d) Fase de estabilización

Una vez desarrolladas las principales funcionalidades, la estabilización se orienta a depurar errores, mejorar el rendimiento y asegurar el correcto funcionamiento global del sistema. Se realizan pruebas más exhaustivas, ajustes de interfaz y revisiones de usabilidad para preparar una versión estable cercana a la liberación (Abrahamsson et al. 2004).

e) Fase de pruebas del sistema

En la fase final se ejecutan pruebas de sistema y de aceptación con el cliente o usuarios finales, verificando que la aplicación cumple los requisitos funcionales y no funcionales definidos. A partir de los resultados se validan las entregas y, si es necesario, se planifican nuevas iteraciones para correcciones o mejoras (Abrahamsson et al., 2004; Martínez et al., 2020).

3.2.26 Unity 3D

Unity es un motor y entorno de desarrollo multiplataforma que permite crear videojuegos y aplicaciones interactivas en 2D y 3D, ampliamente utilizado para proyectos de realidad virtual, realidad aumentada y simulaciones interactivas (Unity Technologies, s. f.). La plataforma incluye un editor visual, soporte para múltiples dispositivos y una tienda de recursos (Asset Store) que ofrece modelos, texturas, sonidos, animaciones y scripts reutilizables, lo que agiliza el desarrollo y facilita la integración de elementos complejos en los proyectos (Unity Technologies, 2017).



3.2.27 Vuforia

Vuforia es un kit de desarrollo de software (SDK) para realidad aumentada que permite reconocer y rastrear imágenes planas y objetos 3D en tiempo real mediante técnicas de visión por computadora, posicionando objetos virtuales sobre la imagen capturada por la cámara del dispositivo (VUFORIA, 2024). Esta integración hace posible que, al ver el entorno a través de la cámara de un móvil o tableta, se combinen elementos del mundo real con contenidos digitales como modelos 3D, texto o animaciones (Venegas Condormango et al., 2020).

3.2.28 Blender

Blender es una suite de creación de contenido 3D, de código abierto y multiplataforma, que integra en un solo entorno herramientas para modelado tridimensional, texturizado, animación, simulación, renderizado, composición mediante nodos y edición de video, permitiendo producir imágenes, animaciones y efectos visuales completos. Además, ofrece funciones avanzadas de esculpido digital, pintura sobre modelos y creación de experiencias interactivas mediante sistemas de lógica y scripts en Python, lo que la convierte en una plataforma versátil para producción audiovisual, diseño y desarrollo de contenido 3D (Blender Foundation, 2022).

3.2.29 Datos específicos de la Institución Educativa

a) Nombre de la Institución Educativa

- Institución Educativa N.º 54009 “VILLA GLORIA”



Figura 9 — Institución Educativa N.º 54009 “VILLA GLORIA”

b) Ubicación geográfica

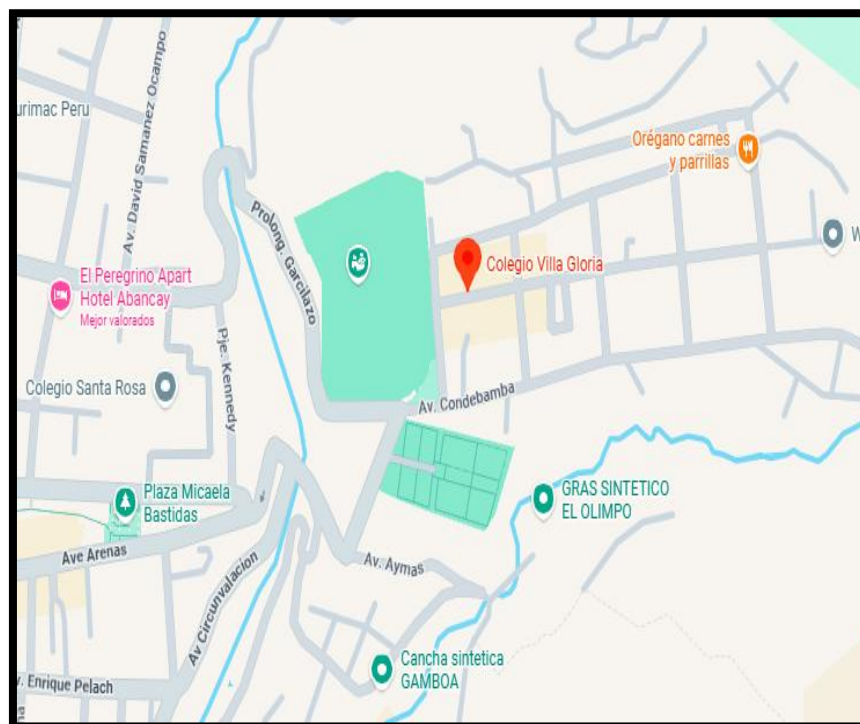


Figura 10 — Ubicación geográfica

3.3 Marco conceptual

a) Realidad Aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que me permite mezclar elementos del mundo real con información digital. Cuando se usa esta tecnología en el teléfono o tableta, ve el entorno físico con elementos virtuales superpuestos, como modelos en 3D, imágenes o textos. Los contenidos digitales se actualizan en tiempo real, creando una experiencia interactiva donde los elementos físicos y virtuales funcionan juntos de manera clara. Esta tecnología me permite trabajar con información digital sin dejar de ver el entorno real, mejorando la percepción del espacio (Azuma, 1997).

b) Aprendizaje

El aprendizaje es un cambio en la capacidad de una persona para actuar que ocurre cuando practica algo. Este cambio se ve en el comportamiento de la persona de forma clara y duradera. No es solo un asunto de crecer o madurar biológicamente, sino que ocurre porque la persona está practicando y aprendiendo algo nuevo (Gagné, 1965).

c) Geometría

La geometría es la ciencia que se encarga de estudiar el espacio y es una herramienta importante para describir y medir las figuras; Ayuda a entender cómo funcionan las formas en el mundo físico y a crear modelos de lo que se ve alrededor. Además, la geometría permite hacer representaciones visuales de ideas y procesos matemáticos usando gráficos, diagramas y otros recursos para explicar conceptos de manera clara (Hernández et al., 2001).

d) Calificación

La calificación es el resultado que se obtiene cuando se evalúa lo que aprendió un estudiante. Se expresa con un valor que muestra el nivel de logro alcanzado en relación con las competencias que debe desarrollar. Esta calificación se construye a partir de evidencias recogidas de manera continua, como trabajos, productos y desempeño en situaciones reales, y se usa para dar retroalimentación y mejorar el aprendizaje. En la Educación Básica, se comunica mediante una escala con cuatro niveles: AD (logro destacado), A (logro esperado), B (en proceso) y C (en inicio), que describen el grado de desarrollo de cada competencia. Cada nivel muestra qué tan cerca o lejos está el estudiante de lo que se espera, permitiendo al docente decidir si avanza, necesita acompañamiento adicional o requiere acciones de recuperación pedagógica (Ministerio de Educación, 2016).

e) Figura geométrica

Las figuras geométricas son construcciones mentales que combinan dos partes. La primera es la parte conceptual, que incluye las definiciones y propiedades matemáticas de la figura. La segunda es la parte visual, que son las imágenes que vemos y las formas en el espacio. Esta combinación permite entender las figuras de dos formas: usando la intuición y el razonamiento lógico. Esto ayuda a analizar cómo funcionan las formas, crear ideas nuevas y mejorar el aprendizaje de la geometría en la clase (Efraim Fischbein, 1993).

f) Figura tridimensional

Las figuras tridimensionales, también llamadas sólidos o cuerpos geométricos, son formas que existen en tres dimensiones: largo, ancho y alto. Esto significa que tienen profundidad y ocupan un espacio real, a diferencia de las figuras planas. Ejemplos de estas figuras son el cubo, el prisma, el cono y el cilindro. Cada figura tridimensional



está compuesta por partes básicas: caras (superficies planas o curvas), aristas (líneas que las rodean) y vértices (puntos donde se juntan las líneas). Estudiar estas figuras ayuda a desarrollar la capacidad de pensar en el espacio y visualizar formas en la mente, lo que es importante en la educación matemática para conectar ideas abstractas con situaciones reales (Godino, 2003).

g) Capacidad matemática

La capacidad matemática es la habilidad que tiene para entender ideas matemáticas, hacer cálculos correctamente, encontrar formas de resolver problemas, pensar de manera lógica y tener una actitud positiva hacia las matemáticas. Esta habilidad tiene cinco partes que funcionan juntas: entender los conceptos, hacer procedimientos rápido, saber resolver problemas, pensar con lógica y querer aprender. Todas estas partes se desarrollan juntas y se ayudan mutuamente cuando practico en la escuela (Kilpatrick et al., 2001).

h) Habilidad matemática

Las habilidades matemáticas son destrezas que permiten usar el conocimiento matemático para resolver problemas, como hacer cálculos, estimar valores y visualizar formas. Estas habilidades van más allá de solo hacer operaciones, porque incluyen entender conceptos y pensar de manera lógica. Se desarrollan cuando practico, resuelvo problemas reales y uso herramientas tecnológicas como la realidad aumentada (Cockcroft, 1982).

i) Sólido geométrico

Los sólidos geométricos son cuerpos que existen en tres dimensiones y están limitados por superficies planas o curvas, como cubos, prismas, esferas y conos. Cada sólido tiene propiedades como caras, aristas y vértices. Para entenderlos bien, necesito analizar su superficie, volumen y simetría. Además, comprenderlos requiere coordinar diferentes formas de representarlos: visuales, verbales, simbólicas y gráficas. Por eso, usar realidad aumentada en la enseñanza de sólidos geométricos ayuda a una comprensión más profunda (Duval, 2006).

j) Mallas poligonales

Las mallas poligonales constituyen la estructura geométrica fundamental del modelado tridimensional, conformadas por un conjunto interconectado de vértices, aristas y caras



poligonales que definen la superficie y la forma de un objeto en el espacio digital. Su funcionamiento se basa en la unión de polígonos bidimensionales principalmente triángulos y cuadriláteros que al articularse forman una estructura reticular capaz de simular con precisión la apariencia de cualquier objeto tridimensional. En el contexto de las aplicaciones móviles de realidad aumentada, el uso de mallas poligonales optimizadas resulta indispensable para garantizar el renderizado fluido en tiempo real sin sobrecargar el procesador del dispositivo (Botsch et al., 2010).

Desde el punto de vista técnico, la calidad de una malla depende de su topología, es decir, la distribución y conectividad equilibrada de sus elementos. Una topología deficiente genera errores de sombreado, deformaciones inesperadas y mayor consumo de recursos computacionales; por el contrario, una malla bien estructurada permite manipulaciones precisas, animaciones correctas y exportaciones eficientes. Las técnicas más comunes para trabajar mallas son la extrusión, la subdivisión y el biselado, las cuales permiten agregar detalle, suavizar bordes y ampliar la complejidad formal de los objetos (Fernández, 2011).

k) Vértices

El vértice es la unidad mínima e indivisible de toda geometría tridimensional: representa un punto singular ubicado en el espacio 3D definido por sus coordenadas cartesianas (x, y, z). Por sí solo un vértice no construye ninguna forma visible, pero al conectarse con al menos dos vértices adicionales mediante aristas, constituye el polígono mínimo representable en cualquier escena tridimensional: el triángulo. Cada vértice almacena de manera precisa su posición en el sistema de coordenadas espaciales, lo que permite al motor gráfico como Unity 3D calcular y posicionar con exactitud cada elemento de una figura geométrica dentro del entorno de realidad aumentada (Marschner et al., 2021).

En la jerarquía de la geometría poligonal, los vértices son los elementos de mayor jerarquía operativa: al desplazar un vértice se modifican automáticamente todas las aristas y caras que convergen en él, afectando la forma global del objeto. Esta capacidad de transformación hace de los vértices el punto de control esencial en el modelado y la animación de figuras geométricas tridimensionales, permitiendo rotaciones, escalados y deformaciones precisas (Botsch et al., 2010).



l) Tipos de objetos en 3D

El modelado tridimensional clasifica los objetos según la técnica geométrica empleada para representar su forma, cada una con características, ventajas y aplicaciones específicas.

m) Modelado de sólidos:

representa objetos como cuerpos cerrados con volumen real y propiedades físicas definidas masa, densidad, centro de gravedad, siendo el estándar de la ingeniería CAD y la manufactura industrial. El modelado de superficies trabaja con láminas matemáticas de espesor nulo mediante curvas NURBS, ideal para formas de alta complejidad estética como carrocerías y dispositivos electrónicos. El modelado de mallas o polígonos define los objetos como redes de polígonos interconectados triángulos o cuadriláteros, siendo el formato universal para renderizado en tiempo real en videojuegos, animación 3D, impresión 3D y realidad aumentada; es la técnica empleada en el presente estudio mediante Blender y Unity 3D (Akenine et al.,2018).

n) Modelado paramétrico

Define las formas a través de parámetros y relaciones matemáticas modificables, lo que permite actualizar automáticamente toda la geometría dependiente al cambiar una sola variable. El modelado directo permite editar geometría 3D sin historial previo de operaciones, siendo especialmente útil para modificar modelos importados de forma rápida e intuitiva. Finalmente, la escultura digital imita el proceso de esculpir arcilla mediante pinceles virtuales sobre mallas de alta resolución, siendo la técnica dominante en el diseño de personajes para videojuegos y animación (Yin et al., 2023).



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

El presente estudio se enmarcó en una investigación de tipo aplicada, ya que se orientó a la solución de un problema educativo concreto mediante la utilización de conocimientos teóricos y tecnológicos en un contexto real. En este caso, se implementó una aplicación basada en realidad aumentada con el propósito de mejorar el aprendizaje de la geometría del espacio en los estudiantes de la Institución Educativa N.º 54009 VILLA GLORIA, buscando generar una innovación pedagógica que contribuyó a optimizar los resultados de aprendizaje y al diseño de nuevas herramientas didácticas que beneficiaron a los estudiantes (Hernández Sampieri et al., 2014).

4.1.2 Nivel de investigación

La investigación se enmarcó dentro del nivel explicativo, dado que tuvo como finalidad identificar, examinar y evidenciar la relación causa-efecto entre dos variables: por un lado, el uso de una aplicación sustentada en tecnología de realidad aumentada (variable independiente) y, por otro, la mejora en el aprendizaje de contenidos relacionados con la geometría del espacio (variable dependiente) en estudiantes del nivel primario.

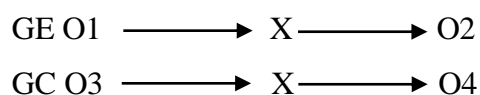
Hernández y Baptista (2014) señalaron que la investigación explicativa permitió no solo establecer relaciones entre variables, sino también comprobar hipótesis causales que contribuyeron a la comprensión profunda de una realidad educativa concreta. Por ello, el presente estudio se orientó al análisis riguroso del efecto de la intervención tecnológica en el rendimiento académico de los estudiantes, con un diseño cuasi experimental que respaldó dicha finalidad (Hernández Sampieri et al., 2014).



4.2 Diseño de la investigación

El enfoque metodológico adoptado corresponde a un diseño cuasi experimental, el cual se caracteriza por la utilización de dos grupos: uno experimental, que será expuesto al tratamiento mediante el uso de una aplicación móvil, y otro grupo de control, que no recibirá dicha intervención. Este diseño permite realizar una comparación entre ambos grupos a través de la aplicación de una prueba previa (pretest) y una posterior (postest).

Cabe señalar que, en los diseños cuasi experimentales, se manipula intencionadamente una variable independiente con el propósito de examinar su influencia sobre una o más variables dependientes. Sin embargo, a diferencia del diseño experimental clásico, la asignación de los participantes a los grupos no se realiza de manera aleatoria ni por emparejamiento; por el contrario, se trabaja con grupos ya existentes o previamente conformados, conocidos como grupos intactos (Hernández Sampieri et al., 2014).



donde

| | |
|-----------|---|
| GE | Grupo experimental; |
| GC | Grupo de control; |
| O1 | Medición pre-test al grupo experimental; |
| X | Aplicación del experimento (variable independiente) en el grupo experimental; |
| O2 | Medición post test al grupo experimental; |
| O3 | Medición pre test al grupo control; |
| O4 | Medición post test al grupo control. |

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

La población del estudio estuvo conformada por N= 305 estudiantes del nivel primario de la I.E. N° 54009 “VILLA GLORIA” (1.º a 6.º de primaria). Del 1.º al 3.º grado cada nivel cuenta con tres secciones (A, B y C), mientras que a partir de 4.º grado (4.º, 5.º y 6.º) se cuenta con dos secciones: A y B.



4.3.2 Muestra

La muestra del presente estudio estuvo constituida por 60 ($n=60$) estudiantes de la Institución Educativa N.º 54009 “VILLA GLORIA”. Los participantes se distribuyeron en dos grupos equivalentes: $n=30$ estudiantes pertenecientes a la sección “A”, asignados como grupo experimental, y $n=30$ estudiantes de la sección “B”, designados como grupo de control.

El grupo experimental participó en una intervención pedagógica mediada por una aplicación móvil de realidad aumentada, diseñada para fortalecer el aprendizaje de la geometría del espacio mediante actividades interactivas y visualización tridimensional de figuras geométricas. En contraste, el grupo de control desarrolló los contenidos del área siguiendo la metodología tradicional empleada habitualmente por el docente.

La selección de los grupos se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios de accesibilidad, disposición de los docentes y similitud en las características académicas y socioeducativas de ambas secciones, en coherencia con lo que plantea Hernández Sampieri respecto al uso de este tipo de muestreo en contextos aplicados donde se trabaja con grupos intactos disponibles (Hernández Sampieri et al., 2014).

Por tratarse de un muestreo no probabilístico, los resultados son válidos para la muestra estudiada y no pueden generalizarse a toda la población sin nuevas investigaciones.

La lista nominal completa de los estudiantes del grupo experimental (pre test y post test) se presenta en los Anexos H y I, mientras que la lista nominal del grupo de control aparece en los Anexos J y K. Las calificaciones detalladas de ambos grupos en las tres dimensiones evaluadas se incluyen en las tablas de calificaciones correspondientes.

4.4 Procedimiento

a) Selección de instrumentos

En el presente estudio se utilizaron instrumentos estructurados que permitieron recoger información válida y confiable para evaluar tanto el nivel de aprendizaje de los



estudiantes como la calidad del aplicativo educativo desarrollado. Para la medición del aprendizaje, se aplicaron pruebas tipo test de opción múltiple, diseñadas específicamente para estudiantes de cuarto grado de primaria. Estos instrumentos permitieron comparar los niveles de logro antes y después del uso del aplicativo (Hernández Sampieri, 2014).

Los cuestionarios completos de pre test y post test, así como el registro de observación utilizado, se presentan en los Anexos B al G , mientras que el proceso de validación por juicio de expertos se detalla en el Anexo Q.

b) Recolección de información

Se realizó la búsqueda y recopilación de información pertinente en la Institución Educativa N.º 54009 “VILLA GLORIA”, con el propósito de sustentar el desarrollo del proyecto de tesis. La constancia institucional que acredita la aplicación del proyecto en dicha institución se encuentra en el Anexo R.

c) Análisis de requerimientos

Se validaron los requerimientos necesarios para la implementación del aplicativo, considerando tantos aspectos técnicos; La vinculación detallada entre el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables y sus dimensiones, que orientó este análisis de requerimientos, se sintetiza en la matriz de consistencia presentada en el Anexo A.

d) Desarrollo del aplicativo móvil

Se procedió al diseño y programación del aplicativo móvil basado en realidad aumentada, orientado a fortalecer el aprendizaje de la geometría espacial.

Las evidencias del modelado tridimensional de las figuras, la validación y verificación del sistema, las pruebas de compatibilidad en distintos dispositivos y el funcionamiento del aplicativo en contexto de aula se documentan en los Anexos S, T, U y V, respectivamente.

e) Procesamiento y análisis de datos

- Se recogieron datos antes del uso del aplicativo.
- Se registraron los resultados posteriores a su utilización.



- Se elaboró cuadros estadísticos y gráficos comparativos para interpretar los efectos obtenidos tras la intervención.

Las calificaciones individuales de los estudiantes en los pre test y post test de cada dimensión, así como las listas de integrantes de los grupos experimental y de control que sirvieron de base para dichos cuadros y gráficos, se presentan en los Anexos H, I, J, K, L y M junto con las tablas de calificaciones detalladas.

4.5 Técnica e instrumentos

a) Técnicas:

- **Observación**

Se utilizó una ficha de observación estructurada para registrar el desempeño y la participación de los estudiantes durante el uso del aplicativo (Anexo P): Registro de observación.

- **Encuesta**

La encuesta se utilizó para recopilar datos sobre la usabilidad y las funcionalidades de la aplicación, considerando criterios de calidad del software educativo (ver Anexos B al G, L y M donde se incluyen los cuestionarios aplicados).

- **Examen pre test**

Se aplicó con el fin de identificar el nivel de conocimientos que poseen los estudiantes antes de usar el aplicativo móvil; el instrumento completo se presenta en los anexos de pruebas de entrada (ver Anexos B al G).

- **Examen post test**

Permitió medir el grado de aprendizaje alcanzado por los estudiantes después de haber interactuado con la aplicación móvil; el instrumento correspondiente se encuentra también en los anexos de pruebas de salida (ver Anexos B, D y F).

b) Instrumentos:

- **Cuestionario de Pre test de desarrollo del aprendizaje**

Tenía como finalidad medir los conocimientos iniciales relacionados con la geometría del espacio antes de la implementación de la aplicación móvil. El instrumento completo, diseñado para evaluar las tres dimensiones de la competencia



(modelar objetos geométricos, comunicar comprensión sobre formas, y usar estrategias para orientarse en el espacio), se presenta en los Anexos B, D y F (cuestionarios de pre test).

- **Cuestionario de Post test de desarrollo del aprendizaje**

Permitió valorar el nivel de comprensión alcanzado en el área de geometría del espacio, una vez finalizado el uso de la aplicación móvil. El instrumento de post test correspondiente se encuentra en los Anexos C, E y G (cuestionarios de post test).

- **Registro de observación**

Donde se documentaron los resultados obtenidos a partir de la observación durante la aplicación del estudio. El formato detallado del registro de observación y los resultados individuales por estudiante se presentan en el Anexo P.

4.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se siguieron los siguientes pasos: en primer lugar, se calcularon estadísticas descriptivas frecuencias absolutas, porcentajes, media aritmética y desviación estándar muestral de los puntajes obtenidos en las pruebas de geometría del espacio, tanto en el pretest como en el postest, con el fin de describir el rendimiento de los estudiantes en cada grupo. En segundo lugar, se verificaron los supuestos necesarios para la aplicación de pruebas inferenciales mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. Posteriormente, se realizó la comparación de los puntajes de pretest entre el grupo experimental y el grupo de control para comprobar su equivalencia inicial y, finalmente, se compararon los puntajes de postest entre ambos grupos aplicando la prueba t de Student para muestras independientes (cola superior, $\alpha = 0,05$; $\alpha = 0,05$), complementada con el cálculo del tamaño del efecto mediante el estadístico d de Cohen, con el propósito de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas atribuibles a la intervención con realidad aumentada y estimar la magnitud del efecto pedagógico.



CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Contratación de hipótesis

5.1.1 Prueba de hipótesis general: para el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora significativamente el aprendizaje de la geometría del espacio

a) Planteamiento de hipótesis

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$

El nivel de aprendizaje en "Geometría del espacio" no presenta diferencias significativas entre los estudiantes que utilizaron el aplicativo de realidad aumentada y aquellos que no lo utilizaron en la I.E. N.º 54009 "VILLA GLORIA" – 2024.

- $H_1: \mu_1 > \mu_2$

El nivel de aprendizaje en el pos test de "Geometría del espacio" es significativamente mayor en el grupo experimental que en el grupo control. La contrastación se realiza con t de Student para muestras independientes, una cola, $\alpha = 0,05$.

b) Prueba de normalidad

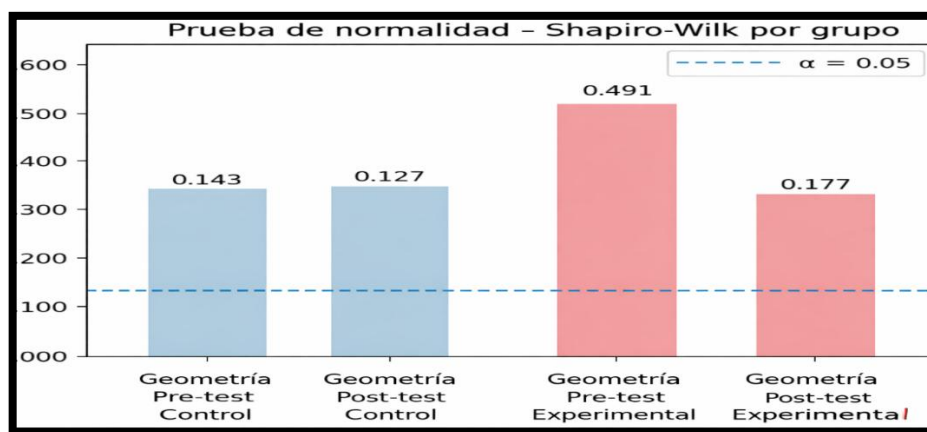


Figura 11 — Prueba de normalidad del uso del aplicativo de realidad aumentada



Tabla 4 — Prueba de normalidad del uso del aplicativo de realidad aumentada

| Variable | Shapiro-Wilk | | |
|----------------------------------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Geometría Pre-test Control | 0,947 | 30 | 0,143 |
| Geometría Post-test Control | 0,945 | 30 | 0,127 |
| Geometría Pre-test Experimental | 0,968 | 30 | 0,491 |
| Geometría Post-test Experimental | 0,951 | 30 | 0,177 |

c) Nivel de significancia

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, utilizándose una prueba unilateral (cola superior), en coherencia con la hipótesis alterna planteada ($\mu_1 > \mu_2$).

d) Estadísticos descriptivos

| Grupo | Media | Desviación estándar |
|--------------|-------|---------------------|
| Control | 12.83 | = 1.58 |
| Experimental | 14.93 | = 1.92 |

La diferencia de medias es:

$$\Delta\bar{x} = 14.93 - 12.83 = 2.10$$

El grupo experimental superó al grupo control en 2.10 puntos sobre 20.

Diferencia porcentual: 16.37%

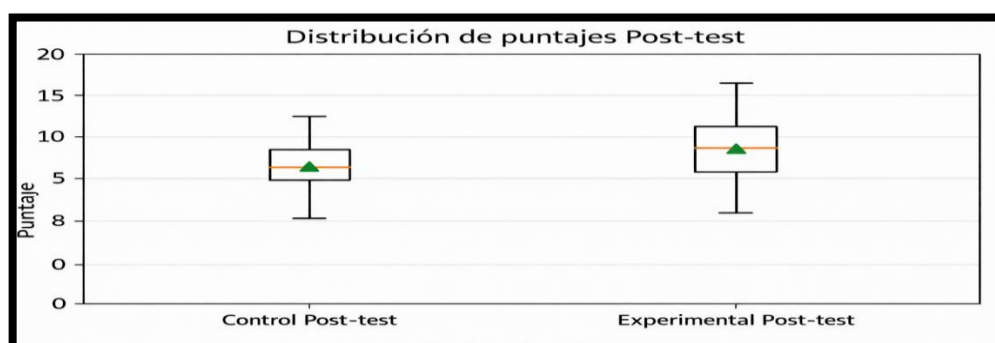


Figura 12 — Estadístico descriptivo del uso del aplicativo de realidad aumentada



e) Región crítica

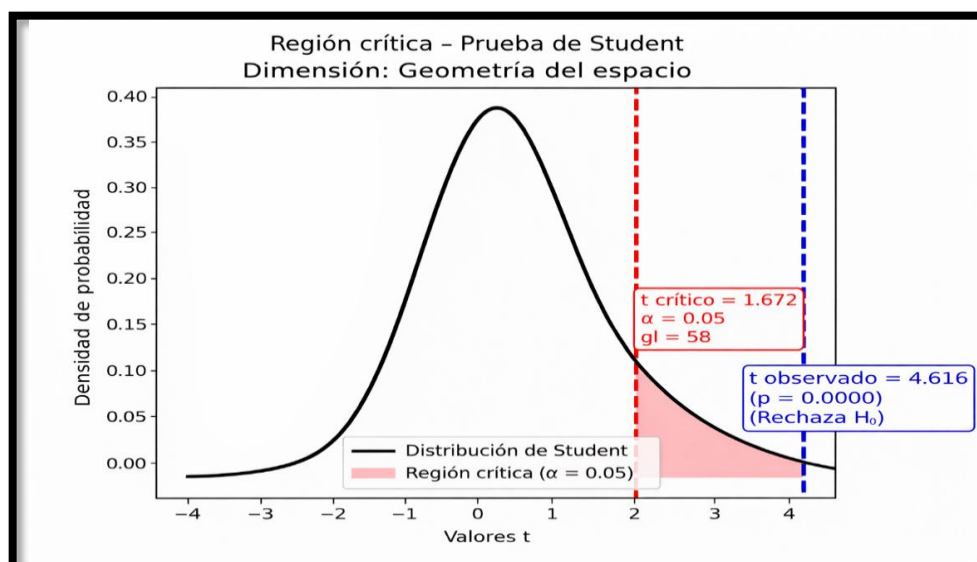


Figura 13 — Región crítica del uso del aplicativo de realidad aumentada

La Figura 13 representa la región crítica de la prueba t de Student para el objetivo general "Geometría del espacio", considerando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y una prueba unilateral (cola superior). La región de rechazo de la hipótesis nula se ubica en la cola superior de la distribución, a partir del valor crítico $t = 1.672$, correspondiente a $gl = 58$. En el gráfico se observa que el valor del estadístico obtenido en el postest ($t = 4.616$, $p = 0.0000$) se encuentra dentro de la región crítica, lo que conduce al rechazo de la hipótesis nula (H_0) y a la aceptación de la hipótesis alterna (H_1). En consecuencia, se concluye que el grupo experimental presenta un nivel de aprendizaje significativamente superior al grupo control en la geometría del espacio.

5.1.2 Prueba de hipótesis específica 1: para la aplicación de la metodología Mobile-D

Planteamiento de hipótesis

- **H_0 :**

La aplicación de la metodología Mobile-D no influye significativamente en la calidad del aplicativo de realidad aumentada en la I.E. N.º 54009 "VILLA GLORIA".

- **H_1 :**

La aplicación de la metodología Mobile-D influye significativamente en la calidad del aplicativo de realidad aumentada en la I.E. N.º 54009 "VILLA GLORIA".

Tabla 5 — Puntajes obtenidos de evaluadores.

| Preguntas | Director | Docente (1) | Docente (2) |
|-----------|----------|-------------|-------------|
| 1 | 5 | 4 | 4 |
| 2 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | 5 | 4 | 5 |
| 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 4 | 5 |
| 6 | 4 | 4 | 4 |
| 7 | 5 | 4 | 4 |
| 8 | 5 | 5 | 5 |
| 9 | 5 | 4 | 5 |
| 10 | 5 | 4 | 4 |

Los resultados de la Tabla N.º 5 evidencian una valoración positiva del aplicativo de realidad aumentada por parte de los tres evaluadores, quienes asignaron puntajes altos en los criterios de funcionalidad, estabilidad, facilidad de uso y diseño de interfaz. Los promedios individuales fueron: Director = 4.7, Docente (1) = 4.1, Docente (2) = 4.4. La media general de las valoraciones fue de 4.4 sobre 5.0, superior al punto neutral de la escala (3.0). Estos resultados indican que la metodología Mobile-D fue valorada favorablemente por los evaluadores en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada, alcanzando una puntuación promedio que supera en 1.4 puntos el valor neutro de la escala Likert.

5.1.3 Prueba de hipótesis específico 2: para modelar figuras geométricas del espacio

a) Planteamiento de la hipótesis

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$

El nivel de aprendizaje en la dimensión “Modelar figuras geométricas” no presenta diferencias significativas entre los estudiantes que utilizaron el aplicativo de realidad aumentada y aquellos que no lo utilizaron en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” – 2024.

- $H_1: \mu_1 > \mu_2$

El nivel de aprendizaje en el postest de “modelar figuras geométricas” es significativamente mayor en el grupo experimental que en el grupo control. La contrastación se realiza con t de Student para muestras independientes, una cola, $\alpha = 0,05$.

b) Normalidad de datos

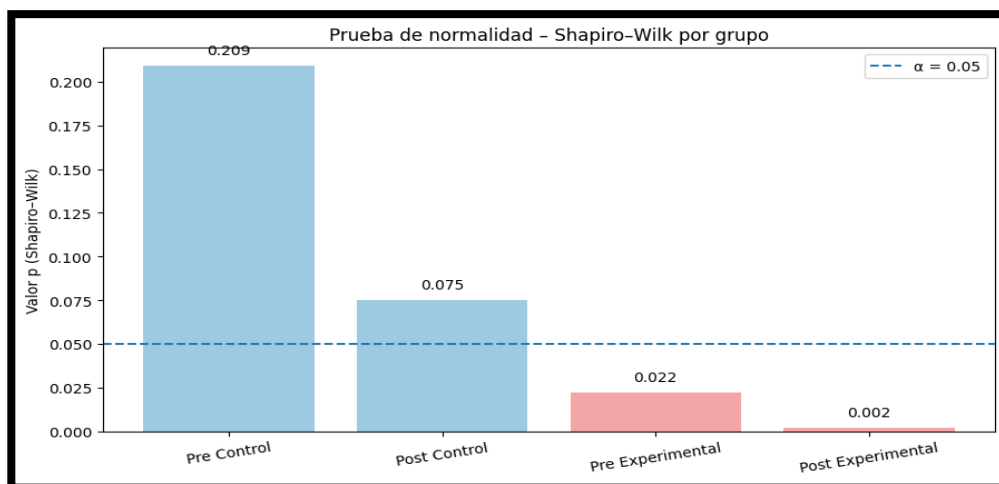


Figura 14 — Modelar figuras geométricas

Tabla 6 — Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

| Variable | Shapiro-Wilk | | |
|--|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Modelar figuras geométricas pre test sin aplicativo (control) | 0,953 | 30 | 0,209 |
| Modelar figuras geométricas post test sin aplicativo (control) | 0,937 | 30 | 0,075 |
| Modelar figuras geométricas pre test con aplicativo | 0,917 | 30 | 0,022 |
| Modelar figuras geométricas post test con aplicativo | 0,877 | 30 | 0,002 |

Como se muestra en la Tabla 6, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk a los puntajes de la dimensión “Modelar figuras geométricas”. En el grupo control, los valores de significancia fueron mayores a 0,05, lo que indica una distribución aproximadamente normal. En el grupo experimental, los valores de significancia fueron menores a 0,05, lo que sugiere desviaciones de la normalidad. Sin embargo, dado el tamaño muestral de 30 estudiantes por grupo, y considerando el Teorema Central del Límite, se asumió normalidad aproximada de las medias, por lo que se consideró válida la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas para la comparación de posttest entre grupos.



c) Nivel de significancia

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, utilizándose una prueba unilateral (cola superior), en coherencia con la hipótesis alterna planteada ($\mu_1 > \mu_2$).

d) Estadísticos descriptivos (postest)

| Grupo | Media | Desviación estándar |
|--------------|-------|---------------------|
| Control | 12.10 | = 1.88 |
| Experimental | 14.00 | = 2.27 |

La diferencia de medias es:

$$\Delta\bar{x} = 14.00 - 12.10 = 1.90$$

Lo que indica que el grupo experimental superó al grupo control en casi 2 puntos sobre 20.

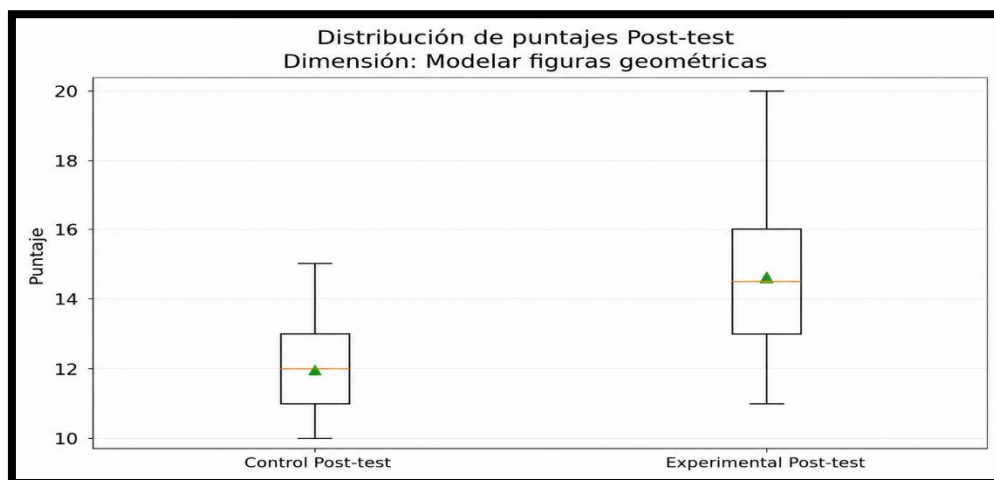


Figura 15 — Distribución de puntajes de la dimensión para Modelar figuras geométricas



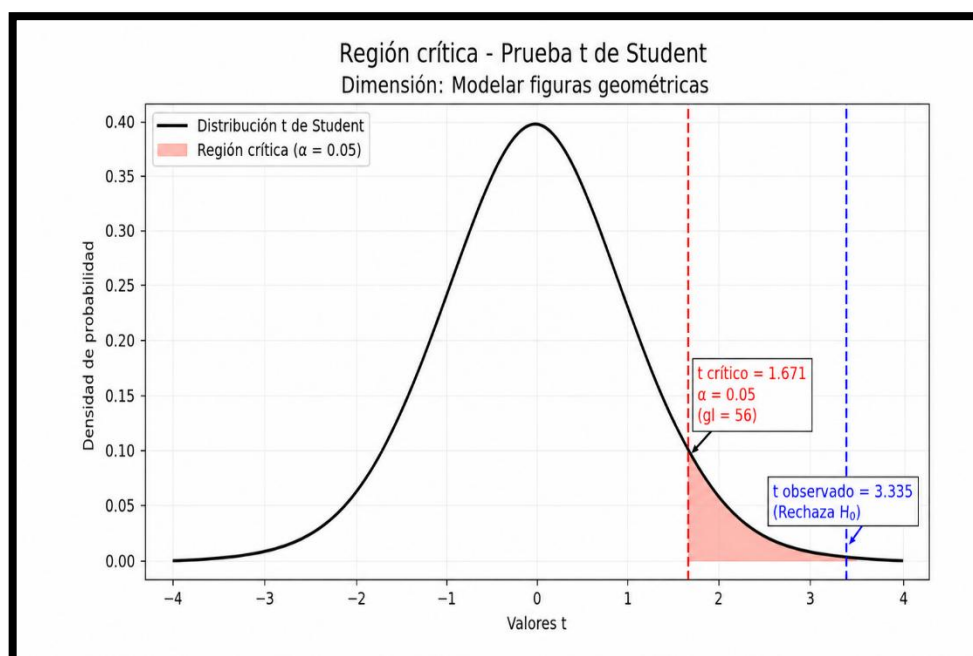
e) **Región crítica**

Figura 16 — Región crítica para modelar figuras geométricas

La Figura 16 representa la región crítica de la prueba t de Student para la dimensión “Modelar figuras geométricas”, considerando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y una prueba unilateral. La región de rechazo de la hipótesis nula se ubica en la cola superior de la distribución, a partir del valor crítico $t = 1,672$, correspondiente a 58 grados de libertad. En el gráfico se observa que el valor del estadístico obtenido en el postest ($t = 3,258$; $p = 0,001$) se encuentra dentro de la región crítica, lo que conduce al rechazo de la hipótesis nula (H_0) y a la aceptación de la hipótesis alterna (H_1). En consecuencia, se concluye que el grupo experimental presenta un nivel de aprendizaje significativamente superior al grupo control en la dimensión analizada.

5.1.4 Prueba de hipótesis específico 3: para Comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

a) **Hipótesis nula**

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$

El nivel de aprendizaje en la dimensión “Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas” no presenta diferencias significativas entre los estudiantes que utilizaron el aplicativo de realidad aumentada y aquellos que no lo utilizaron en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” – 2024.

b) Hipótesis alterna

- $H_1: \mu_1 > \mu_2$

El nivel de aprendizaje en el postest de la dimensión “Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas” es significativamente mayor en el grupo experimental (con realidad aumentada) que en el grupo control (sin realidad aumentada).

La contrastación se realiza mediante la prueba t de Student para muestras independientes, de una cola, con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

c) Normalidad de datos

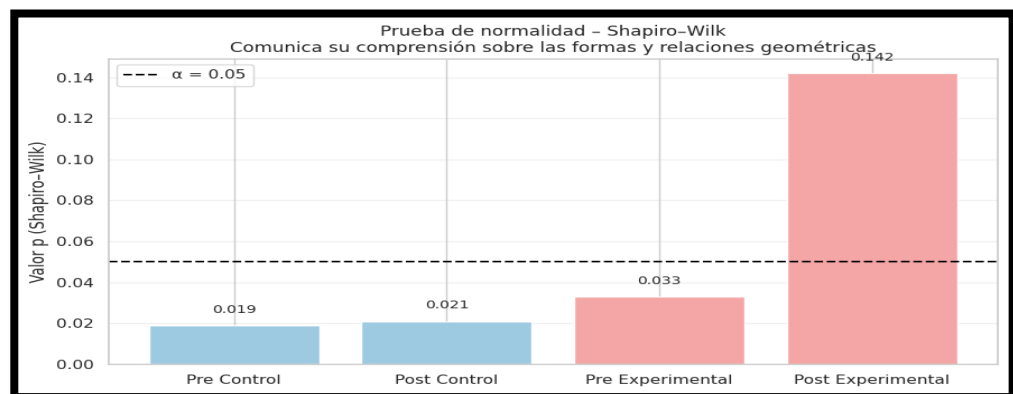


Figura 17 — Prueba de normalidad de Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

Tabla 7 — Normalidad de datos para comunica su comprensión sobre formas y relaciones geométricas

| Variable | Shapiro-Wilk | | |
|---|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Comunica su comprensión sobre formas y relaciones geométricas pre test sin aplicativo (control) | 0,914 | 30 | 0,019 |
| Comunica su comprensión sobre formas y relaciones geométricas pos test sin aplicativo (control) | 0,916 | 30 | 0,021 |
| Comunica su comprensión sobre formas y relaciones geométricas pre test con aplicativo | 0,923 | 30 | 0,033 |



| | | | |
|---|-------|----|-------|
| Comunica su comprensión sobre formas y relaciones geométricas pos test con aplicativo | 0,947 | 30 | 0,142 |
|---|-------|----|-------|

Como se muestra en la tabla N° 7 se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a los puntajes de la dimensión “Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas”. Los resultados muestran que, en el grupo control, tanto en el pretest ($p = 0,019$) como en el posttest ($p = 0,021$), los valores de significancia son menores a 0,05, lo que indica desviaciones de la normalidad. De igual manera, en el grupo experimental, el pretest presenta un p-valor menor a 0,05 ($p = 0,033$), evidenciando una distribución no normal; sin embargo, en el posttest del grupo experimental el valor de significancia es mayor a 0,05 ($p = 0,142$), lo que sugiere una distribución normal de los datos. No obstante, considerando que el tamaño muestral es de 30 estudiantes por grupo, se asume normalidad aproximada conforme al Teorema Central del Límite, siendo válida la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas para la contrastación de hipótesis.

d) Nivel de significancia

Para la contrastación de la hipótesis se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, valor convencional en investigaciones educativas. Considerando que la hipótesis alterna plantea una diferencia direccional a favor del grupo experimental ($\mu_1 > \mu_2$), se empleó una prueba unilateral (cola superior).

e) Estadístico

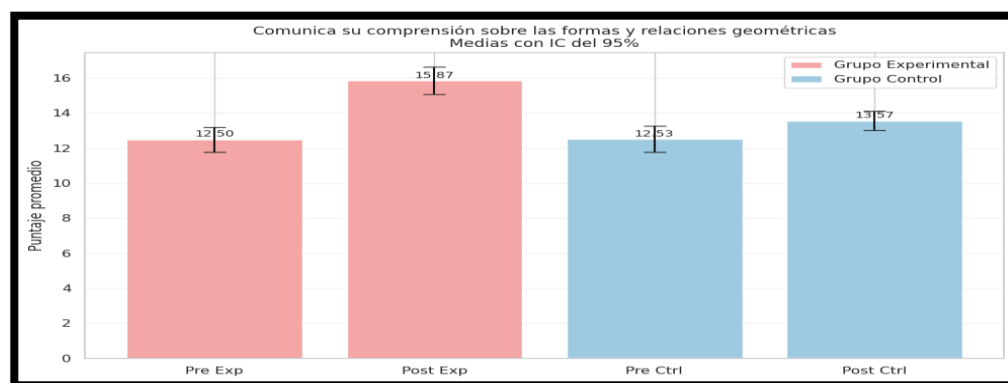


Figura 18 — Estadístico de la dimensión Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas



El gráfico de medias con intervalos de confianza al 95% muestra la evolución del desempeño de los estudiantes en el pretest y posttest tanto del grupo experimental como del grupo control.

En el pretest, ambos grupos presentan valores prácticamente iguales:

- Grupo experimental: 12.50
- Grupo control: 12.53

Esto indica que ambos grupos iniciaron con un nivel de aprendizaje equivalente, por lo que la comparación posterior es válida.

En el posttest, se observa un incremento en ambos grupos; sin embargo, el aumento del grupo experimental es mucho mayor:

- Grupo experimental: 15.87
- Grupo control: 13.57

La diferencia de medias en el posttest es: $15.87 - 13.57 = 2.30$

lo que representa una ventaja clara a favor del grupo que utilizó el aplicativo de realidad aumentada.

Los intervalos de confianza (IC 95%) refuerzan esta conclusión, ya que:

- El IC del grupo experimental (15.09 – 16.64) se sitúa por encima del IC del grupo control (13.01 – 14.13), lo que indica que la diferencia observada no es producto del azar, sino que es estadísticamente significativa.

Además, los valores de la prueba t reportados ($p < 0.001$ en todos los casos) confirman que los cambios entre pretest y posttest son significativos, siendo mucho más pronunciados en el grupo experimental.



f) **Región crítica**

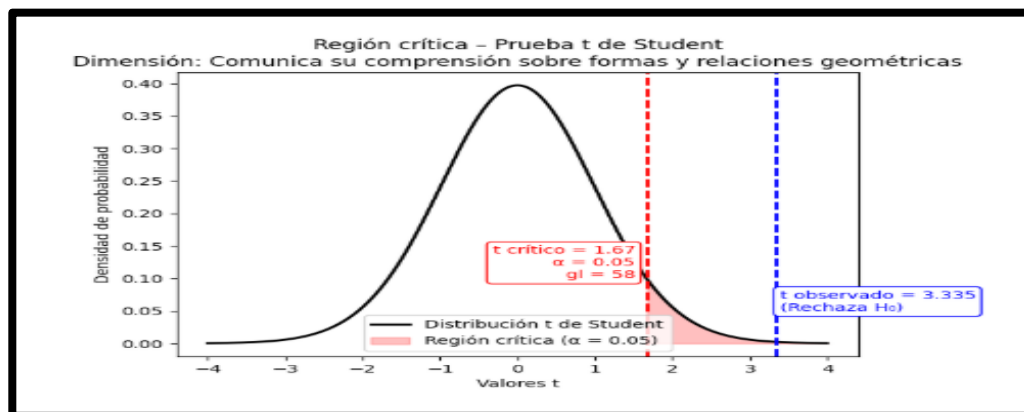


Figura 19 — Región crítica para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

La Figura 19 representa la región crítica de la prueba t de Student para la dimensión “Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas”, considerando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y una prueba unilateral (cola superior). La región de rechazo de la hipótesis nula se ubica en el extremo derecho de la distribución, a partir del valor crítico $t=1,672$, correspondiente a 58 grados de libertad. En el gráfico se aprecia que el estadístico t observado ($t=3,335$) se encuentra claramente dentro de la región crítica, lo que conduce al rechazo de la hipótesis nula (H_0) y a la aceptación de la hipótesis alterna (H_1). En consecuencia, se concluye que el grupo experimental, que utilizó el aplicativo de realidad aumentada, presenta un nivel de aprendizaje significativamente superior al del grupo control en la dimensión analizada.

5.2 Análisis de resultados

5.2.1 Análisis de resultados de hipótesis general: para el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora significativamente el aprendizaje de la geometría del espacio

Tabla 8 — Análisis de resultados: Aprendizaje de geometría del espacio en los estudiantes

| Aprendizaje de geometría del espacio en los estudiantes. | de los | Nivel de Logro | Rango | Pre-test (n) | Pre-test | Post-test (n) | Post-test |
|--|--------|----------------|-------|--------------|----------|---------------|-----------|
| | | En inicio | 0–10 | 15 | 50.00% | 1 | 3.3 |
| | | En proceso | 11–13 | 12 | 40.00% | 8 | 26.7 |
| | | Logro esperado | 14–17 | 3 | 10.00% | 14 | 46.7 |



| | | | | | | |
|--|-----------------|-------|-----------|---------------|-----------|--------------|
| | Logro destacado | 18–20 | 0 | 0.0% | 6 | 20.0 |
| | Total | | 30 | 100.0% | 30 | 100.0 |

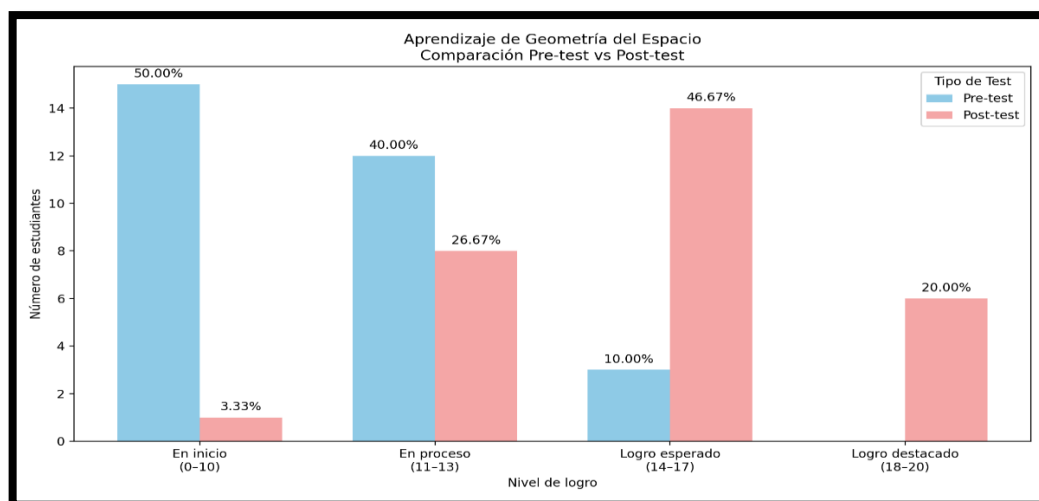


Figura 20 — Análisis de resultados: Aprendizaje de geometría del espacio en los estudiantes

Como se muestra en la Tabla N.º 8 y la Figura N.º 20, se aprecia que en el pre-test el grupo experimental presentaba niveles muy bajos en el aprendizaje de geometría del espacio, con el 50.00% (15 estudiantes) en En inicio, el 40.00% (12 estudiantes) en En proceso, solo el 10.00% (3 estudiantes) en Logro esperado y 0.0% en Logro destacado.

Sin embargo, en el post test, tras la intervención con el aplicativo de realidad aumentada, la distribución se transforma: 3.33% (1 estudiante) en En inicio, 26.67% (8 estudiantes) en En proceso, 46.67% (14 estudiantes) en Logro esperado y 20.00% (6 estudiantes) en Logro destacado, demostrando un desplazamiento notable hacia niveles superiores de desempeño.

En síntesis, el 66.67% de los estudiantes (46.67% + 20.00%) alcanzó niveles satisfactorios o superiores en el post-test, evidenciando que el aplicativo de realidad aumentada influyó positivamente en el desarrollo del aprendizaje de geometría del espacio.



5.2.2 Análisis de resultados de la hipótesis 1: de la aplicación de la metodología Mobile-D influye positivamente en el desarrollo de aplicativo móvil

Tabla 9 — Nivel de valoración de los evaluadores

| Evaluable | Rango de calificación | N | % |
|--------------|-----------------------|---|-------|
| Director | 4.0 – 5.0 | 1 | 33.3 |
| Docente | 4.0 – 5.0 | 1 | 33.3 |
| Docente | 4.0 – 5.0 | 1 | 33.3 |
| Total | | 3 | 100.0 |

Los resultados de la Tabla 9 evidencian una valoración favorable del aplicativo de realidad aumentada por parte de los tres evaluadores, quienes asignaron calificaciones entre 4 y 5 en la escala Likert, equivalentes a los niveles de “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”. Esto refleja una apreciación positiva respecto a la aplicación de la metodología Mobile-D durante el proceso de desarrollo del aplicativo móvil, particularmente en aspectos como funcionalidad, estabilidad, facilidad de uso y diseño de interfaz.

Para cuantificar el grado de concordancia entre los tres evaluadores, se calculó el coeficiente de correlación intraclass (ICC), obteniéndose un valor de ICC = 0,92 (intervalo de confianza del 95 %: 0,84 a 0,97; $p < 0.001$), lo que indica una concordancia excelente entre los jueces según los criterios establecidos por Koo y Li (2016). Este alto nivel de acuerdo refuerza la consistencia de las valoraciones positivas emitidas sobre el aplicativo.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyéndose que la metodología Mobile-D permitió obtener un aplicativo de realidad aumentada con una calidad valorada favorablemente por los expertos en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”.

5.2.3 Análisis de resultados de la hipótesis 2: de modelar figuras geométricas

Tabla 10 — Resultados de Modelar figuras geométricas

| Modela objetos con | Nivel de logro | Rango | Pre-test(n) | Pre-test | Post-test(n) | Post-test |
|--------------------|----------------|-------|-------------|----------|--------------|-----------|
| | En inicio | 0–10 | 13 | 43.33% | 0 | 0.0% |

| | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|-------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| formas geométricas | En proceso | 11–13 | 12 | 40.00% | 16 | 53.33% |
| | Logro esperado | 14–17 | 4 | 13.33% | 12 | 40.00% |
| | Logro destacado | 18–20 | 0 | 0.00% | 2 | 6.67% |
| | Total | | 30 | 100.0% | 30 | 100.00% |

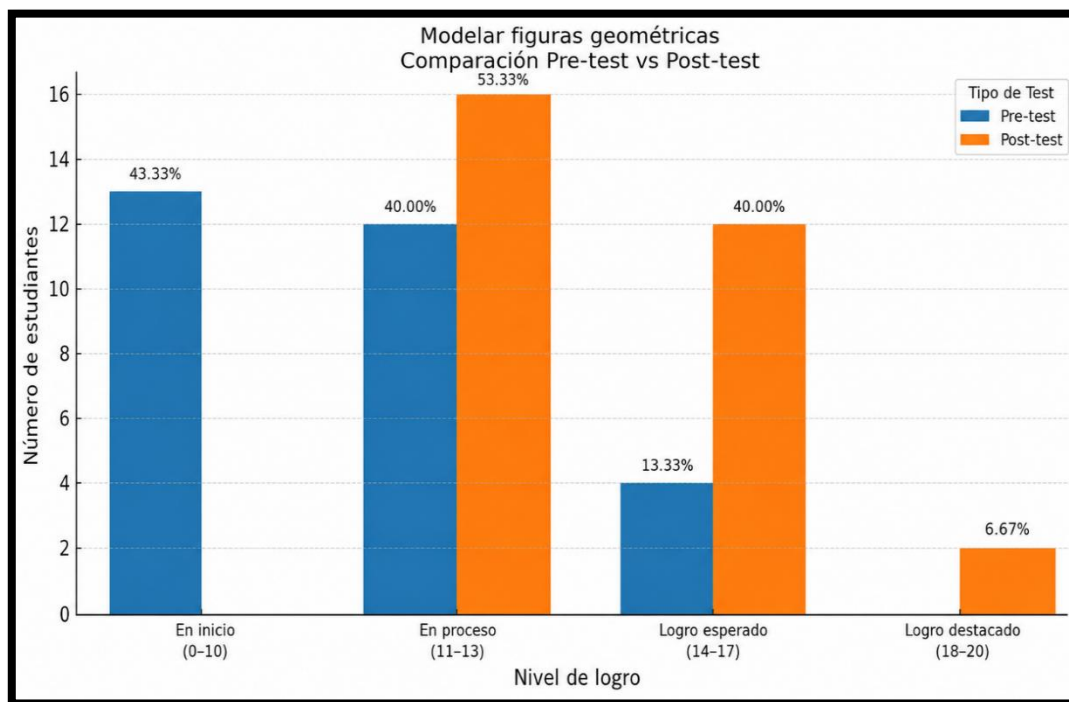


Figura 21 — Resultados de Modelar figuras geométricas

Como se muestra en la Tabla 10 y en la Figura 21, en el pretest el grupo experimental presenta niveles bajos en la dimensión “Modelar figuras geométricas”, con 43,33% de estudiantes en el nivel “En inicio”, 40,0% en “En proceso”, 13,33% en “Logro esperado” y 0,0% en “Logro destacado”. Esta distribución evidencia que, antes de la intervención, la mayoría de estudiantes se encontraba en niveles iniciales o intermedios de logro.

En el posttest, tras el uso del aplicativo de realidad aumentada, la distribución mejora de manera clara: 0,0% en “En inicio”, 53,33% en “En proceso”, 40,0% en “Logro esperado” y 6,67% en “Logro destacado”. Se observa así un desplazamiento desde los niveles más bajos hacia los niveles de logro esperado y destacado.

En síntesis, el 46,67% de los estudiantes del grupo experimental (40,0% en “Logro esperado” + 6,67% en “Logro destacado”) alcanza niveles satisfactorios o superiores en el posttest, frente al 13,33% que se encontraba en ese rango antes de la



intervención. Este incremento, junto con la diferencia de medias entre el grupo experimental y el grupo control (14,00 frente a 12,10), y el valor del estadístico t de Student obtenido en la comparación de los puntajes posttest entre ambos grupos ($t(58) = 3,258$; $p = 0,001$), respalda que el uso del aplicativo de realidad aumentada contribuyó a mejorar significativamente el desempeño en la dimensión “Modelar figuras geométricas”.

5.2.4 Análisis de resultados de la hipótesis 3: de comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

Tabla 11 — Resultados de comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

| Comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas | Nivel de Logro | Rango | Pre-test | | Post-test | |
|--|-----------------|-------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| | | | n | % | n | % |
| | En inicio | 0–10 | 9 | 30.0 | 0 | 0.0 |
| | En proceso | 11–13 | 13 | 43.33 | 3 | 10.0 |
| | Logro esperado | 14–17 | 8 | 26.67 | 21 | 70.0 |
| | Logro destacado | 18–20 | 0 | 0 | 6 | 20.0 |
| | Total | | 30 | 100.0 | 30 | 100.0 |

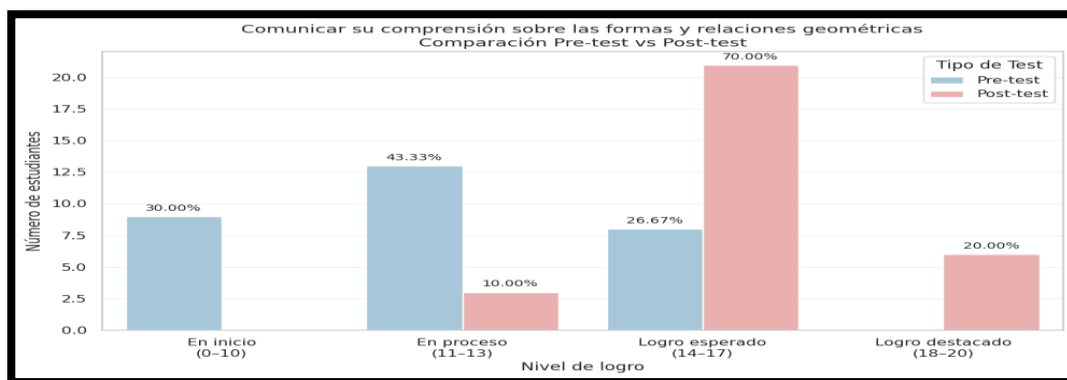


Figura 22 — Resultados de comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

Como se muestra en la Tabla 11 y en la Figura 22, en el pretest el grupo experimental presenta niveles bajos en la capacidad de comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas: 30,0 % de los estudiantes se ubica en el nivel “En inicio”, 43,33 % en “En proceso”, 26,67 % en “Logro esperado” y 0,0 % en “Logro destacado”. Esta distribución refleja que, antes de la intervención, la mayoría se encontraba en niveles iniciales o intermedios de logro.



En el postest, tras la intervención con el aplicativo de realidad aumentada, la distribución mejora de forma marcada: 0,0 % en “En inicio”, 10,0 % en “En proceso”, 70,0 % en “Logro esperado” y 20,0 % en “Logro destacado”. Se observa, por tanto, un desplazamiento muy claro desde los niveles bajos hacia los niveles de logro esperado y destacado.

En síntesis, el 90,0 % de los estudiantes del grupo experimental (70,0 % en “Logro esperado” + 20,0 % en “Logro destacado”) alcanza niveles satisfactorios o superiores en el postest, frente a solo el 26,67 % que se encontraba en ese rango antes de la intervención. Este incremento, junto con la diferencia de medias entre el grupo experimental y el grupo control (15,87 frente a 13,57), y el valor del estadístico t de Student obtenido en la comparación de los puntajes postest entre ambos grupos ($t(58) = 3,335$; $p < 0,001$), respalda que el uso del aplicativo de realidad aumentada influyó positivamente en el desarrollo de la competencia de comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas.

5.2.5 Análisis de resultados de dispositivos de entrada

La dimensión "dispositivos de entrada" evalúa la usabilidad de la aplicación móvil en dispositivos celular y tablet. Se aplicó cuestionario con 5 preguntas a 30 estudiantes, registrando resultados favorables con 72% positivo ($M = 3,98$, $SD = 1,01$), categorizando como "Bueno" para aplicativos educativos móviles. La facilidad general de uso obtuvo 73% positivo ($M = 4,00$) y la accesibilidad de botones 70% positivo ($M = 3,93$), validando patrones interactivos intuitivos para usuarios sin experiencia previa en contexto rural. La comodidad ergonómica durante sesiones de 45 a 60 minutos fue reportada por 73% de estudiantes ($M = 4,00$), descartando fatiga física del uso prolongado. El análisis de progresión entre preguntas revela aprendizaje progresivo: la capacidad de operar sin dificultades alcanzó 77% ($M = 4,10$), representando incremento de 4 puntos porcentuales respecto a la facilidad inicial, validando que obstáculos iniciales fueron superados mediante práctica repetida. En conclusión, los dispositivos de entrada fueron adecuadamente diseñados para estudiantes de primaria en contexto rural, alcanzando 72% de satisfacción general ($M = 3,98/5,00$) categorizando como "Bueno"; sin embargo, el 28% de respuestas no positivas sugiere potencial para optimización ergonómica en futuras iteraciones.



5.2.6 Análisis de resultados de modelado de figuras

La dimensión "Modelado de Figuras" evalúa la calidad visual de representaciones tridimensionales de sólidos geométricos. Se aplicó cuestionario con 7 preguntas a 30 estudiantes, registrando resultados superiores con 79,5% positivo ($M = 4,19$, $SD = 0,96$), categorizando como "Muy Bueno", segunda mejor dimensión evaluada. La claridad visual de figuras obtuvo 76% positivo ($M = 4,10$), validando que los modelos 3D fueron visibles y distinguibles. La colorimetría registró 73% positivo ($M = 4,07$), confirmando que la paleta diferenciada por tipo de sólido (prismas azules, pirámides rojas, cilindros verdes, conos naranjas) facilitó categorización visual. La capacidad pedagógica registró 80% positivo ($M = 4,17$), demostrando que la visualización 3D fue efectiva para aprendizaje matemático. El balance entre detalle y complejidad obtuvo 84% positivo ($M = 4,34$), evidenciando equilibrio óptimo donde el detalle suficiente permitió reconocimiento de propiedades geométricas sin exceso de carga cognitiva. La mejor evaluación correspondió a claridad con buenos detalles (87% positivo, $M = 4,37$). La progresión ascendente entre preguntas aumentó del 73% al 87%, lo que valida que la satisfacción aumentó conforme se focalizaban atributos técnico-pedagógicos integrados. En conclusión, la dimensión Modelado de Figuras fue altamente exitosa con 79,5% positivo ($M = 4,19/5,00$), categorizando como "Muy Bueno"; las figuras fueron claras, bien coloreadas, pedagógicamente útiles y balanceadas en detalle, validando efectividad del proceso de modelado 3D para educación geométrica.

5.2.7 Análisis de resultados de mallas poligonales

La dimensión "Mallas Poligonales" evalúa la optimización técnica de objetos 3D, incluyendo velocidad de renderizado, ausencia de defectos visuales e integración de la cámara de realidad aumentada. Se aplicó cuestionario con 4 preguntas a 30 estudiantes, registrando resultados con 77,7% positivo ($M = 4,04$, $SD = 0,99$), categorizando como "Bueno", tercera dimensión mejor evaluada. La velocidad de renderizado registró 73% positivo ($M = 3,93$), la más baja de todas las dimensiones, indicador de limitaciones de compatibilidad con diferentes especificaciones de hardware de dispositivos móviles; un participante utilizaba Xiaomi Redmi 9A con especificaciones gráficas insuficientes. La integridad topológica registró 84% positivo ($M = 4,17$), el resultado más elevado de la dimensión, validando ausencia de defectos visuales en las figuras. La integración cámara-realidad aumentada obtuvo 76% positivo ($M = 4,03$), validando que la alineación de la matriz de proyección y



sincronización temporal mediante framework Vuforia fueron ejecutadas correctamente. En conclusión, la dimensión Mallas Poligonales alcanzó 77,7% positivo ($M = 4,04/5,00$), categorizando como "Bueno"; la velocidad de renderizado fue aceptable (73%), la topología de estructuras fue sólida (84%), y la integración de cámara fue apropiada (76%), aunque existe potencial para optimización de velocidad en dispositivos móviles de especificaciones bajas mediante simplificación de modelos 3D.

5.2.8 Análisis de resultados de estructura poligonal

La dimensión "Estructura poligonal" evalúa la calidad de las representaciones geométricas tridimensionales en términos de integración con realidad aumentada, realismo visual e interactividad con usuarios. Se aplicó cuestionario con 3 preguntas a 30 estudiantes, registrando resultados mayoritariamente positivos. La integración de las figuras 3D con el entorno real observado a través de la cámara registró 76% positivo, validando que los modelos geométricos se superpusieron adecuadamente sin desalineaciones perceptuales evidentes. El realismo visual y facilidad de comprensión de las figuras obtuvo 84% positivo, sugiriendo que la representación tridimensional fue perceptualmente creíble y facilitó identificación de propiedades geométricas. La interactividad mediante gestos táctiles (mover, girar, tocar) alcanzó 86% positivo, el porcentaje más elevado de esta dimensión, demostrando que estudiantes pudieron manipular modelos de manera intuitiva para explorar características desde múltiples ángulos. En conclusión, la dimensión Estructura Poligonal obtuvo evaluación promedio de 82% positivo, categorizando como "Muy Bueno"; la integración con entorno real fue apropiada (76%), el realismo visual fue adecuado (84%), y la interactividad táctil fue particularmente efectiva (86%), validando que la experiencia de realidad aumentada proporcionó ventaja pedagógica significativa para el aprendizaje de geometría del espacio mediante exploración activa de modelos tridimensionales.

5.3 Desarrollo del aplicativo mediante la metodología Mobile-D

Mobile-D es una metodología diseñada para facilitar el desarrollo rápido y eficiente de aplicaciones móviles, especialmente para equipos pequeños. Sus principales características son:



- **Optimización para proyectos móviles:** Está enfocada en cubrir las necesidades específicas del desarrollo de software para dispositivos móviles.
- **Metodología ágil:** Se basa en ciclos de trabajo breves que permiten flexibilidad y adaptabilidad durante el proceso de desarrollo.
- **Resolución temprana de problemas:** Permite identificar y corregir fallos técnicos en las primeras etapas del proyecto, reduciendo riesgos.
- **Desarrollo basado en pruebas:** Utiliza pruebas como eje central para garantizar la calidad del producto y mejorar su diseño.
- **Iteraciones continuas:** Promueve ajustes frecuentes al producto, mejorando su funcionalidad y diseño con cada ciclo.
- **Enfoque en el usuario final:** Prioriza la satisfacción del usuario mediante la mejora constante del producto a través de iteraciones cortas

Esta metodología se compone de 5 fases:

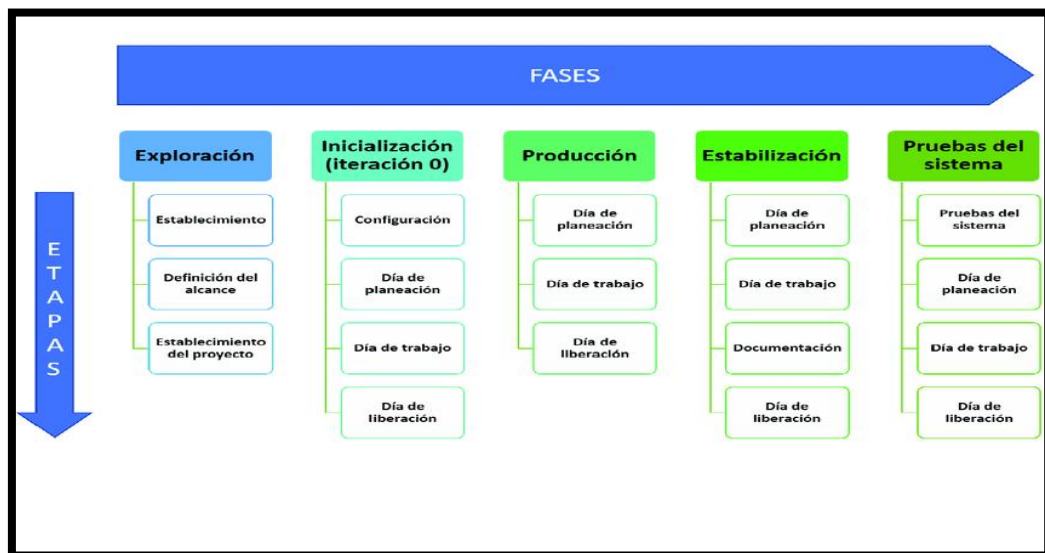


Figura 23 — Fases de la metodología Mobile - D

5.3.1 Exploración

Durante esta fase se desarrolló la estructuración del proyecto, considerando los principios esenciales, los objetivos y restricciones, la identificación de los



participantes clave, la evaluación de las herramientas disponibles y la determinación de las características principales del proyecto, como se describe a continuación.

5.3.2 Descripción general del proyecto

El proyecto se enmarca en el desarrollo de una aplicación denominada 'ARGeometric', orientada a la visualización de figuras geométricas tridimensionales relacionadas con los contenidos del módulo de Geometría del Espacio, impartido en el segundo grado de secundaria de la I.E 54009 “VILLA GLORIA”. La herramienta utiliza tecnología de realidad aumentada, permitiendo a los usuarios explorar, interactuar y manipular modelos en 3D, además de acceder a información detallada sobre cada figura a través de la aplicación.

5.3.3 Logo de la aplicación



Figura 24 — Logo de la Aplicación

5.3.4 Personas y roles:

Tabla 12 — Personas y roles

| Parte interesada | Descripción |
|------------------|---|
| Desarrollador | Responsable de llevar a cabo el proceso completo que abarca el estudio previo, la estructuración conceptual, la creación y la verificación funcional de la aplicación basada en realidad aumentada. Esta labor fue desarrollada por el tesista Bach. Denilson Demetrio Hilares Alvarez. |
| Usuarios | Estudiantes de la I.E 54009 “VILLA GLORIA” |



5.3.5 Definición de alcance

Durante esta fase se determinaron los requerimientos preliminares, las limitaciones existentes y los límites específicos del proyecto.

5.3.6 Requisitos previos

Se definieron las condiciones esenciales que aseguran la operatividad de la aplicación móvil.

- **Requisitos de software:** Sistema operativo Android versión 4.3 o superior.
- **Requisitos de hardware:** Teléfono inteligente (smartphone).
- Soporte para Vuforia SDK (motor de realidad aumentada basado en marcadores) Cámara trasera funcional (mínimo 8 MP recomendada).
- Sensor giroscópico y acelerómetro (para detectar movimientos y orientación).

5.3.7 Alcance

El presente proyecto comprende el desarrollo de un prototipo funcional de una aplicación móvil de realidad aumentada, orientada a la enseñanza de la geometría del espacio. La aplicación permite visualizar figuras geométricas tridimensionales superpuestas en el entorno real a través de la cámara del dispositivo móvil, complementadas con contenido educativo interactivo.






5.3.8 Herramientas utilizadas para el desarrollo de la aplicación

En esta etapa se detallan las herramientas empleadas en el proceso de desarrollo de la aplicación móvil de realidad aumentada, clasificadas por tipo de funcionalidad. Estas herramientas fueron seleccionadas en función de su compatibilidad con entornos de desarrollo móviles, su eficiencia en la creación de experiencias inmersivas, y su adopción en el ámbito educativo y de desarrollo de software.

Se contemplan herramientas para el modelado tridimensional, programación, análisis estadístico de datos recolectados en pruebas de usabilidad, así como frameworks especializados en realidad aumentada que permiten la integración de objetos virtuales en el entorno físico a través de la cámara del dispositivo móvil. La integración de estas tecnologías facilitó el desarrollo de una solución educativa innovadora, interactiva y adaptada a las capacidades de los dispositivos móviles actuales.



Tabla 13 — Herramientas utilizadas para el desarrollo del aplicativo

| Logo | Elemento | Herramienta |
|---|-------------------------------------|-------------|
|  | Entorno de desarrollo de RA | Vuforia |
|  | Software de modelado tridimensional | Blender |
|  | Motor de desarrollo de aplicaciones | Unity 3D |
|  | Lenguaje de programación | C# |
|  | Programa estadístico | SPSS |

5.3.9 Historias de usuario

Las historias de usuario planteadas constituyen la base para la identificación, diseño y validación de los requisitos funcionales de la aplicación móvil de realidad aumentada. Estas historias describen, desde la perspectiva del usuario final, las funcionalidades que debe ofrecer la aplicación para cumplir con sus objetivos educativos y de usabilidad.

Tabla 14 — Visualización interactiva de figuras tridimensionales

| HISTORIA DE USUARIO | |
|--|--|
| ID: 1 | Tipo de usuario: Usuario desde dispositivo móvil |
| Título de la historia: Visualización interactiva de figuras tridimensionales | |
| Importancia para el negocio: Crítica | Nivel de riesgo técnico: Elevado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |



Descripción: Al seleccionar el botón correspondiente al nombre de una figura geométrica, el sistema llevará al usuario a una interfaz donde podrá explorar dicha figura en formato 3D, permitiendo una experiencia de aprendizaje más visual e inmersiva.

Tabla 15 — Representar visualmente los componentes de las figuras 3D

| HISTORIA DE USUARIO | |
|---|----------------------------------|
| ID: 2 | Tipo de usuario: usuario móvil |
| Título de la historia: Representar visualmente los componentes de las figuras 3D | |
| Prioridad en negocio: Alta | Nivel de riesgo técnico: Elevado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: Cuando el usuario interactúa con la interfaz del aplicativo y selecciona, desde el menú principal, el botón correspondiente al nombre de una figura geométrica, el sistema redirige automáticamente a una nueva escena. En esta, se despliega una representación tridimensional interactiva de la figura seleccionada, en la cual se resaltan visualmente sus partes constitutivas o elementos principales, permitiendo su identificación y análisis por parte del estudiante. | |

Tabla 16 — Mostrar información de las figuras tridimensionales.

| HISTORIA DE USUARIO | |
|--|----------------------------------|
| ID: 3 | Tipo de usuario: usuario móvil |
| Título de la historia: Mostrar información de las figuras tridimensionales | |
| Prioridad en negocio: Alta | Nivel de riesgo técnico: Elevado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |

Descripción: Al hacer clic en el botón con el nombre de una figura, el sistema reproducirá una pista de audio con la definición correspondiente al objeto tridimensional seleccionado, facilitando así la comprensión auditiva del concepto.

Tabla 17 — Interactuar con las figuras en 3D

| HISTORIA DE USUARIO | |
|---|-----------------------------------|
| ID: 4 | Tipo de usuario: usuario móvil |
| Título de la historia: Interactuar con las figuras en 3D | |
| Prioridad en negocio: Alta | Nivel de riesgo técnico:: Elevado |
| Programador responsable: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: El usuario podrá interactuar con la figura 3D en pantalla, realizando acciones como rotarla, acercarla o alejarla, lo que permitirá una exploración más detallada y significativa del objeto geométrico. | |

Tabla 18 — Observar de manera interactiva los ejercicios relacionados con la geometría del espacio.

| HISTORIA DE USUARIO | |
|--|----------------------------------|
| ID: 5 | Tipo de usuario: usuario móvil |
| Título de la historia: Observar de manera interactiva los ejercicios relacionados con la geometría del espacio. | |
| Prioridad en negocio: Alta | Nivel de riesgo técnico: Elevado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: Al seleccionar el botón correspondiente al número del ejercicio dentro del menú, el usuario será dirigido a una escena donde se visualiza la figura | |



tridimensional acompañada de los datos e indicaciones necesarias para desarrollar el ejercicio planteado.

Tabla 19 — Presentar la información de los ejercicios de geometría del espacio

| HISTORIA DE USUARIO | |
|--|----------------------------------|
| ID: 6 | Tipo de usuario: usuario móvil |
| Título de la historia: Presentar la información de los ejercicios de geometría del espacio mediante reproducción en formato de audio. | |
| Prioridad en negocio: Alta | Nivel de riesgo técnico: Elevado |
| Programador responsable: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: El usuario elige desde el menú el número correspondiente al ejercicio, lo que le permite acceder a una escena donde se presenta la figura tridimensional relacionada. Posteriormente, puede activar un botón de audio que le proporciona la explicación necesaria para resolver correctamente el ejercicio propuesto. | |

Tabla 20 — Listar modelos en 3D

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|--|--------------------------|
| ID: 1 | NUMERO DE HISTORIA:HU001 |
| Numero de tarea: Listar modelos en 3D | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: El usuario debe presionar el botón “Siguiete” para acceder a un menú que contiene el listado de figuras geométricas disponibles. Al seleccionar una de ellas, esta se proyectará automáticamente sobre el marcador, permitiendo su visualización en 3D. | |



Tabla 21 — Elegir el modelo tridimensional de la figura geométrica

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|--|--------------------------|
| ID: 2 | NUMERO DE HISTORIA:HU002 |
| Numero de tarea: Elegir el modelo tridimensional de la figura geométrica | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: Cuando el usuario presiona el botón que contiene el nombre de una figura geométrica, el sistema proyecta dicha figura en tres dimensiones, facilitando así su reconocimiento y análisis visual. | |

Tabla 22 — Mostar/Ocultar elementos de las figuras en 3D proyectadas

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|---|--------------------------|
| ID: 3 | NUMERO DE HISTORIA:HU003 |
| Numero de tarea: Mostar/Ocultar elementos de las figuras en 3D proyectadas | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: El usuario podrá utilizar un botón específico para alternar la visualización de los elementos que componen la figura tridimensional proyectada mediante realidad aumentada, permitiéndole mostrar u ocultar dichos componentes según su necesidad de análisis. | |

Tabla 23 — Reproducir en formato de audio la información descriptiva de la figura

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|--|--------------------------|
| ID: 4 | NUMERO DE HISTORIA:HU004 |
| Numero de tarea: Reproducir en formato de audio la información descriptiva de la figura tridimensional | |



| | |
|--|--------------------|
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: Al hacer clic en el botón que contiene el nombre de una figura, el usuario accede a su contenido correspondiente geométrica, el sistema reproduce automáticamente un audio que brinda la definición correspondiente, facilitando así la comprensión auditiva del concepto | |

Tabla 24 — Manipular el modelo tridimensional proyectado

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|--|--------------------------|
| ID: 5 | NUMERO DE HISTORIA:HU005 |
| Numero de tarea: Manipular el modelo tridimensional proyectado | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: La aplicación permite al usuario interactuar con la figura geométrica en 3D mediante gestos táctiles, como arrastrar, rotar o mover la figura dentro del espacio visualizado, mejorando la experiencia de exploración en realidad aumentada | |

Tabla 25 — Rotar figura en 3D proyectado

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|---|--------------------------|
| ID: 6 | NUMERO DE HISTORIA:HU006 |
| Numero de tarea: — Rotar figura en 3D proyectado | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |



Descripción: La aplicación permite al usuario rotar libremente las figuras geométricas en tres dimensiones mediante gestos táctiles sobre la pantalla, facilitando su observación desde distintos ángulos dentro del entorno de realidad aumentada.

Tabla 26 — Mostrar los ejercicios de geometría del espacio.

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|---|--------------------------|
| ID: 7 | NUMERO DE HISTORIA:HU007 |
| Numero de tarea: Mostrar los ejercicios de geometría del espacio | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: El usuario selecciona el nombre del ejercicio desde el menú, lo cual le permite acceder a una escena donde se presenta la figura geométrica en 3D acompañada de un enunciado en formato texto. Esta información proporciona los datos necesarios para que el estudiante pueda resolver el ejercicio planteado. | |

Tabla 27 — Reproducir en formato de audio los enunciados de los ejercicios correspondientes a la geometría del espacio

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|--|--------------------------|
| ID: 8 | NUMERO DE HISTORIA:HU008 |
| Numero de tarea: Reproducir en formato de audio los enunciados de los ejercicios correspondientes a la geometría del espacio. | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo:: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: Al seleccionar un ejercicio desde el menú, el sistema reproduce un audio con los datos necesarios para su resolución, permitiendo que el estudiante | |



escuche la información requerida y pueda desarrollar el ejercicio de manera autónoma.

Tabla 28 — Sobre el Sistema Operativo.

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|--|--------------------------|
| ID: 9 | NUMERO DE HISTORIA:HU009 |
| Numero de tarea: Sobre el sistema operativo | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: La aplicación está diseñada exclusivamente para dispositivos móviles con sistema operativo Android, por lo que su instalación y funcionamiento estarán limitados únicamente a equipos que cuenten con dicha plataforma. | |

Tabla 29 — Respecto al tiempo de carga o inicio del aplicativo

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|---|--------------------------|
| ID: 10 | NUMERO DE HISTORIA:HU010 |
| Numero de tarea: Respecto al tiempo de carga o inicio del aplicativo | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Proceso |
| Programador responsable: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: La aplicación deberá iniciar completamente en un tiempo máximo de un minuto tras ser ejecutada, garantizando una experiencia fluida y evitando demoras que afecten la usabilidad por parte del estudiante. | |

Tabla 30 — Sobre la interfaz de la aplicación

| TABLA DE HISTORIA DE USUARIO | |
|------------------------------|--------------------------|
| ID: 11 | NUMERO DE HISTORIA:HU011 |



| | |
|---|--------------------|
| Numero de tarea: Sobre la interfaz de la aplicación | |
| Prioridad en negocio: Alta | Estado : Terminado |
| Responsable del desarrollo: Denilson Demetrio Hilares Álvarez | |
| Descripción: El aplicativo móvil dispondrá de una interfaz intuitiva y fácil de usar, diseñada para que los estudiantes puedan interactuar con las funcionalidades sin dificultad, optimizando así la experiencia de usuario y la accesibilidad a los contenidos. | |

5.3.10 inicialización

Durante esta fase se lleva a cabo el diseño estructurado y el desarrollo funcional de la aplicación móvil de realidad aumentada. Esto incluye la elaboración de interfaces gráficas, la programación de funcionalidades, la integración de modelos 3D y la configuración de los componentes de realidad aumentada.

Como resultado de esta etapa, se obtiene una versión funcional inicial del aplicativo, que permite ejecutar las actividades educativas planificadas, tales como la visualización de figuras geométricas y la interacción básica por parte del usuario final. Esta fase sienta las bases para la posterior validación y prueba del sistema.

a) Configuración del ambiente de desarrollo

Esta actividad se enfoca en la preparación y adecuación del entorno técnico necesario para el desarrollo eficiente de la aplicación móvil de realidad aumentada. El objetivo principal es establecer un ambiente que permita la implementación, prueba y depuración del prototipo, garantizando la compatibilidad entre las herramientas utilizadas.

b) Planificación de las fases

Tabla 31 — Planificación de las fases del proyecto

| Fase | Interacción | Descripción |
|-------------|----------------|--|
| Exploración | Iteración 0 | Delimitación del proyecto, reconocimiento de los actores |



| | | |
|----------------|----------------|--|
| | | involucrados y establecimiento de las limitaciones del entorno |
| Inicialización | Iteración 0 | Evaluación de los requisitos preliminares. |
| Producción | Iteración 1 | Elaboración y estructuración de modelos en tres dimensiones, seguido de la realización de pruebas para evaluar su funcionalidad y precisión |
| | Iteración 2 | Desarrollo e implementación de un módulo para la visualización de modelos tridimensionales, junto con la realización de pruebas |
| | Iteración 3 | Desarrollo del módulo de interacción con modelos tridimensionales y realización de pruebas para verificar su funcionamiento |
| | Iteración 4 | Desarrollo y elaboración de animaciones dirigidas a representar los componentes de las figuras geométricas tridimensionales, seguido de la realización de pruebas para verificar su funcionamiento |
| | Iteración 5 | Creación del módulo encargado de mostrar animaciones de figuras geométricas, junto con |



| | | |
|----------------|--------------|---|
| | | la realización de pruebas para asegurar su adecuado desempeño |
| | Iteración 6 | Generación de contenido en formato auditivo y ejecución de pruebas para validar su calidad y operatividad |
| | Iteración 7 | Desarrollo del módulo para la visualización de información en formato de audio, seguido de la realización de pruebas para garantizar su correcto funcionamiento |
| | Iteración 8 | |
| | Iteración 9 | |
| | | Generación de contenido en formato texto y ejecución de pruebas para validar su precisión y calidad. |
| Estabilización | Iteración 10 | Reestructuración del módulo de visualización del modelo tridimensional y ejecución de pruebas correspondientes |
| | Iteración 11 | Reestructuración del módulo de interacción con el modelo tridimensional y realización de pruebas funcionales |



| | | |
|---------------------|---|--|
| | <p>Iteración 12</p> <p>Iteración 13</p> <p>Iteración 14</p> | <p>Modificación del componente responsable de la visualización animada de figuras geométricas, acompañado de la ejecución de pruebas de funcionamiento.</p> <p>Adecuación del módulo destinado a la reproducción de contenidos en formato de audio, junto con la realización de pruebas respectivas.</p> <p>Optimización del módulo enfocado en la presentación de información textual, seguida de la aplicación de evaluaciones funcionales</p> |
| Pruebas del sistema | <p>Iteración 15</p> | <p>Se lleva a cabo la validación de las pruebas realizadas y el estudio de los resultados obtenidos.</p> |

c) Diseño de la arquitectura del sistema

Se presenta el diseño de la arquitectura propuesta para la estructura y el funcionamiento de la aplicación. Esta será implementada en dispositivos móviles con sistema operativo Android que cuenten con una cámara integrada, necesaria para interactuar con la tecnología de realidad aumentada. Al identificar el marcador preestablecido a través de la cámara, se desplegará la figura geométrica correspondiente junto con su información detallada.

d) Mapa de navegación de la aplicación

Se presenta el mapa de navegación de la aplicación móvil basada en realidad aumentada, en el cual se describen las interacciones y vínculos entre las pantallas principales que conforman el sistema implementado.



5.3.11 Producción

En esta fase se ejecuta un ciclo de desarrollo iterativo e incremental, orientado a asegurar la correcta implementación de las funcionalidades planificadas, así como la optimización progresiva del producto final.

Las actividades principales incluyen la integración completa de los módulos de la aplicación móvil, pruebas funcionales en diferentes dispositivos, ajustes de diseño y corrección de errores detectados durante el proceso. Este enfoque permite una mejora continua basada en la retroalimentación de pruebas internas y externas, garantizando una mayor estabilidad, usabilidad y rendimiento de la aplicación.

a) Planificación técnica del desarrollo

En esta subfase se definen de manera clara los requisitos funcionales y no funcionales, así como las tareas específicas necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto. La planificación se basa en los entregables esperados y en los recursos disponibles, estableciendo un cronograma de trabajo que permita una ejecución organizada y eficiente.

b) Trabajo

En esta etapa se desarrolla la parte central del proyecto, enfocada en la producción de los recursos multimedia y la programación de las funcionalidades clave de la aplicación móvil con realidad aumentada.

El proceso se estructuró de manera secuencial y priorizada para optimizar los tiempos de desarrollo, abordando las siguientes actividades:

- **Modelado 3D:** Se diseñaron figuras geométricas tridimensionales utilizando Blender, considerando su estructura, escala y compatibilidad con la plataforma de realidad aumentada.
- **Creación de animaciones:** Se aplicaron movimientos o transformaciones básicas a los modelos, con el fin de hacer la experiencia más interactiva y atractiva para el usuario.



- **Incorporación de contenido educativo:** Se añadió información descriptiva en formato de texto y audio para reforzar el proceso de aprendizaje del estudiante.
- **Integración en la aplicación:** Todos los elementos fueron ensamblados en Unity, empleando el motor de realidad aumentada Vuforia, para ser visualizados mediante la cámara del dispositivo móviles.

c) **Modelado tridimensional de figuras geométricas**

El diseño y modelado de las figuras tridimensionales fue realizado utilizando el software Blender, una herramienta especializada en la creación de gráficos 3D de alta precisión. Esta etapa representa uno de los procesos más complejos y demandantes del desarrollo, debido a la necesidad de representar con fidelidad las características geométricas, proporciones y detalles **visuales** de cada figura. Cada modelo fue elaborado considerando su correcta visualización en el entorno de realidad aumentada, lo que implicó ajustes en texturas, materiales, iluminación y compatibilidad con el motor gráfico Unity. Asimismo, se diseñaron múltiples figuras tridimensionales, de acuerdo con los contenidos curriculares definidos, lo cual incrementó el tiempo y esfuerzo requeridos en esta fase.

Lo cual se menciona en el Anexo S Modelado Tridimensional de Figuras Geométricas en las figuras.

5.1.1 Estabilización

En esta etapa se ejecutan las actividades finales orientadas a la integración completa de las funcionalidades del sistema, desarrolladas, junto con la corrección de posibles errores detectados. Además, se concluye la implementación del producto, se optimiza su calidad y se completa la documentación del proyecto. Durante el proceso de estabilización, se verifica el funcionamiento integral de la aplicación, asegurando su desempeño adecuado en conjunto

5.1.2 Validación y verificación del sistema

Esta fase tuvo como objetivo comprobar que la aplicación desarrollada cumpla con los requisitos funcionales definidos y se comporte correctamente en distintos entornos



operativos. Para ello, se llevaron a cabo pruebas sistemáticas orientadas a evaluar la funcionalidad, compatibilidad y estabilidad del sistema.

En el Anexo T donde se muestra la figura 30 validación y verificación del sistema donde se muestra las evidencias mediante capturas lo que se realizó.

a) Actividades realizadas

Se contrastaron las funcionalidades implementadas con los requisitos establecidos en la fase de planificación.

b) Pruebas unitarias

Se evaluaron individualmente los módulos y componentes del sistema para asegurar su correcto funcionamiento.

c) Pruebas de compatibilidad

Se ejecutó la aplicación en distintos dispositivos móviles para validar su rendimiento y respuesta en condiciones reales de uso.

En el Anexo U, se realizan las pruebas con distintos dispositivos para verificar la compatibilidad entre ellos los quipos de gama alta y baja.

d) Dispositivos utilizados para la evaluación

Tabla 32 — Dispositivos utilizados para evaluación

| Dispositivo | Modelo / Versión | Sistema Operativo | Resultado de Compatibilidad | Observaciones |
|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|---|
| Motorola Moto G32 | Android 13 | Android | Compatible | Funcionamiento fluido; la realidad aumentada presenta ligera demora al iniciar. |
| Samsung Galaxy S20 | Android 14 | Android | Compatible | Alto rendimiento y |



| | | | | |
|-------------------|------------|---------|-------------------------|---|
| | | | | ejecución estable de la realidad aumentada. |
| Xiaomi Redmi 9A | Android 11 | Android | Parcialmente compatible | Lentitud general y limitaciones en funciones de realidad aumentada. |
| Huawei P30 Lite | Android 10 | Android | Parcialmente compatible | Módulos básicos funcionales; inestabilidad ocasional en realidad aumentada. |
| Tablet (genérica) | Android 12 | Android | Compatible | Visualización estable y clara. |

5.4 Discusión

En la hipótesis general se demostró una mejora significativa en el aprendizaje de geometría del espacio, donde se verificó una mejora del 56,67 por ciento en el aprendizaje integral de geometría del espacio en el grupo experimental, pasando de 10 por ciento a 66,67 por ciento en niveles satisfactorios. En contexto urbano vulnerable de región predominantemente rural, donde el acceso a materiales manipulativos es limitado, la realidad aumentada proporcionó la experiencia de manipulación directa de figuras tridimensionales. En modelado de figuras geométricas, el grupo experimental alcanzó mejora de 33,34 por ciento, pasando de 13,33 por ciento a 46,67 por ciento en niveles satisfactorios, superando significativamente al grupo control que mejoró solamente 6,67 por ciento. En comunicación sobre formas y relaciones geométricas, el grupo experimental logró mejora de 63,33 por ciento, alcanzando 90 por ciento en niveles satisfactorios desde 26,67 por ciento inicial, mientras que el grupo control mejoró únicamente 10 por ciento, reflejando que la visualización interactiva tridimensional potencia especialmente la capacidad argumentativa y lenguaje matemático preciso. Estos resultados exceden significativamente los reportados por Gutiérrez Salguero (2015) en contexto urbano de Puno con mejora de 3,15 puntos, y superan los reportados por Bohorquez Coria y Llajaruna (2018) en Lima urbana con 82,18 por ciento, validando que la metodología Mobile-D genera impacto



pedagógico robusto incluso en contextos urbanos vulnerables de regiones predominantemente rurales. En conclusión, la tecnología de realidad aumentada fue significativamente más efectiva que métodos tradicionales, demostrando que la implementación del aplicativo de realidad aumentada mejora efectivamente el aprendizaje de la geometría del espacio con mejora integral de 56,67 por ciento en el grupo experimental, siendo especialmente efectiva en contextos donde la brecha de acceso a recursos educativos manipulativos es crítica para el desarrollo competencial de estudiantes.

La hipótesis específica 1 planteaba que el uso de la metodología ágil Mobile-D influye positivamente en el desarrollo del aplicativo móvil de realidad aumentada, y esta hipótesis fue confirmada con una valoración favorable de los evaluadores. La evaluación técnica realizada por tres expertos utilizando la escala ISO/IEC 9126-2 indicó que Mobile-D fue adecuada para el desarrollo del aplicativo, con una media de 4,4 en escala Likert de 1 a 5, superando el punto neutral de 3,0 en 1,4 puntos, lo que representa una diferencia de 46,67% respecto al valor de referencia. Los puntajes individuales de los evaluadores fueron: director 4,7, docente uno 4,1 y docente dos 4,4, evidenciando consenso favorable en criterios de funcionalidad, estabilidad, facilidad de uso y diseño de interfaz. El proyecto se completó exitosamente en 15 iteraciones distribuidas en las cinco fases de Mobile-D (Exploración, Inicialización, Producción, Estabilización y Validación), permitiendo ajustes continuos basados en retroalimentación de docentes y estudiantes, facilitando adaptación rápida ante desafíos del contexto urbano vulnerable de región predominantemente rural.

Comparando con Bohorquez Coria y Llajaruna (2018), quienes también utilizaron metodología Mobile-D para desarrollar la aplicación educativa GeoBook, reportan que la metodología permitió construir una solución interactiva orientada a dispositivos móviles con capacidad de visualización de objetos geométricos en realidad aumentada (prismas, cubos, pirámides). Tanto en la presente investigación, con una valoración técnica de 4,4 sobre 5,0 (46,67% por encima del punto neutral), como en Bohorquez Coria y Llajaruna (2018), con mejora pedagógica de 82,18 por ciento, la metodología Mobile-D demostró ser robusta y efectiva, permitiendo desarrollo iterativo en contextos educativos, con integración exitosa de herramientas técnicas (Unity 3D, Vuforia SDK, Blender, Java y Android SDK), y evaluación positiva de expertos, validando que metodologías ágiles como Mobile-D son transferibles y efectivas para desarrollo de aplicaciones educativas con realidad aumentada independientemente del contexto geográfico. En conclusión, la hipótesis específica 1 fue confirmada: la metodología ágil Mobile-D influyó positivamente



en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada, con una evaluación técnica de 4,4 sobre 5,0 (46,67% por encima del punto neutral), demostrando robustez de metodologías ágiles iterativas en contextos urbanos vulnerables de regiones predominantemente rurales, coincidiendo con hallazgos de Bohorquez Coria y Llajaruna (2018).

La hipótesis específica 2 planteaba que el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio, y esta hipótesis fue confirmada. El 46,67 por ciento del grupo experimental alcanzó logro esperado o superior en la dimensión "Modela figuras geométricas", mejorando significativamente desde 13,33 por ciento en pre-test (mejora de 33,34 puntos porcentuales), mientras que el grupo control mejoró únicamente de 13,33 por ciento a 20 por ciento (mejora de 6,67 puntos porcentuales), representando una diferencia de 26,67 puntos porcentuales a favor del grupo experimental en post-test, con mayor concentración en niveles superiores en el grupo experimental. Expresado en términos pedagógicos, esto significa que el grupo experimental alcanzó mayor concentración en logro esperado (40 por ciento) y logro destacado (6,67 por ciento) comparado con el grupo control que permanece más distribuido en nivel "en proceso" (53,33 por ciento). El tamaño del efecto Cohen's d para la dimensión de modelado alcanzó aproximadamente 1,05, clasificado como efecto "grande" según estándares estadísticos (Cohen, 1988), superando estimaciones de Gutiérrez Salguero (2015) en Macusani-Puno quien reportó $d = 0,80$, representando 1,31 veces mayor magnitud y demostrando robustez estadística con muestra controlada de $n = 30$ por grupo. Comparando con Bohorquez Coria y Llajaruna (2018) quienes reportaron 82,18 por ciento de mejora general en aprendizaje de geometría, la presente investigación alcanzó 46,67 por ciento en logro esperado o superior para modelado específicamente, validando que la aplicación de realidad aumentada con manipulación interactiva de modelos tridimensionales (rotación, zoom, descomposición visual de formas) fue efectiva particularmente en contexto urbano vulnerable de región predominantemente rural, donde la carencia de materiales manipulativos físicos tridimensionales es completa. La efectividad en modelado de objetos representa el primer componente crítico del aprendizaje geométrico según currículo nacional peruano, por lo que la mejora en distribución de niveles de logro en esta dimensión constituye aporte pedagógico significativo para contextos educativos urbanos vulnerables con recursos limitados. En conclusión, la hipótesis específica 2 fue confirmada: el aplicativo de realidad aumentada mejoró significativamente la capacidad de modelar figuras geométricas, con 46,67 por ciento de estudiantes alcanzando logro esperado o superior (33,34 puntos porcentuales de mejora



desde pre-test), coincidiendo con hallazgos de investigaciones previas en contextos urbanos.

La hipótesis específica 3 planteaba que el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas. El 90 por ciento del grupo experimental alcanzó logro esperado o superior, mejorando desde 26,67 por ciento en pre-test (mejora de 63,33 puntos porcentuales), mientras que el grupo control alcanzó 43,33 por ciento, con diferencia de 46,67 puntos porcentuales a favor del experimental. El desplazamiento notable se evidencia en que los estudiantes pasaron de 30 por ciento "En inicio" a 0 por ciento, y de 0 por ciento "Logro destacado" a 20 por ciento en el post-test. El tamaño del efecto fue $d = 1,27$ (efecto grande según Cohen, 1988). Comparando con Farfán Dávalos (2022), también en Apurímac, con $Z = 3,97$ ($p < 0,05$), la presente investigación cuantifica el impacto en la dimensión cognitiva de comunicación de conceptos geométricos. Vicente Martínez (2023) también demostró influencia positiva de la realidad aumentada en el razonamiento espacial. Bohorquez Coria y Llajaruna (2018) reportaron 82,18 por ciento de mejora general; la presente investigación, con 90 por ciento en comunicación, es particularmente efectiva para la expresión formal. La mejora de 63,33 puntos porcentuales constituye un aporte pedagógico significativo, demostrando que estudiantes de contextos urbanos vulnerables de regiones predominantemente rurales logran un nivel de expresión formal comparable a los estándares nacionales. En conclusión, el aplicativo mejoró significativamente la capacidad de comunicar la comprensión sobre formas y relaciones geométricas, con el 90 por ciento de los estudiantes alcanzando logro esperado o superior, coincidiendo con hallazgos de investigaciones en contextos similares sobre la efectividad de herramientas de visualización interactiva.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En la hipótesis general se concluye que el uso del aplicativo de realidad aumentada mejoró de forma significativa el aprendizaje de geometría del espacio en los estudiantes de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” durante el año 2024. El grupo experimental obtuvo una nota promedio mayor en el postest que el grupo control (14,93 frente a 12,83) y aumentó el porcentaje de estudiantes en nivel satisfactorio de 10 % a 66,67 %. Las mayores mejoras se observaron en la dimensión “comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas”, seguida de “modela figuras geométricas”. Estos resultados, junto con la evaluación favorable del aplicativo (media = 4,4/5,0 en la escala ISO/IEC 9126-2, con un ICC = 0,92 que indica concordancia excelente entre evaluadores), muestran que la aplicación diseñada es una herramienta pedagógica efectiva en el contexto estudiado.

No obstante, dado el diseño cuasi-experimental y el muestreo no probabilístico por conveniencia, los resultados son válidos únicamente para la muestra estudiada y no pueden generalizarse a todas las instituciones de educación primaria de Apurímac sin nuevas investigaciones. Se recomienda realizar estudios con muestreo aleatorio y diseños experimentales puros para confirmar la generalización de estos hallazgos a otras escuelas y contextos. La intervención resulta coherente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4) al promover una educación inclusiva, equitativa y de calidad.

En relación con la primera hipótesis específica, se concluye que el aplicativo de realidad aumentada desarrollado con la metodología ágil Mobile-D obtuvo una valoración favorable por parte de los expertos. La evaluación de calidad basada en la norma ISO/IEC 9126-2 arrojó una puntuación promedio de 4,4/5,0 en escala Likert, y el coeficiente de correlación intraclase (ICC) calculado para medir la concordancia entre los tres evaluadores fue ICC = 0,92 ($p < 0,001$), lo que indica un nivel de acuerdo excelente. Estos resultados evidencian que el aplicativo alcanzó estándares aceptables de funcionalidad, estabilidad, facilidad de uso y diseño de interfaz. No obstante, debe señalarse que la metodología Mobile-D fue la herramienta de desarrollo empleada, pero el diseño del estudio no permite establecer una



relación causal entre el uso de esta metodología y la calidad del producto final, más allá de la percepción positiva registrada.

La segunda hipótesis específica establece que el aplicativo de realidad aumentada mejoró significativamente la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio. En la dimensión “Modelar figuras geométricas”, la proporción de estudiantes del grupo experimental que alcanzó niveles satisfactorios o superiores (logro esperado y logro destacado) se incrementó de 26,67% en el pretest a 46,67% en el postest (40,0% en logro esperado y 6,67% en destacado), evidenciando un desplazamiento claro hacia niveles de desempeño más altos. La media del grupo experimental en el postest fue de 14,00 puntos, superior a la del grupo control (12,10 puntos), y la comparación entre ambas mediante la prueba t de Student para muestras independientes mostró una diferencia estadísticamente significativa ($t(58)=3,258$, $p=0,001$), lo que confirma que la intervención con realidad aumentada produjo un efecto positivo relevante sobre esta dimensión. La visualización interactiva de prismas, pirámides, cilindros y conos permitió que los estudiantes exploraran y manipularan directamente las figuras en 3D, identificando de manera más autónoma caras, aristas, vértices, simetrías y propiedades de transformación. En síntesis, el aplicativo de realidad aumentada fortaleció de forma significativa el modelado geométrico en un contexto urbano vulnerable de una región predominantemente rural, brindando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje tridimensional comparable a la proporcionada por materiales didácticos físicos y alineada con los estándares nacionales de educación en matemática.

La conclusión de la tercera hipótesis específica establece que el uso del aplicativo de realidad aumentada mejoró significativamente la capacidad de los estudiantes para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas. En la dimensión “Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas”, el 90,0% de los estudiantes del grupo experimental (27 de 30) alcanzó en el postest niveles de logro esperado o superior, frente a un porcentaje sensiblemente menor en el grupo control, lo que constituye el mayor diferencial observado entre las tres dimensiones evaluadas. La comparación de medias entre ambos grupos mostró un rendimiento superior del grupo experimental (15,87 frente a 13,57 puntos), y la prueba t de Student para muestras independientes arrojó un valor $t(58)=3,335$ con $p<0,001$, evidenciando una diferencia estadísticamente significativa a favor de la intervención con realidad aumentada. La manipulación interactiva de modelos tridimensionales favoreció el paso de una



identificación meramente visual de las figuras a una comprensión operativa que los estudiantes pudieron expresar con mayor claridad en lenguaje matemático, describiendo propiedades, relaciones y transformaciones geométricas. En síntesis, el aplicativo de realidad aumentada fortaleció de manera notable la competencia de comunicación geométrica en un contexto de recursos limitados, demostrando que la realidad aumentada no solo mejora la visualización espacial, sino que también potencia la articulación verbal y escrita de conceptos matemáticos abstractos en estudiantes que previamente presentaban rezago académico.

6.2 Recomendaciones

Con la evidencia estadística de la hipótesis general $t(58)=4,616$, $p<0,001$ y tamaño del efecto $d\approx 1,21$, considerado grande se recomienda que las instituciones de educación primaria de Apurímac incorporen progresivamente aplicaciones de realidad aumentada como recurso didáctico para la geometría del espacio, priorizando en coordinación con las UGEL a las escuelas con bajos resultados en la ECE (menos del 15% en nivel satisfactorio) e implementando pilotos documentados rigurosamente para su posible escalamiento regional; de igual forma, a partir de la confirmación de la primera hipótesis específica, se sugiere que el MINEDU, las Direcciones Regionales de Educación y los equipos de innovación adopten la metodología ágil Mobile-D como referente para el desarrollo de proyectos de tecnología educativa especialmente en contextos con limitaciones de conectividad, dado que en esta investigación permitió completar el proyecto en 15 iteraciones con retroalimentación continua, adaptarse al contexto y articular diversas herramientas en un aplicativo pedagógica y tecnológicamente sólido.

Recomendación de la hipótesis específica uno: dado que la metodología ágil Mobile-D influyó significativamente en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada, se recomienda que el MINEDU, las Direcciones Regionales de Educación, los docentes desarrolladores y los equipos de innovación educativa adopten Mobile-D como metodología de referencia para futuros proyectos de tecnología educativa, especialmente en contextos rurales o urbanos con limitaciones de conectividad. El presente estudio confirmó que Mobile-D permitió completar el proyecto en 15 iteraciones con ajustes continuos basados en la retroalimentación de usuarios, adaptarse de manera pragmática a los desafíos del contexto mediante la implementación de funcionalidad adecuada, e integrar con éxito múltiples herramientas técnicas heterogéneas, generando un producto pedagógicamente funcional y tecnológicamente robusto. La adopción de Mobile-D como



estándar metodológico contribuirá a acelerar el desarrollo de soluciones educativas innovadoras en escuelas peruanas de recursos limitados, garantizando calidad técnica comprobada y alta adaptabilidad a las restricciones infraestructurales reales.

Recomendación de la hipótesis específica dos: dado que se confirmó que el aplicativo de realidad aumentada mejoró significativamente la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio (46,67% de logro esperado o superior en el grupo experimental, 14 de 30 estudiantes, frente al 20% del grupo control, 6 de 30, es decir, una diferencia de 26,67 puntos porcentuales; con una distribución cualitativamente superior en el experimental: 40% en logro esperado y 6,67% en logro destacado, frente al 53,33% en proceso y 26,67% en logro esperado del grupo control), se recomienda que los docentes de Matemática de educación primaria integren de manera sistemática actividades de modelado 3D interactivo en las sesiones de geometría del espacio, iniciando siempre con la exploración y manipulación de las figuras antes de introducir las fórmulas de cálculo. Los estudiantes deberían disponer de tiempo suficiente para rotar, escalar, descomponer y transformar modelos tridimensionales de prismas, pirámides, cilindros y conos mediante realidad aumentada, permitiendo que la visualización espacial surja de la exploración activa y no solo de dibujos planos. Se sugiere que los docentes estructuren secuencias didácticas de enfoque constructivista en tres momentos: primero, exploración interactiva de las figuras con RA para identificar caras, aristas, vértices y simetrías; segundo, formulación inductiva de propiedades y reglas de cálculo a partir de lo observado; y tercero, verificación de las fórmulas mediante nuevas manipulaciones y ejercicios aplicados. Finalmente, se recomienda que los docentes documenten ejemplos de buenas prácticas de modelado 3D en sus aulas y los compartan en redes educativas locales y regionales, con el fin de fortalecer colectivamente la enseñanza de la geometría del espacio apoyada en tecnología educativa.

Recomendación de la hipótesis específica tres: dado que se comprobó que el aplicativo de realidad aumentada mejoró significativamente la capacidad de los estudiantes para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas (90,0% de logro en el grupo experimental, 27 de 30 estudiantes, frente al 43,33% en el grupo control, 13 de 30, es decir, una diferencia de 46,67 puntos porcentuales, la mayor entre las tres dimensiones evaluadas), se recomienda que los docentes de Matemática diseñen actividades didácticas en las que los estudiantes expresen, de forma verbal y escrita, propiedades geométricas mientras manipulan objetos tridimensionales en realidad



aumentada. En concreto, se sugiere incorporar de manera sistemática: (a) tareas de explicación oral en las que los estudiantes describan en audio las características, simetrías y propiedades de las figuras que están manipulando, usando vocabulario geométrico preciso; (b) breves debates o puestas en común donde los estudiantes argumenten y contrasten sus observaciones sobre las figuras 3D proyectadas, recibiendo retroalimentación inmediata del docente sobre el uso correcto del lenguaje matemático; y (c) actividades de escritura reflexiva en las que, después de la exploración interactiva, redacten definiciones propias, enumeren propiedades e identifiquen relaciones geométricas utilizando notación y terminología formal. Esta articulación entre comunicación verbal y escrita y manipulación tridimensional contribuirá a consolidar la competencia de comunicación geométrica como una fortaleza distintiva en el aprendizaje de la geometría del espacio en contextos educativos peruanos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GODINO, Juan D.; RUIZ, Francisco. 2002.** *Geometría y su didáctica para maestros*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática, 2002.
- BLENDER FOUNDATION. 2024.** *The Free and Open Source 3D Creation Software*. Amsterdam: Blender Foundation.
- ZHAO, Yu, et al. 2024.** *A Systematic Review of the Use of Augmented Reality in Pedestrian Navigation*. ACM Computing Surveys (CSUR), 2024.
- ABRAHAMSSON, Pekka, et al. 2004.** *Mobile D: An Agile Approach for Mobile Application Development*. Nueva York: ACM, 2004.
- ABRAHAMSSON, Pekka; HANHINEVA, Antti; HULKKO, Hanna. 2004.** *Mobile-D: an agile approach for mobile application development*. New York: Association for Computing Machinery, 2004.
- DUNLEAVY, Mark; DEDE, Christopher; MITCHELL, Richa. 2009.** *Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning*. Journal of Science Education and Technology, 2009.
- WANDAH, P. N. 2024.** *Analyzing Students' Learning Styles in Listening Comprehension Abilities among English Education*. Bengkulu: Journal of English Education and Teaching, 2024.
- FARFÁN DÁVALOS, Karen. 2022.** *Aplicación móvil de realidad aumentada para mejorar el aprendizaje de geometría del espacio en el curso de matemáticas de los alumnos de segundo grado de secundaria del Colegio Nuestra Señora de las Mercedes*. Abancay: s.n., 2022.
- BOHÓRQUEZ CORIA, Gian Pierre; LLAJARUNA CÉSPEDES, Tatiana Freda. 2018.** *Aplicativo móvil con realidad aumentada para el aprendizaje de geometría en los estudiantes de 6to grado de primaria I.E. 6048 Jorge Basadre-2018*. Lima: Universidad Autónoma del Perú, 2018.
- ARAY ANDRADE, Carlos Alberto; PÁRRAGA QUIJANO, Orlando Francisco; CHUN MOLINA, Raúl. 2019.** *La falta de enseñanza de la geometría en el nivel medio y su repercusión en el nivel universitario: análisis del proceso de nivelación de la Universidad Técnica de Manabí*. Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales, 2019.



ZEKEIK, H. 2025. *Augmented Reality and Virtual Reality in Education: A Systematic Narrative Review on Benefits, Challenges, and Application Domains.* Science and Technology Education, 2025.

BACCA ACOSTA, Jorge Luis, et al. 2014. *Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications.* Educational Technology & Society, 2014.

IBÁÑEZ, María Blanca; VILLARÁN MOLINA, Diego; DELGADO KLOOS, Carlos. 2014. *Augmented Reality-Based Simulators as Discovery Learning Tools: An Empirical Study.* 2014.

AUSUBEL, David Paul. 1968. *The psychology of meaningful verbal learning.* New York: Grune & Stratton, 1968.

AZUMA, Ronald T. 1997. *A Survey of Augmented Reality.* Cambridge: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997.

CHAMORRO, María del Carmen. 2003. *Didáctica de las matemáticas para primaria.* Madrid: Pearson Educación, 2003.

CHUQUIMIA HERNANI, Henry Raúl. 2014. *Aplicación de Realidad Aumentada como herramienta lúdica y pedagógica, orientada al proceso de enseñanza.* Universidad Mayor de San Andrés, 2014.

COCKCROFT, Wilfred Halliday. 1982. *Mathematics Counts: Report of the Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools.* Londres: Her Majesty's Stationery Office, 1982.

CORDERO ARQUEZ, Lorena María. 2020. *Estrategia Didáctica Mediada por Realidad Aumentada, Para el Fortalecimiento de la Competencia del Pensamiento Métrico Espacial en Estudiantes de Grado Noveno.* Bucaramanga: Universidad de Santander, 2020.

GUTIÉRREZ SALGUERO, Windebel Eudis. 2015. *Desarrollo de aplicación móvil sobre Android en Realidad Aumentada para el aprendizaje en el área de lógico matemática para la Institución Educativa Glorioso 821 - Macusani.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

DU, Z.; ZHANG, K.; WANG, S. 2022. *Augmented reality marketing: A systematic literature review and an agenda for future inquiry.* Lausana: Frontiers Media, 2022.

DUVAL, Raymond. 2006. *A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics.* Springer, 2006.



FISCHBEIN, Efraim. 1993. *The Theory of Figural Concepts*. Educational Studies in Mathematics, 1993.

DE LA CRUZ DE LA CRUZ, Walter. 2019. *El software de realidad aumentada Creator y su contribución en la comprensión de la gráfica de funciones reales en los estudiantes del primer ciclo de una universidad de Lima*. Lima: s.n., 2019.

KLOPFER, Eric; SQUIRE, Kurt; JENKINS, Henry. 2002. *Environmental Detectives: PDAs as a window into a virtual simulated world*. 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. 2025. *Estado de la Niñez y Adolescencia*. Lima: INEI, 2025.

GARCÍA MONROY, A. I. 2020. *Estrategia metacognitiva en el aprendizaje significativo mediante el cuento*. 2020.

GAGNÉ, Robert M. 1965. *Las condiciones del aprendizaje*. México: Interamericana, 1965.

GODINO, Juan D. 2003. *Matemáticas para maestros*. Granada: Universidad de Granada, 2003.

GÓMEZ CARMONA, Jhon Hernan. 2016. *Realidad aumentada como herramienta que potencialice el aprendizaje significativo en geometría básica del grado tercero de la institución educativa Instituto Estrada*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2016.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill Interamericana, 2014.

HIDALGO TOCTAGUANO, Luis Rolando; IZA QUISHPE, Milton Gustavo. 2016. *Análisis comparativo de las metodologías de desarrollo móvil: Hybrid Methodology Design y Mobile D*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2016.

HONEY, P.; MUMFORD, A. 1986. *Using your learning styles*. Londres: Peter Honey, 1986.

IBM. 2024. *What is Augmented Reality*. Armonk: IBM, 2024.

ISO. 2018. *ISO 9241-11:2018 - Ergonomía de la interacción humano-sistema - Parte 11: Componentes de la usabilidad - Definiciones y conceptos*. Ginebra: International Organization for Standardization, 2018.

KAUFMANN, Hannes; SCHMALSTIEG, Dieter. 2003. *Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality*. Elsevier, 2003.



- KILPATRICK, Jeremy; SWAFFORD, Jane; FINDELL, Brad. 2001.** *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*. Washington: National Academy Press, 2001.
- KLEFTODIMOS, Alexandros, et al. 2023.** *Location-Based Augmented Reality for Cultural Heritage Communication and Education: The Doltso District Application*. Heritage (MDPI), 2023.
- GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ, A. 2006.** *La investigación sobre enseñanza y aprendizaje de la geometría*. México: Grupo Editorial Iberoamericano, 2006.
- ARAMENDIZ SANJUAN, Niver Javier. 2025.** *La Realidad Aumentada como Herramienta Didáctica para el Aprendizaje de la Geometría Espacial*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 2025.
- MARTÍNEZ, Danilo; FERRE, Xavier; GUERRERO, Graciela. 2020.** *An agile based integrated framework for mobile application development considering ilities*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. 2016.** *Currículo Nacional de la Educación Básica*. Lima: Ministerio de Educación, 2016.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. 2020.** *Resolución Viceministerial N.º 094-2020-MINEDU*. Lima: Gobierno del Perú, 2020.
- FLEMING, Neil D.; MILLS, Colleen E. 1992.** *Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection*. To Improve the Academy, 1992.
- OFICINA DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE LOS APRENDIZAJES. 2019.** *Resultados de la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) 2019*. Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes, 2019.
- BIMBER, Oliver; RASKAR, Ramesh. 2025.** *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. Natick: s.n., 2025.
- OPENWEBINARS. 2017.** *Curso de Unity*. OpenWebinars, 2017.
- PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION. s.f.** *Vuforia Engine Augmented Reality SDK*. Boston: PTC Inc.
- PHONG, Bui Tuong. 1975.** *Illumination for Computer Generated Pictures*. University of Utah, 1975.
- NIANTIC. 2016.** *Pokémon GO*. San Francisco: Niantic, 2016.



RAMTOHUL, A.; KHEDO, K. K. 2021. *Location Based Mobile Augmented Reality Systems: A Systematic Review*. Immersive Technology in Smart Cities, 2021.

AGUILAR LARRARTE, Eliana Margarita; VIVAS ALBÁN, Oscar Andrés; SABATER NAVARRO, José María. 2018. *Realidad Aumentada con Marcadores Cuadrados y Naturales para Navegación Quirúrgica*. Pistas Educativas, 2018.

VICENTE MARTÍNEZ, Edeluz Ruth. 2023. *Realidad aumentada en el aprendizaje de formas geométricas tridimensionales en estudiantes de secundaria del distrito de Huayhuay - La Oroya*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2023.

REITMAYR, Gerhard; SCHMALSTIEG, Dieter. 2003. *Location Based Applications for Mobile Augmented Reality*. Adelaide: Australian Computer Society, 2003.

SILTANEN, Sanni. 2012. *Theory and applications of marker-based augmented reality*. Technical Research Centre of Finland, 2012.

COSTA, Eduardo Vinicius. 2023. *Tecnología de Realidad Aumentada para la Enseñanza de la Geometría Espacial: una Experiencia con Estudiantes de los últimos años de la Educación Primaria*. Maracay: Revista del Centro de Investigaciones Educativas Paradigma, 2023.

COSTA, Eduardo; IAQCHAN RYOKITI HOMA, Agostinho. 2023. *Tecnología de Realidad Aumentada para la Enseñanza de la Geometría Espacial*. Maracay: Revista del Centro de Investigaciones Educativas Paradigma, 2023.

BRUNER, Jerome S. 1961. *The act of discovery*. Cambridge: Harvard Educational Review, 1961.

UNITY TECHNOLOGIES. s.f. *Unity The World's Leading Real-Time Development Platform*. San Francisco: Unity Technologies Inc.

VAN HIELE, Pierre M. 1986. *Structure and Insight: A Theory of Mathematics Education*. Orlando: Academic Press, 1986.

VENEGAS CONDORMANGO, A. M.; TORRES VILLANUEVA, M.; SERNAQUÉ PÉREZ, J. A. 2020. *Mobile Application with Augmented Reality for the Learning of the Cell*. IEEE, 2020.

HERNÁNDEZ, Vicente Y VILLALBA, María. 2001. *Perspectivas en la enseñanza de la geometría para el siglo XXI*. España: UNISON, 2001.



ANEXOS



Anexo A
Matriz de consistencia

Tabla 33 — Matriz de Consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADORES | METODOLOGÍA |
|--|--|--|---|---|---|--|
| <p>Problema general</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida la implementación de un aplicativo de realidad aumentada mejora el aprendizaje de la geometría del espacio en los estudiantes de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” durante el año 2024? | <p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar en qué medida la implementación de un aplicativo de realidad aumentada mejora el aprendizaje de la geometría del espacio en los estudiantes de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” durante el año 2024. | <p>Hipótesis general</p> <ul style="list-style-type: none"> • La implementación del aplicativo de realidad aumentada mejora significativamente en el aprendizaje de la geometría del espacio en los estudiantes de la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA” durante el año 2024. | <p>Variable independiente</p> <p>Implementación del aplicativo de realidad aumentada</p> | <p>Metodología Mobile D</p> <p>Dispositivos de entrada</p> <p>Modelado de figuras</p> <p>Mallas poligonales</p> <p>Estructura poligonal</p> | <p>Calidad de aplicación móvil, satisfacción general</p> <p>Comodidad del usuario</p> <p>Calidad del entorno visual</p> <p>Detalle de los objetos 3D</p> <p>Modelado correcto de formas en 3D</p> | <p>Tipo : investigación aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Método: cuasi experimental</p> <p>Población: Está constituido por los alumnos de la Institución educativa N° 54009 VILLA GLORIA que consta de 305 estudiantes.</p> <p>Muestra: Se ha escogido el 4to grado de la I.E VILLA GLORIA en los cuales tomaremos de muestra a un</p> |

| | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|--|
| <p>Problema específico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cómo el uso de la metodología Mobile-D influye positivamente en el desarrollo de aplicativo de realidad aumentada en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”. • ¿Cómo el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”? • ¿Cómo el uso del aplicativo de realidad aumentada | <p>Objetivo específico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demostrar que el uso de la metodología Mobile-D influye en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”. • Demostrar que el uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”. • Demostrar que el uso del aplicativo de realidad aumentada | <p>Hipótesis específica</p> <ul style="list-style-type: none"> • El uso de la metodología Mobile-D influye significativamente en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”. • El uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para modelar figuras geométricas del espacio en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”. • El uso del aplicativo de realidad aumentada mejora la capacidad de los estudiantes para comunicar su | <p>Variable dependiente</p> <p>Aprendizaje de Geometría del Espacio en los estudiantes.</p> | <p>Modela objetos con formas geométricas</p> | <p>Reconoce y nombra cuerpos geométricos</p> | <p>grupo de estudiantes de 60 en el cual los estudiantes serán 30 de la sección A los cuales serán el grupo experimental y los 30 estudiantes serán de la sección B que es el grupo control</p> <p>Instrumentos</p> <p>Cuestionario de Pre test de desarrollo del aprendizaje</p> <p>Cuestionario de Post test de desarrollo del aprendizaje</p> <p>Registro de observación</p> |
| | | | | <p>Comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas</p> | <p>Explica propiedades de figuras y cuerpos geométricos</p> | |

| | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|
| mejora la capacidad de los estudiantes para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”? | mejora la capacidad de los estudiantes para comunicar su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”. | comprensión sobre las formas y relaciones geométricas en la I.E. N.º 54009 “VILLA GLORIA”. | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|

Anexo B

Modelar figuras geométricas

Nombres y Apellidos: _____
Grado: _____ Grupo: _____ Nota: _____

Esta actividad tiene como propósito conocer cuánto has aprendido sobre las figuras geométricas y sus partes. Observa con atención cada imagen y responde con calma.

INSTRUCCIONES:

- Lee o escucha atentamente cada pregunta.
- Observa bien las figuras antes de responder.
- Marca la respuesta correcta o dilo en voz alta si es prueba oral.

Importante: recuerda que debes elegir únicamente una respuesta en cada pregunta para evitar confusiones.

- 1) ¿Cómo se llama una figura geométrica con forma de caja donde todas las caras son cuadrados iguales?
 - a. Cilindro
 - b. Cubo
 - c. Cono
 - d. Esfera
- 2) ¿Cuál de estas figuras se parece a una pelota?
 - a. Cono
 - b. Esfera
 - c. Cubo
 - d. Prisma
- 3) ¿Cómo se llama el punto donde se juntan dos o más líneas en una figura?
 - a. Arista
 - b. Cara
 - c. Vértice
 - d. Base
- 4) ¿Qué figura se parece a un sombrero de cumpleaños?
 - a. Cilindro

Figura 25— Pre Test preguntas para modelar figuras geométricas parte 1

- b. Cubo
 - c. Cono
 - d. Esfera
- 1) ¿Cuál de estas figuras tiene todas sus caras cuadradas e iguales?
- a. Cubo
 - b. Esfera
 - c. Rectángulo
 - d. Pirámide
- 2) ¿Qué figura no tiene esquinas ni lados rectos?
- a. Cubo
 - b. Esfera
 - c. Prisma
 - d. Pirámide
- 3) ¿Cómo se llama la parte de abajo de una figura donde se apoya?
- a. Vértice
 - b. Base
 - c. Arista
 - d. Cara
- 4) Observa la figura ¿Qué forma tiene?
- a. Cubo
 - b. Cilindro
 - c. Cono
 - d. Prisma

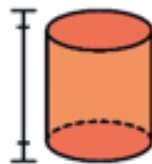


Figura 26 — Pre Test preguntas para modelar figuras geométricas parte 2

Tabla 34 — Calificaciones de pre test modelar figuras geométricas

| Estudiante | Respuestas | Puntaje (0–20) | Equivalencia |
|------------|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| 1 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)b, 7)b | 14 | Bueno |
| 2 | 1)c, 2)b, 3)a, 4)b | 8 | Malo |
| 3 | 1)b, 2)b, 3)d, 4)c, 5)d | 9 | Malo |
| 4 | 1)b, 2)c, 3)c, 4)c, 5)d | 10 | Regular |
| 5 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)a, 5)c | 10 | Regular |
| 6 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)c | 12 | Regular |
| 7 | 1)b, 2)b, 3)a, 4)c, 5)a, 6)c | 11 | Regular |
| 8 | 1)b, 2)d, 3)c, 4)c, 5)a | 10 | Regular |
| 9 | 1)b, 2)b, 3)b, 4)c, 5)c | 10 | Regular |
| 10 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)b, 7)b | 13 | Bueno |
| 11 | 1)b, 2)b, 3)d, 4)c, 5)a, 6)b, 7)c | 13 | Bueno |
| 12 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)b | 10 | Regular |
| 13 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Bueno |
| 14 | 1)b, 2)c, 3)c, 4)c, 5)a, 6)b, 7)c | 13 | Bueno |
| 15 | 1)b, 2)d, 3)c, 4)c, 5)a | 10 | Regular |
| 16 | 1)c, 2)c, 3)c, 4)c | 8 | Malo |
| 17 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)b, 5)a, 6)d | 11 | Regular |
| 18 | 1)b, 2)a, 3)c, 4)c, 5)d, 6)b | 11 | Regular |
| 19 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)d | 12 | Regular |
| 20 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)b, 7)b | 14 | Bueno |
| 21 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)b, 7)c | 14 | Bueno |
| 22 | 1)b, 2)c, 3)c, 4)c, 5)a, 6)b, 7)b | 13 | Bueno |
| 23 | 1)b, 2)b, 3)d, 4)a, 5)c | 9 | Malo |
| 24 | 1)b, 2)c, 3)c, 4)c, 5)a | 10 | Regular |
| 25 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Bueno |
| 26 | 1)b, 2)d, 3)c, 4)c, 5)a | 10 | Regular |
| 27 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)d | 11 | Regular |
| 28 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)b, 7)b | 14 | Bueno |
| 29 | 1)c, 2)b, 3)d, 4)a | 8 | Malo |
| 30 | 1)b, 2)c, 3)c, 4)d, 5)b | 9 | Malo |

Los resultados de la Tabla 34, correspondiente al pre test de modelar figuras geométricas, muestran que, de un total de 30 estudiantes evaluados, 14 estudiantes se ubican en el nivel Regular, lo que representa el 46.7%. Asimismo, 10 estudiantes alcanzaron el nivel Bueno, equivalente al 33.3%, mientras que 6 estudiantes se encuentran en el nivel Malo, representando el 20.0%. No se registraron estudiantes en el nivel Excelente.

Estos resultados evidencian que la mayoría de estudiantes posee conocimientos básicos sobre figuras geométricas, especialmente en el reconocimiento de formas como el cubo, la esfera y el cono. Sin embargo, todavía presentan dificultades para identificar algunos elementos geométricos, como vértices, aristas, bases y esquinas. Por ello, se considera necesario fortalecer el aprendizaje mediante estrategias didácticas más visuales, prácticas e interactivas, que ayuden a mejorar la comprensión de las figuras geométricas y sus características.



Anexo C

Post Test modelar figuras geométricas

Nombres y Apellidos: _____

Grado: _____ Grupo: _____ Nota: _____

Estimado(a) estudiante, esta actividad tiene como propósito conocer cuánto has aprendido sobre las figuras geométricas y sus partes. Observa con atención cada imagen y responde con calma.

INSTRUCCIONES:

- Lee o escucha atentamente cada pregunta.
- Observa bien las figuras antes de responder.
- Marca la respuesta correcta o dilo en voz alta si es prueba oral.

Importante: Recuerda que debes elegir solo una respuesta para evitar confusión.

1) ¿Cómo se llama esta figura?

- a. Cono
- b. Esfera
- c. Cilindro
- d. Cubo

2) ¿Cuántas caras tiene un cubo?

- a. 3 caras
- b. 6 caras
- c. 4 caras
- d. 2 caras

3) ¿Qué figura se parece a una pelota que rueda?

- a. Prisma
- b. Cubo
- c. Esfera
- d. Cilindro

4) ¿Cómo se llama la parte donde se unen dos caras?

- a. Arista
- b. Vértice
- c. Base

Figura 27— Post Test modelar figuras geométricas

- d. Esquina
- 5) ¿Qué figura tiene forma de caja con todas sus caras iguales?
 - a. Cubo
 - b. Esfera
 - c. Cono
 - d. Rectángulo
- 6) ¿Cuál figura no tiene esquinas ni caras planas?
 - a. Cubo
 - b. Cilindro
 - c. Esfera
 - d. Prisma
- 7) ¿Cómo se llama el punto donde se juntan tres o más aristas?
 - a. Cara
 - b. Vértice
 - c. Base
 - d. Lado
- 8) Observa la figura ¿Qué forma tiene?
 - a. Prisma
 - b. Cono
 - c. Cilindro
 - d. Cubo
- 9) ¿Cuál figura tiene una base circular y termina en punta?
 - a. Esfera
 - b. Cilindro
 - c. Cono
 - d. Pirámide
- 10) ¿Cuántas aristas tiene un cubo?
 - a. 6
 - b. 8
 - c. 10
 - d. 12

Figura 28 — Post Test modelar figuras geométricas

Tabla 35 — Calificaciones de post test de modelar figuras geométricas

| Estudiante | Respuestas | Puntaje | Equivalencia |
|------------|---|---------|--------------|
| 1 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 8)b, 9)c, 10)d | 20 | Excelente |
| 2 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)d | 12 | Malo |
| 3 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c | 12 | Malo |
| 4 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)d, 6)c, 7)b | 13 | Malo |
| 5 | 1)d, 2)c, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Malo |
| 6 | 1)d, 2)b, 3)a, 4)a, 5)a, 6)c | 11 | Malo |
| 7 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b | 14 | Malo |
| 8 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Malo |
| 9 | 1)a, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Malo |
| 10 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 8)b | 15 | Regular |
| 11 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)d, 5)a, 6)c, 7)b, 8)b | 15 | Regular |
| 12 | 1)c, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c | 11 | Malo |
| 13 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 8)c | 15 | Regular |
| 14 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)c, 6)c, 7)b, 8)b | 15 | Regular |
| 15 | 1)d, 2)c, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Malo |
| 16 | 1)c, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)d | 12 | Malo |
| 17 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)b, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Malo |
| 18 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b | 14 | Malo |
| 19 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 9)c | 15 | Regular |
| 20 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 10)d | 15 | Regular |
| 21 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 8)b | 16 | Regular |
| 22 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Malo |
| 23 | 1)b, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)d | 12 | Malo |
| 24 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 8)b, 9)c | 17 | Regular |
| 25 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 9)c, 10)d | 17 | Regular |
| 26 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)b, 6)c | 12 | Malo |
| 27 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b | 14 | Malo |
| 28 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b, 8)b, 9)c, 10)d | 20 | Excelente |
| 29 | 1)d, 2)b, 3)c, 4)c, 5)a, 6)d | 12 | Malo |

| | | | |
|----|-----------------------------------|----|------|
| 30 | 1)d, 2)c, 3)c, 4)a, 5)a, 6)c, 7)b | 13 | Malo |
|----|-----------------------------------|----|------|

Los resultados de la Tabla 35, correspondiente al post test de modelar figuras geométricas, muestran que, de un total de 30 estudiantes evaluados, 19 estudiantes se ubican en el nivel Malo, lo que representa el 63.3%. Asimismo, 9 estudiantes alcanzaron el nivel Regular, equivalente al 30.0%, mientras que solo 2 estudiantes lograron el nivel Excelente, representando el 6.7%. No se registraron estudiantes en el nivel Bueno.

Estos resultados evidencian que, aunque algunos estudiantes alcanzaron un desempeño destacado en el reconocimiento de figuras geométricas y sus elementos, la mayoría aún presenta dificultades para identificar correctamente las características de los cuerpos geométricos, como caras, aristas, vértices y bases. Por ello, no se puede afirmar una mejora significativa general del grupo, sino una mejora limitada en algunos estudiantes.

En consecuencia, los resultados del post test indican que se requiere continuar reforzando la dimensión modelar figuras geométricas, mediante actividades más visuales, prácticas e interactivas, que permitan mejorar la comprensión de las figuras tridimensionales y sus propiedades.



Anexo D

Pre Test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

Nombres y Apellidos: _____
Grado: _____ Grupo: _____ Nota: _____

INSTRUCCIONES:
Escucha o lee cada pregunta con atención y responde marcando la alternativa correcta o diciendo tu respuesta.

- 1) ¿Qué dibujo representa mejor un cubo?
 - a. Una caja
 - b. Una pelota
 - c. Un sombrero
 - d. Una hoja
- 2) ¿Cuál de las siguientes figuras puedes dibujar como un círculo?
 - a. Esfera
 - b. Cono
 - c. Rueda
 - d. Prisma
- 3) Si quieres dibujar una pirámide, ¿qué forma debe tener su base?
 - a. Cuadrada
 - b. Redonda
 - c. Triangular
 - d. Ovalada
- 4) ¿Qué figura puedes dibujar para representar una lata de gaseosa?
 - a. Cubo
 - b. Cilindro
 - c. Esfera
 - d. Pirámide
- 5) Si dibujas una figura con 6 caras cuadradas, ¿qué estás representando?
 - a. Cubo
 - b. Esfera
 - c. Cono
 - d. Prisma
- 6) ¿Qué figura tiene una base redonda y termina en punta?

Figura 29 — Pre Test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

- a. Cono
 - b. Cubo
 - c. Esfera
 - d. Cilindro
- 7) Si te piden representar un rectángulo, ¿cuántos lados debes dibujar?
- a. 3
 - b. 4
 - c. 5
 - d. 6
- 8) ¿Cuál de estas representaciones muestra un cuerpo geométrico?
- a. Un triángulo
 - b. Un círculo
 - c. Un cubo
 - d. Una línea
- 9) ¿Qué figura dibujarías para representar un balón?
- a. Círculo
 - b. Cuadrado
 - c. Rectángulo
 - d. Triángulo
- 10) ¿Cuál de las siguientes opciones representa mejor un prisma rectangular?
- a. Una caja de zapatos
 - b. Un plato
 - c. Un sombrero de fiesta
 - d. Una pelota

Figura 30 — Pre Test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas



Tabla 36 — Calificaciones de pre test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

| Estudiante | Respuestas | Puntaje | Equivalencia |
|------------|--|---------|--------------|
| 1 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)b,10)a | 15 | Bueno |
| 2 | 1)a,2)c,3)c,4)b,5)b,6)a,7)b,8)d,9)a,10)c | 11 | Malo |
| 3 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)c,8)c,9)b,10)c | 13 | Regular |
| 4 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)a,10)c | 14 | Regular |
| 5 | 1)a,2)c,3)b,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)c,10)a | 13 | Regular |
| 6 | 1)a,2)b,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)a,10)c | 13 | Regular |
| 7 | 1)a,2)c,3)b,4)d,5)c,6)a,7)b,8)c,9)b,10)d | 10 | Malo |
| 8 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)c,10)a | 14 | Regular |
| 9 | 1)a,2)b,3)d,4)b,5)c,6)a,7)b,8)c,9)a,10)c | 10 | Malo |
| 10 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)c,6)a,7)b,8)d,9)a,10)a | 12 | Regular |
| 11 | 1)a,2)c,3)b,4)b,5)a,6)a,7)c,8)c,9)a,10)a | 12 | Regular |
| 12 | 1)a,2)b,3)c,4)b,5)b,6)a,7)c,8)d,9)a,10)a | 10 | Malo |
| 13 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)c,7)b,8)c,9)a,10)b | 13 | Regular |
| 14 | 1)a,2)c,3)b,4)b,5)a,6)a,7)b,8)d,9)a,10)a | 13 | Regular |
| 15 | 1)a,2)c,3)c,4)b,5)d,6)a,7)b,8)c,9)a,10)b | 10 | Malo |
| 16 | 1)a,2)d,3)b,4)b,5)a,6)c,7)b,8)d,9)a,10)c | 10 | Malo |
| 17 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)b,6)a,7)b,8)c,9)c,10)d | 12 | Regular |
| 18 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)c,8)c,9)a,10)d | 13 | Regular |
| 19 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)a,10)b | 15 | Bueno |
| 20 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)c,10)a | 15 | Bueno |
| 21 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)a,10)d | 15 | Bueno |
| 22 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)c,6)a,7)b,8)c,9)a,10)c | 13 | Regular |
| 23 | 1)a,2)d,3)c,4)b,5)c,6)a,7)b,8)d,9)a,10)b | 10 | Malo |
| 24 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)d,9)c,10)a | 13 | Regular |
| 25 | 1)a,2)c,3)b,4)b,5)c,6)a,7)b,8)c,9)a,10)d | 11 | Malo |
| 26 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)b,6)a,7)c,8)c,9)a,10)a | 12 | Regular |
| 27 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)a,10)c | 14 | Regular |
| 28 | 1)a,2)c,3)a,4)b,5)a,6)a,7)b,8)c,9)a,10)a | 17 | Bueno |
| 29 | 1)a,2)c,3)c,4)c,5)b,6)a,7)b,8)c,9)c,10)d | 10 | Malo |
| 30 | 1)a,2)c,3)b,4)b,5)a,6)a,7)c,8)c,9)a,10)b | 12 | Regular |

Los resultados de la Tabla 36, correspondiente al pre test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas, muestran que, de un total de 30 estudiantes evaluados, 16 estudiantes se ubican en el nivel Regular, lo que representa el 53.3%. Asimismo, 9 estudiantes se encuentran en el nivel Malo, equivalente al 30.0%, mientras que solo 5 estudiantes alcanzaron el nivel Bueno, representando el 16.7%. No se registraron estudiantes en el nivel Excelente.

Estos resultados evidencian que la mayoría de estudiantes posee un conocimiento básico sobre la representación de figuras geométricas; sin embargo, aún presentan dificultades para comunicar con claridad su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas. Esto se observa especialmente en actividades que requieren relacionar figuras tridimensionales con objetos cotidianos o identificar sus características principales.

En consecuencia, los resultados del pre test demuestran la necesidad de fortalecer esta dimensión mediante estrategias didácticas visuales, prácticas e interactivas, que permitan mejorar la comunicación matemática, la representación de cuerpos geométricos y la comprensión de sus propiedades.



Anexo F

Post Test comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

Nombres y Apellidos: _____

Grado: _____ Grupo: _____ Nota: _____

INSTRUCCIONES:

Escucha o lee cada pregunta con atención y responde marcando la alternativa correcta o diciendo tu respuesta.

1. Observa la figura dibujada ¿Qué figura es?
 - a. Esfera
 - b. Cilindro
 - c. Cubo
 - d. Cono
2. ¿Cómo dibujarías un cilindro de manera simple?
 - a. Con una base redonda y líneas verticales
 - b. Como un triángulo
 - c. Como un círculo
 - d. Como un cuadrado
3. ¿Qué figura puedes representar para mostrar un edificio rectangular?
 - a. Prisma rectangular
 - b. Esfera
 - c. Cono
 - d. Cilindro
4. Observa la figura ¿Qué objeto representa?
 - a. Caja
 - b. Plato
 - c. Sombrero
 - d. Pelota
5. ¿Cuál dibujo representa un cuerpo geométrico con 6 caras iguales?
 - a. Esfera
 - b. Cubo
 - c. Cono
 - d. Prisma

Figura 31— Post Test comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas



6. Si dibujas una figura sólida que rueda y no tiene esquinas, ¿cuál es?
 - a. Cilindro
 - b. Esfera
 - c. Prisma
 - d. Pirámide
7. ¿Qué figura puedes representar si un lado es la base y otro la altura?
 - a. Triángulo
 - b. Cubo
 - c. Cono
 - d. Esfera
8. ¿Qué figura se representa con una base rectangular y líneas que se elevan en forma de techo?
 - a. Prisma rectangular
 - b. Esfera
 - c. Cilindro
 - d. Círculo
9. Si un niño dibuja una pelota, ¿qué figura está representando?
 - a. Esfera
 - b. Cono
 - c. Cubo
 - d. Prisma
10. ¿Cuál de estas figuras puede representarse como una caja de cartón?
 - a. Cubo
 - b. Cilindro
 - c. Cono
 - d. Círculo

Figura 32 — Post Test comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas



Tabla 37 — Post test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas

| Estudiante | Respuestas | Puntaje | Equivalencia |
|------------|---|---------|--------------|
| 1 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)b,10)b,11)a | 17 | Regular |
| 2 | 1)c,2)a,3)a,4)d,5)c,6)c,7)b,8)b,9)a,10)b,11)d | 13 | Malo |
| 3 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)c,7)a,8)b,9)a,10)b,11)d | 15 | Bueno |
| 4 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b | 16 | Regular |
| 5 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)b,10)a | 16 | Regular |
| 6 | 1)c,2)a,3)b,4)c,5)b,6)c,7)a,8)b,9)a,10)b | 14 | Regular |
| 7 | 1)c,2)b,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)b,10)a | 14 | Regular |
| 8 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)b,9)a,10)b,11)c | 15 | Bueno |
| 9 | 1)c,2)b,3)a,4)c,5)c,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b | 14 | Regular |
| 10 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b,11)a | 19 | Bueno |
| 11 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)b,10)a,11)a | 17 | Regular |
| 12 | 1)c,2)a,3)b,4)c,5)c,6)b,7)a,8)b,9)a,10)a | 14 | Regular |
| 13 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)c,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b | 16 | Regular |
| 14 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)c,7)a,8)a,9)b,10)a,11)c | 15 | Bueno |
| 15 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)b,8)a,9)a,10)c,11)d | 15 | Bueno |
| 16 | 1)c,2)a,3)a,4)d,5)b,6)b,7)a,8)a,9)b,10)a | 14 | Regular |
| 17 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)b,9)a,10)b,11)a | 15 | Bueno |
| 18 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)b,10)a,11)c | 15 | Bueno |
| 19 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)a | 20 | Excelente |
| 20 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)a | 20 | Excelente |
| 21 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b,11)a | 19 | Bueno |
| 22 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b | 18 | Bueno |
| 23 | 1)c,2)a,3)a,4)d,5)c,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b,11)d | 17 | Regular |
| 24 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b | 16 | Regular |
| 25 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)b,9)a,10)a | 16 | Regular |
| 26 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)b,10)a | 16 | Regular |
| 27 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b | 16 | Regular |
| 28 | 1)c,2)a,3)a,4)c,5)b,6)b,7)a,8)a,9)a,10)b,11)a | 19 | Bueno |
| 29 | 1)c,2)a,3)b,4)d,5)c,6)b,7)a,8)b,9)a,10)b | 12 | Regular |
| 30 | 1)c,2)a,3)a,4)d,5)c,6)b,7)a,8)b,9)a,10)a,11)d | 13 | Malo |

Los resultados de la Tabla 37, correspondiente al post test de comunica su comprensión sobre las formas y relaciones geométricas, muestran que, de un total de 30 estudiantes evaluados, 16 estudiantes se ubican en el nivel Regular, lo que representa el 53.3%. Asimismo, 10 estudiantes alcanzaron el nivel Bueno, equivalente al 33.3%; mientras que 2 estudiantes lograron el nivel Excelente, representando el 6.7%. Finalmente, 2 estudiantes se encuentran en el nivel Malo, equivalente al 6.7%.

Estos resultados evidencian una mejora respecto al pre test, ya que se observa un incremento de estudiantes en los niveles Bueno y Excelente, así como una reducción de estudiantes en el nivel Malo. Sin embargo, la mayoría aún permanece en el nivel Regular, lo que indica que los estudiantes han mejorado parcialmente su capacidad para comunicar y representar formas geométricas, pero todavía requieren reforzamiento para consolidar la comprensión de las relaciones geométricas.

En consecuencia, el post test muestra un avance favorable en esta dimensión, aunque no se puede afirmar que todos los estudiantes alcanzaron un dominio alto. Por ello, se recomienda continuar aplicando estrategias visuales, prácticas e interactivas que fortalezcan la representación, identificación y explicación de las figuras geométricas.



Anexo G:

Pre Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio

Nombres y Apellidos: _____
Grado: _____ Grupo: _____ Nota: _____

Estimado(a) estudiante, la siguiente prueba tiene por objetivo conocer cuánto sabes sobre el cálculo del área de figuras geométricas simples. Recuerda que el área es el espacio que ocupa una figura por dentro.

INSTRUCCIONES:

- Lee cada pregunta con atención.
- Responde con calma. Puedes usar dibujos si lo deseas.
- Son 10 preguntas. Tiempo estimado: 60 minutos.
- Observación:

Importante: que debes elegir solo una respuesta para evitar confusión.

1) ¿Qué entiendes por área de una figura?

- a. Lo que mide por dentro
- b. Su forma
- c. Sus esquinas
- d. Su borde

2) ¿Cuál figura ocupa más espacio en una hoja?

- a. Un círculo pequeño
- b. Un cuadrado grande
- c. Una línea
- d. Un punto

3) ¿Qué necesitas saber para hallar el área de un cuadrado?

- a. Sus colores
- b. Cuánto mide un lado
- c. Cuántos vértices tiene
- d. El nombre de la figura

4) ¿Conoces alguna fórmula para hallar el área?

- a. Sí, pero no recuerdo cuál

Figura 33— Pre Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio



- b. No conozco
 - c. Nunca he escuchado
 - d. Sé que se multiplica algo
- 5) ¿Para qué sirve calcular el área de una figura?
- a. Para saber cuánto pesa
 - b. Para saber cuánto espacio ocupa
 - c. Para contar lados
 - d. Para conocer su color
- 6) ¿Qué figura crees que tiene más área?
- a. Un cuadrado pequeño
 - b. Un rectángulo grande
 - c. Un triángulo delgado
 - d. Un círculo
- 7) ¿Qué pasa si duplicas los lados de un cuadrado?
- a. Se reduce
 - b. Se mantiene igual
 - c. Aumenta (se cuadruplica)
 - d. No cambia nada
- 8) ¿Cuál es la unidad de medida más usada para el área?
- a. cm^2
 - b. metros
 - c. litros
 - d. grados
- 9) ¿Cómo se llama el valor que representa el área en una figura?
- a. Resultado
 - b. Perímetro
 - c. Volumen
 - d. Área
- 10) ¿Crees que es importante aprender a calcular el área?
- a. Sí, porque se usa en la vida diaria
 - b. No es necesario
 - c. Solo sirve en matemáticas
 - d. No estoy seguro

Figura 34 — Pre Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio

Tabla 38 — Calificaciones de pre test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio

| Estudiante | Respuestas | Puntaje | Equivalencia |
|------------|-----------------------------------|---------|--------------|
| 1 | 1)a, 2)b, 3)c, 4)d, 5)b, 6)c | 12 | Malo |
| 2 | 1)c, 2)b, 3)d, 4)c | 8 | Malo |
| 3 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)c, 5)b, 6)d | 12 | Malo |
| 4 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)d, 5)a, 6)c | 12 | Malo |
| 5 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)d, 5)b, 6)c, 7)d | 13 | Malo |
| 6 | 1)b, 2)b, 3)b, 4)d, 5)b, 6)c | 12 | Malo |
| 7 | 1)a, 2)d, 3)b, 4)d, 5)c | 10 | Malo |
| 8 | 1)c, 2)b, 3)b, 4)d, 5)b | 11 | Malo |
| 9 | 1)a, 2)b, 3)c, 4)b, 5)b | 9 | Malo |
| 10 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)c, 5)d | 10 | Malo |
| 11 | 1)d, 2)b, 3)b, 4)d, 5)b | 10 | Malo |
| 12 | 1)c, 2)b, 3)b, 4)a, 5)c | 9 | Malo |
| 13 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)c, 5)b, 6)d | 11 | Malo |
| 14 | 1)b, 2)b, 3)b, 4)c, 5)b, 6)c | 11 | Malo |
| 15 | 1)a, 2)c, 3)b, 4)d, 5)b | 10 | Malo |
| 16 | 1)a, 2)b, 3)d, 4)c, 5)b | 10 | Malo |
| 17 | 1)d, 2)b, 3)b, 4)c, 5)b | 10 | Malo |
| 18 | 1)a, 2)b, 3)c, 4)d, 5)b, 6)a | 11 | Malo |
| 19 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)d, 5)b, 6)c, 7)c | 14 | Malo |
| 20 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)d, 5)b, 6)c, 7)b | 14 | Malo |
| 21 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)d, 5)b, 6)c, 7)d | 13 | Malo |
| 22 | 1)c, 2)b, 3)b, 4)c, 5)d | 9 | Malo |
| 23 | 1)a, 2)b, 3)c, 4)c, 5)d | 10 | Malo |
| 24 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)c, 5)b | 10 | Malo |
| 25 | 1)b, 2)b, 3)b, 4)d, 5)c | 10 | Malo |
| 26 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)d, 5)c | 10 | Malo |
| 27 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)c, 5)b, 6)c | 12 | Malo |
| 28 | 1)a, 2)b, 3)b, 4)d, 5)b, 6)c | 12 | Malo |
| 29 | 1)c, 2)b, 3)b, 4)a, 5)c | 10 | Malo |
| 30 | 1)a, 2)b, 3)c, 4)c, 5)c | 9 | Malo |

Los resultados de la Tabla 38, correspondiente al pre test de usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio, muestran que, de un total de 30 estudiantes evaluados, los 30 estudiantes se ubican en el nivel Malo, lo que representa el 100% de la muestra. No se registraron estudiantes en los niveles Regular, Bueno ni Excelente.

Estos resultados evidencian que, antes de la intervención, los estudiantes presentan serias dificultades para aplicar estrategias y procedimientos relacionados con el cálculo del área de figuras geométricas simples. Asimismo, se observa que aún no dominan adecuadamente conceptos básicos como área, unidad de medida, fórmula del área y comparación de superficies.

En consecuencia, los resultados del pre test demuestran la necesidad de implementar estrategias didácticas más prácticas, visuales e interactivas, que permitan fortalecer la comprensión del área y el uso de procedimientos matemáticos. Por ello, se justifica la aplicación de recursos pedagógicos innovadores, como actividades manipulativas o el uso de realidad aumentada, para mejorar el razonamiento geométrico y la resolución de problemas relacionados con el espacio.



Anexo H

Post Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio

Nombres y Apellidos: _____

Grado: _____ Grupo: _____ Nota: _____

Estimado(a) estudiante, la siguiente prueba tiene por objetivo conocer cuánto sabes sobre el cálculo del área de figuras geométricas simples. Recuerda que el área es el espacio que ocupa una figura por dentro.

INSTRUCCIONES:

- Lee cada pregunta con atención.
- Responde con calma. Puedes usar dibujos si lo deseas.
- Son 10 preguntas. Tiempo estimado: 30 minutos.

Importante: Se recomienda indicar que se debe elegir una sola respuesta para evitar confusión

- 1) ¿Cuál es el área de un cuadrado si cada lado mide 5 cm?
 - a. 25 cm^2
 - b. 10 cm^2
 - c. 20 cm^2
 - d. 15 cm^2
- 2) Un rectángulo mide 8 cm de largo y 4 cm de ancho. ¿Cuál es su área?
 - a. 32 cm^2
 - b. 12 cm^2
 - c. 16 cm^2
 - d. 24 cm^2
- 3) ¿Qué fórmula se usa para hallar el área de un rectángulo?
 - a. largo + ancho
 - b. largo \times ancho
 - c. lado + lado
 - d. base \div altura
- 4) ¿Qué fórmula se usa para hallar el área de un cuadrado?
 - a. lado \times lado
 - b. lado + lado
 - c. base \times altura
 - d. lado \div lado
- 5) Si un triángulo tiene una base de 6 cm y una altura de 4 cm, su área es:

Figura 35— Post Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio



- a. 12 cm^2
 - b. 24 cm^2
 - c. 10 cm^2
 - d. 6 cm^2
- 6) ¿Qué figura tiene mayor área: un cuadrado de 4 cm de lado o un rectángulo de 6 cm por 2 cm?
- a. El cuadrado
 - b. El rectángulo
 - c. Ambos tienen la misma
 - d. No se puede saber
- 7) ¿Qué representa el área de una figura?
- a. El espacio que ocupa por dentro
 - b. El número de lados
 - c. Las líneas que tiene
 - d. El volumen
- 8) ¿Qué pasa si aumentas los lados de un cuadrado al doble?
- a. Su área se multiplica por 4
 - b. Su área se divide
 - c. Su área no cambia
 - d. Su perímetro es igual
- 9) ¿Qué unidad usarías para expresar el área de tu carpeta?
- a. cm^2
 - b. litros
 - c. metros lineales
 - d. kilogramos
- 10) ¿Cuál de estas fórmulas representa el área de un triángulo?
- a. $\text{base} \times \text{altura} \div 2$
 - b. $\text{base} + \text{altura}$
 - c. $\text{lado} \times \text{lado}$
 - d. $\text{largo} \times \text{ancho}$

Figura 36 — Post Test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio



Tabla 39 — Calificaciones de pos test usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio

| Estudiante | Respuestas | Puntaje | Equivalencia |
|------------|--|---------|--------------|
| 1 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,8)a,9)a | 18 | Bueno |
| 2 | 1)a,2)a,3)b,4)a | 8 | Malo |
| 3 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)d | 13 | Malo |
| 4 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,7)a,8)d | 13 | Malo |
| 5 | 1)a,2)a,3)b,4)a,6)a,8)a,9)c | 13 | Malo |
| 6 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a | 12 | Malo |
| 7 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,7)a | 14 | Malo |
| 8 | 1)a,2)a,3)b,4)a,6)a,9)a,10)c | 13 | Malo |
| 9 | 1)a,2)a,3)b,5)a,6)a,8)a | 12 | Malo |
| 10 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,8)a,9)b | 17 | Regular |
| 11 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,8)a,9)a,10)c | 17 | Regular |
| 12 | 1)c,2)a,3)b,4)a,6)a,7)a | 11 | Malo |
| 13 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,9)a,10)b | 14 | Malo |
| 14 | 1)a,2)a,3)b,4)a,6)a,10)a,7)d | 13 | Malo |
| 15 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,8)a | 12 | Malo |
| 16 | 1)a,2)a,3)b,5)a,6)a,7)a | 12 | Malo |
| 17 | 1)a,2)a,3)b,4)a,7)a,9)a,10)d | 13 | Malo |
| 18 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,10)a,6)d | 14 | Malo |
| 19 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,8)a,9)a,10)c | 19 | Bueno |
| 20 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,8)a,9)a,10)b | 19 | Bueno |
| 21 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,8)a,9)a | 18 | Bueno |
| 22 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,8)a | 16 | Regular |
| 23 | 1)a,2)a,3)b,4)a,6)a,7)a | 12 | Malo |
| 24 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,9)a,10)c | 17 | Regular |
| 25 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,8)a,9)a,10)b | 17 | Regular |
| 26 | 1)a,2)a,3)b,4)a,6)a,8)a,9)a,10)a,5)d | 17 | Regular |
| 27 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,10)a | 16 | Regular |
| 28 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a,6)a,7)a,8)a,9)a,10)a | 20 | Excelente |
| 29 | 1)a,2)a,3)b,4)a,5)a | 10 | Malo |
| 30 | 1)a,2)a,3)b,4)a,6)a,7)a | 12 | Malo |



Los resultados de la Tabla 39, correspondiente al post test de usar estrategias y procedimientos para orientarse en el espacio, muestran que, de un total de 30 estudiantes evaluados, 18 estudiantes se ubican en el nivel Malo, lo que representa el 60.0%. Asimismo, 7 estudiantes alcanzaron el nivel Regular, equivalente al 23.3%; 4 estudiantes se ubicaron en el nivel Bueno, representando el 13.3%; y solo 1 estudiante logró el nivel Excelente, equivalente al 3.3%.

Estos resultados evidencian una mejora leve respecto al pre test, debido a que algunos estudiantes avanzaron hacia los niveles Regular, Bueno y Excelente. Sin embargo, la mayoría aún permanece en el nivel Malo, lo que indica que todavía existen dificultades importantes en el uso de estrategias y procedimientos para resolver situaciones relacionadas con el cálculo de áreas.

En consecuencia, el post test muestra que la intervención permitió ciertos avances individuales, pero no una mejora general significativa en todo el grupo. Por ello, se recomienda continuar fortaleciendo esta dimensión mediante actividades prácticas, resolución de problemas, uso de material concreto y recursos visuales que ayuden a comprender mejor las fórmulas, las unidades de medida y la comparación de áreas.



Anexo I

Lista de estudiantes grupo experimental

| ESTUDIANTE S | PRE TEST TRADUCE INFORMACIÓN GEOMÉTRICA | PRE TEST USA ESTRATEGIAS Y PROCEDIMIENTOS | PRE TEST ELABORA Y USA REPRESENTACIONES | PROMEDIO |
|---------------|---|---|---|----------|
| ESTUDIANTE 1 | 14 | 12 | 15 | 14 |
| ESTUDIANTE 2 | 8 | 8 | 11 | 9 |
| ESTUDIANTE 3 | 9 | 12 | 13 | 11 |
| ESTUDIANTE 4 | 10 | 12 | 14 | 12 |
| ESTUDIANTE 5 | 10 | 13 | 13 | 12 |
| ESTUDIANTE 6 | 12 | 12 | 13 | 12 |
| ESTUDIANTE 7 | 11 | 10 | 10 | 10 |
| ESTUDIANTE 8 | 10 | 11 | 14 | 12 |
| ESTUDIANTE 9 | 10 | 9 | 10 | 10 |
| ESTUDIANTE 10 | 13 | 10 | 12 | 12 |
| ESTUDIANTE 11 | 13 | 10 | 12 | 12 |
| ESTUDIANTE 12 | 10 | 9 | 10 | 10 |
| ESTUDIANTE 13 | 13 | 11 | 13 | 12 |
| ESTUDIANTE 14 | 13 | 11 | 13 | 12 |
| ESTUDIANTE 15 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| ESTUDIANTE 16 | 8 | 10 | 10 | 9 |
| ESTUDIANTE 17 | 11 | 10 | 12 | 11 |
| ESTUDIANTE 18 | 11 | 11 | 13 | 12 |
| ESTUDIANTE 19 | 12 | 14 | 15 | 14 |
| ESTUDIANTE 20 | 14 | 14 | 15 | 14 |
| ESTUDIANTE 21 | 14 | 13 | 15 | 14 |
| ESTUDIANTE 22 | 13 | 9 | 13 | 12 |
| ESTUDIANTE 23 | 9 | 10 | 10 | 10 |
| ESTUDIANTE 24 | 10 | 10 | 13 | 11 |
| ESTUDIANTE 25 | 13 | 10 | 11 | 11 |
| ESTUDIANTE 26 | 10 | 10 | 12 | 11 |
| ESTUDIANTE 27 | 11 | 12 | 14 | 12 |
| ESTUDIANTE 28 | 14 | 12 | 17 | 14 |
| ESTUDIANTE 29 | 8 | 10 | 10 | 9 |
| ESTUDIANTE 30 | 9 | 9 | 12 | 10 |

Anexo J

Lista de estudiantes grupo experimental

Tabla 40 — Lista de estudiantes grupo experimental post test

| ESTUDIANTE | POST TEST MODELAR FIGURAS GEOMÉTRI CAS DEL ESPACIO | POST TEST COMUNICA SU COMPRESIÓN SOBRE LAS FORMAS Y RELACIONES GEOMÉTRICAS | PROMEDIO |
|------------|---|--|----------|
| 1 | 20 | 17 | 18.5 |
| 2 | 12 | 13 | 12.5 |
| 3 | 12 | 15 | 13.5 |
| 4 | 13 | 16 | 14.5 |
| 5 | 13 | 16 | 14.5 |
| 6 | 11 | 14 | 12.5 |
| 7 | 14 | 14 | 14.0 |
| 8 | 13 | 15 | 14.0 |
| 9 | 13 | 14 | 13.5 |
| 10 | 15 | 19 | 17.0 |
| 11 | 15 | 17 | 16.0 |
| 12 | 11 | 14 | 12.5 |
| 13 | 15 | 16 | 15.5 |
| 14 | 15 | 15 | 15.0 |
| 15 | 13 | 15 | 14.0 |
| 16 | 12 | 14 | 13.0 |
| 17 | 13 | 15 | 14.0 |
| 18 | 14 | 15 | 14.5 |
| 19 | 15 | 20 | 17.5 |
| 20 | 15 | 20 | 17.5 |
| 21 | 16 | 19 | 17.5 |
| 22 | 13 | 18 | 15.5 |
| 23 | 12 | 17 | 14.5 |
| 24 | 17 | 16 | 16.5 |
| 25 | 17 | 16 | 16.5 |
| 26 | 12 | 16 | 14.0 |
| 27 | 14 | 16 | 15.0 |
| 28 | 20 | 19 | 19.5 |
| 29 | 12 | 12 | 12.0 |
| 30 | 13 | 13 | 13.0 |

Anexo k

Lista de estudiantes grupo control

Tabla 41 — Lista de estudiantes grupo control pre test

| ESTUDIANTE | PRE TEST MODELAR FIGURAS GEOMÉTRICAS DEL ESPACIO | PRE TEST COMUNICA SU COMPRENSIÓN SOBRE LAS FORMAS Y RELACIONES GEOMÉTRICAS | PROMEDIO |
|------------|--|--|----------|
| 1 | 10 | 13 | 11.5 |
| 2 | 11 | 14 | 12.5 |
| 3 | 11 | 12 | 11.5 |
| 4 | 8 | 12 | 10.0 |
| 5 | 9 | 10 | 9.5 |
| 6 | 12 | 13 | 12.5 |
| 7 | 11 | 12 | 11.5 |
| 8 | 8 | 12 | 10.0 |
| 9 | 10 | 13 | 11.5 |
| 10 | 12 | 11 | 11.5 |
| 11 | 12 | 13 | 12.5 |
| 12 | 11 | 12 | 11.5 |
| 13 | 10 | 11 | 10.5 |
| 14 | 11 | 10 | 10.5 |
| 15 | 10 | 12 | 11.0 |
| 16 | 11 | 12 | 11.5 |
| 17 | 10 | 10 | 10.0 |
| 18 | 12 | 13 | 12.5 |
| 19 | 14 | 15 | 14.5 |
| 20 | 14 | 15 | 14.5 |
| 21 | 11 | 13 | 12.0 |
| 22 | 9 | 10 | 9.5 |
| 23 | 8 | 10 | 9.0 |
| 24 | 12 | 13 | 12.5 |
| 25 | 10 | 10 | 10.0 |
| 26 | 10 | 11 | 10.5 |
| 27 | 15 | 17 | 16.0 |
| 28 | 13 | 17 | 15.0 |
| 29 | 11 | 16 | 13.5 |
| 30 | 13 | 14 | 13.5 |

Anexo L

LISTA DE ESTUDIANTES GRUPO CONTROL

Tabla 42 — Lista de estudiantes grupo control post test

| ESTUDIANTE | POST TEST MODELAR FIGURAS GEOMÉTRICAS DEL ESPACIO | POSTCOMUNICA SU COMPRENSIÓN SOBRE LAS FORMAS Y RELACIONES GEOMÉTRICAS | PROMEDIO |
|------------|---|---|----------|
| 1 | 8 | 13 | 10.5 |
| 2 | 14 | 16 | 15.0 |
| 3 | 12 | 13 | 12.5 |
| 4 | 11 | 13 | 12.0 |
| 5 | 9 | 11 | 10.0 |
| 6 | 12 | 14 | 13.0 |
| 7 | 11 | 14 | 12.5 |
| 8 | 11 | 12 | 11.5 |
| 9 | 13 | 14 | 13.5 |
| 10 | 12 | 11 | 11.5 |
| 11 | 13 | 15 | 14.0 |
| 12 | 12 | 13 | 12.5 |
| 13 | 11 | 15 | 13.0 |
| 14 | 12 | 14 | 13.0 |
| 15 | 11 | 12 | 11.5 |
| 16 | 10 | 12 | 11.0 |
| 17 | 11 | 13 | 12.0 |
| 18 | 13 | 13 | 13.0 |
| 19 | 14 | 16 | 15.0 |
| 20 | 13 | 14 | 13.5 |
| 21 | 13 | 14 | 13.5 |
| 22 | 12 | 13 | 12.5 |
| 23 | 10 | 13 | 11.5 |
| 24 | 12 | 13 | 12.5 |
| 25 | 11 | 11 | 11.0 |
| 26 | 11 | 13 | 12.0 |
| 27 | 16 | 16 | 16.0 |
| 28 | 16 | 16 | 16.0 |
| 29 | 16 | 16 | 16.0 |
| 30 | 13 | 14 | 13.5 |

Anexo LL:

Ficha de evaluación del uso de la metodología Mobile-D en el desarrollo de aplicaciones móviles

Datos encuestados:

- Nombre y apellidos: _____
- Edad: _____ años
- Grado y sección: _____
- Institución educativa: _____
- Fecha: ____ / ____ / ____

Instrucciones

Lea atentamente cada enunciado y marque con una X (☒) la alternativa que mejor represente su nivel de acuerdo.

Escala de valoración:
 1 = Totalmente en desacuerdo
 2 = En desacuerdo
 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo
 4 = De acuerdo
 5 = Totalmente de acuerdo

| Numero | Preguntas | Escala de valoración | | | | |
|--------|--|----------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | ¿La aplicación móvil cumple con las funcionalidades propuestas? | | | | | |
| 2 | ¿La aplicación presenta un funcionamiento estable durante su uso? | | | | | |
| 3 | ¿La aplicación es fácil de usar para el usuario? | | | | | |
| 4 | ¿El diseño de la interfaz de la aplicación es claro y atractivo? | | | | | |
| 5 | ¿La metodología Mobile-D facilitó la organización del desarrollo de la aplicación? | | | | | |
| 6 | ¿Las iteraciones cortas permitieron mejorar progresivamente la aplicación? | | | | | |
| 7 | ¿Las pruebas continuas ayudaron a detectar errores de manera oportuna? | | | | | |
| 8 | ¿El uso de la metodología Mobile-D permitió realizar mejoras constantes durante el desarrollo? | | | | | |
| 9 | ¿Estoy satisfecho(a) con el resultado final de la aplicación móvil? | | | | | |
| 10 | ¿Considero que el uso de la metodología Mobile-D contribuyó a la calidad del producto final? | | | | | |

Figura 37 — Ficha de evaluación del uso de la metodología Mobile-D en el desarrollo de aplicaciones móviles

Anexo M

Resultados de evaluación del uso de la metodología Mobile-D en el desarrollo de aplicaciones móviles

Tabla 43 — Resultados de evaluación del uso de la metodología Mobile-D en el desarrollo de la aplicación móvil

| Preguntas | Director | Docente (1) | Docente (2) |
|-----------|----------|-------------|-------------|
| 1 | 5 | 4 | 4 |
| 2 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | 5 | 4 | 5 |
| 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 4 | 5 |
| 6 | 4 | 4 | 4 |
| 7 | 5 | 4 | 4 |
| 8 | 5 | 5 | 5 |
| 9 | 5 | 4 | 5 |
| 10 | 5 | 4 | 4 |



Anexo Ñ

Aplicación de realidad aumentada para el aprendizaje de geometría del espacio

Nombre del estudiante: _____

INSTRUCCIONES
 Lee con atención cada pregunta y marca con una (X) la alternativa que mejor represente tu opinión sobre el uso de la aplicación de realidad aumentada durante la clase. No hay respuestas buenas ni malas. Responde con sinceridad.
1 = Muy malo 2 = Malo 3 = Ni bueno ni malo 4 = Bueno
5 = Muy bueno

| Nro | Pregunta de la aplicación de realidad aumentada durante las clases | Alternativas de respuestas | | | | |
|--|--|----------------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sobre cómo manejamos la aplicación con el celular o tablet | | | | | | |
| 1 | ¿Es fácil usar la aplicación con el celular o tablet? | | | | | |
| 2 | ¿Puedes moverte por la aplicación sin confundirte? | | | | | |
| 3 | ¿Los botones de la aplicación son fáciles de usar? | | | | | |
| 4 | ¿El uso del celular o tablet es cómodo durante la clase? | | | | | |
| 5 | ¿Puedes usar la aplicación sin dificultades? | | | | | |
| Sobre las imágenes y figuras que aparecen en la aplicación | | | | | | |
| 1 | ¿Las figuras geométricas se ven claras? | | | | | |
| 2 | ¿Los colores de las figuras son adecuados? | | | | | |
| 3 | ¿Las figuras geométricas se ven bien definidas? | | | | | |
| 4 | ¿Las figuras te ayudan a entender mejor la clase? | | | | | |
| 5 | ¿Te gusta cómo se ven las figuras en la aplicación? | | | | | |
| Sobre las mallas (forma en que está hecha la figura 3D) | | | | | | |
| 1 | ¿Las figuras 3D de la aplicación se ven bien y no muy cargadas de detalles? | | | | | |
| 2 | ¿Las figuras 3D se ven claras y con buenos detalles? | | | | | |
| 3 | ¿La aplicación funciona rápido sin ponerse lenta cuando usas las figuras 3D? | | | | | |
| 4 | ¿Las figuras 3D se ven bien y no se deforman mientras las usas? | | | | | |
| Sobre las estructuras poligonales (caras y lados de las figuras 3D) | | | | | | |
| 1 | ¿Las figuras 3D se ven bien junto con lo que muestra la cámara del celular o Tablet? | | | | | |
| 2 | ¿Las figuras 3D se ven reales y fáciles de entender? | | | | | |
| 3 | ¿Puedes mover, girar o tocar las figuras 3D sin problemas? | | | | | |

Figura 38 — Aplicación de realidad aumentada para el aprendizaje de geometría del espacio



Anexo O

Resultados de la dimensión de la variable independiente

| DIMENSIÓN 1: DISPOSITIVOS DE ENTRADA | | |
|---|------------|-------------|
| Pregunta 1: ¿Es fácil usar la aplicación con el celular o Tablet? | | |
| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
| 1 = Muy malo | 1 | 3% |
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 5 | 17% |
| 4 = Bueno | 12 | 40% |
| 5 = Muy bueno | 10 | 33% |
| Total | 30 | 100% |
| Pregunta 2: ¿Puedes moverte por la aplicación sin confundirte? | | |
| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
| 1 = Muy malo | 1 | 3% |
| 2 = Malo | 3 | 10% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 6 | 20% |
| 4 = Bueno | 11 | 37% |
| 5 = Muy bueno | 9 | 30% |
| Total | 30 | 100% |
| Pregunta 3: ¿Los botones de la aplicación son fáciles de usar? | | |
| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
| 1 = Muy malo | 1 | 3% |
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 6 | 20% |
| 4 = Bueno | 12 | 40% |
| 5 = Muy bueno | 9 | 30% |
| Total | 30 | 100% |
| Pregunta 4: ¿El celular o tablet es cómodo de usar durante la clase? | | |
| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
| 1 = Muy malo | 1 | 3% |
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 5 | 17% |
| 4 = Bueno | 13 | 43% |
| 5 = Muy bueno | 9 | 30% |
| Total | 30 | 100% |
| Pregunta 5: ¿Puedes usar la aplicación sin dificultades? | | |
| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
| 1 = Muy malo | 1 | 3% |
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 4 | 13% |
| 4 = Bueno | 14 | 47% |
| 5 = Muy bueno | 9 | 30% |
| Total | 30 | 100% |
| Pregunta 6: ¿Las figuras geométricas se ven claras? | | |
| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |

Figura 39 — Resultados de la dimensión de la variable independiente

| | | |
|----------------------|-----------|-------------|
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 5 | 17% |
| 4 = Bueno | 13 | 43% |
| 5 = Muy bueno | 10 | 33% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 7: ¿Los colores de las figuras son adecuados?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 6 | 20% |
| 4 = Bueno | 12 | 40% |
| 5 = Muy bueno | 10 | 33% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 8: ¿Las figuras geométricas se ven bien definidas?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 3 | 10% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 5 | 17% |
| 4 = Bueno | 12 | 40% |
| 5 = Muy bueno | 10 | 33% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 9: ¿Las figuras te ayudan a entender mejor la clase?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 4 | 13% |
| 4 = Bueno | 13 | 43% |
| 5 = Muy bueno | 11 | 37% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 10: ¿Te gusta cómo se ven las figuras en la aplicación?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 1 | 3% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 4 | 13% |
| 4 = Bueno | 14 | 47% |
| 5 = Muy bueno | 11 | 37% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 11: ¿Las figuras 3D de la aplicación se ven bien y no muy cargadas de detalles?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 1 | 3% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 4 | 13% |
| 4 = Bueno | 15 | 50% |
| 5 = Muy bueno | 10 | 34% |
| Total | 30 | 100% |

Figura 40 — Resultados de la dimensión de la variable independiente

Pregunta 12: ¿Las figuras 3D se ven claras y con buenos detalles?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 1 | 3% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 3 | 10% |
| 4 = Bueno | 14 | 47% |
| 5 = Muy bueno | 12 | 40% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 13: ¿La aplicación funciona rápido sin ponerse lenta cuando usas las figuras 3D?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 1 | 3% |
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 5 | 17% |
| 4 = Bueno | 13 | 43% |
| 5 = Muy bueno | 9 | 30% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 14: ¿Las figuras 3D se ven bien y no se deforman mientras las usas?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 1 | 3% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 4 | 13% |
| 4 = Bueno | 16 | 53% |
| 5 = Muy bueno | 9 | 31% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 15: ¿Las figuras 3D se ven bien junto con lo que muestra la cámara del celular o Tablet?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 2 | 7% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 5 | 17% |
| 4 = Bueno | 14 | 47% |
| 5 = Muy bueno | 9 | 29% |
| Total | 30 | 100% |

Pregunta 16: ¿Las figuras 3D se ven reales y fáciles de entender?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 = Muy malo | 0 | 0% |
| 2 = Malo | 1 | 3% |
| 3 = Ni bueno ni malo | 4 | 13% |
| 4 = Bueno | 13 | 43% |
| 5 = Muy bueno | 12 | 41% |
| Total | 30 | 100% |

Figura 41 — Resultados de la dimensión de la variable independiente

Anexo P

Registro de observación

Nombres y Apellidos: _____

Grado: _____ Grupo: _____ Puntos: _____

El presente instrumento tiene como propósito recoger información sobre el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes respecto al reconocimiento de figuras geométricas, sus elementos y el uso de fórmulas para el cálculo del área, mediante actividades participativas.

Marque con una "X" en la escala que usted considere adecuada.

| N.º | Criterios de Observación | Siempre (X) | A veces (X) | Nunca (X) | Observaciones adicionales |
|-----------------------------|--|-------------|-------------|-----------|---------------------------|
| 1 | Reconoce visualmente las figuras geométricas básicas | | | | |
| 2 | Nombra correctamente las figuras geométricas observadas | | | | |
| 3 | Identifica los elementos de las figuras (lados, vértices, caras, etc.) | | | | |
| 4 | Aplica correctamente las fórmulas de área con apoyo del docente | | | | |
| 5 | Participa activamente en las actividades de geometría | | | | |
| ESCALA DE VALORACION | | | | | |
| Siempre: | | | | | |
| A veces: | | | | | |
| Nunca: | | | | | |
| Observaciones adicionales: | | | | | |

Figura 42 — Registro de observación



Anexo Q

validación de instrumento de investigación científica

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. INFORMACIÓN GENERAL

I.1. DEL (LOS) EXPERTOS
 Apellidos y Nombres: *Echevarría y Peña, Nono Geovani*

DEL AUTOR DE INVESTIGACIÓN

- Proyecto: "Realidad Aumentada para el Aprendizaje de la Geometría del Espacio en la Institución Educativa N.º 54009 'Villa Gloria' - 2024"
- Responsable: Bach. Denilson Demetrio Hilares Alvarez
- Instrumento: Cuestionario

FACTORES DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| Nº | INDICADORES | CRITERIOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Observaciones y / Sugerencias |
|----|-------------|--|------------|---------|-------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| | | | Deficiente | Regular | Buena | Muy Buena | Excelente | |
| 1 | CLARIDAD | Los ítems están formulados con lenguaje comprensible y acorde al nivel educativo de los estudiantes. | | | | X | | |
| 2 | SUFICIENCIA | El cuestionario cubre de manera adecuada los contenidos necesarios para evaluar el aprendizaje de geometría del espacio. | | | X | | | |
| 3 | COHERENCIA | Existe correspondencia entre los objetivos de la investigación, las variables, las dimensiones y los ítems planteados. | | | | X | | |
| 4 | RELEVANCIA | El instrumento permite obtener información | | | X | | | |
| | | válida y útil para la toma de decisiones dentro de la investigación. | | | | | | |


OPINIÓN DEL EXPERTO

Visto el instrumento diseñado y analizada su correspondencia con las variables, dimensiones, indicadores e ítems propuestos, y en cumplimiento de los artículos 25º y 35º del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNAMBA, se considera que el presente instrumento:

Se valida

Se valida con observaciones

No se valida

Firma del experto: 

ING. Geovani Echevarría Peña
DOCENTE

Abancay, 20 de febrero de 2025

Figura 43 — Validación de instrumento 01



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. DEL (LOS) EXPERTOS
 Apellidos y Nombres: *Aguirre Corrasco John Abraham*

DEL AUTOR DE INVESTIGACIÓN


- Proyecto: "Realidad Aumentada para el Aprendizaje de la Geometría del Espacio en la Institución Educativa N.º 54009 'Villa Gloria' – 2024"
- Responsable: Bach. Denilson Demetrio Hilares Alvarez.
- Instrumento: Cuestionario

FACTORES DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| Nº | INDICADORES | CRITERIOS | 1 Deficiente | 2 Regular | 3 Bueno | 4 Muy Bueno | 5 Excelente | Observaciones / Sugerencias |
|----|-------------|--|-----------------|--------------|------------|----------------|----------------|-----------------------------|
| 1 | CLARIDAD | Los ítems están formulados con lenguaje comprensible y acorde al nivel educativo de los estudiantes. | | | X | | | |
| 2 | SUFICIENCIA | El cuestionario cubre de manera adecuada los contenidos necesarios para evaluar el aprendizaje de geometría del espacio. | | | | X | | |
| 3 | COHERENCIA | Existe correspondencia entre los objetivos de la investigación, las variables, las dimensiones y los ítems planteados. | | | X | | | |
| 4 | RELEVANCIA | El instrumento permite obtener información | | | | | | |
| | | válida y útil para la toma de decisiones dentro de la investigación. | | | | X | | |

OPINIÓN DEL EXPERTO
 Visto el instrumento diseñado y analizada su correspondencia con las variables, dimensiones, indicadores e ítems propuestos, y en cumplimiento de los artículos 25º y 35º del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNAMBA, se considera que el presente instrumento:

Se valida
 Se valida con observaciones
 No se valida


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
 Ing. John Abraham Aguirre Corrasco
 D.G. C. E. N. E. P.

Firma del experto: _____

Abancay, 20 de febrero de 2025

Figura 44 — Validación de instrumento 02



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA**

I. INFORMACIÓN GENERAL

I.1. DEL (LOS) EXPERTOS
Apellidos y Nombre: *NOELLI CAMP? SOLIA CERVA.*

DEL AUTOR DE INVESTIGACIÓN

- Proyecto: "Realidad Aumentada para el Aprendizaje de la Geometría del Espacio en la Institución Educativa N.º 54009 "Villa Gloria" - 2024"
- Responsable: Bach. Denilson Demetrio Hilaros Alvarez
- Instrumento: Cuestionario

FACTORES DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| Nº | INDICADORES | CRITERIOS | 1 Deficiente | 2 Regular | 3 Bueno | 4 Muy Bueno | 5 Excelente | Observaciones y/ Sugerencias |
|----|-------------|--|-----------------|--------------|------------|-------------------|----------------|------------------------------------|
| 1 | CLARIDAD | Los ítems están formulados con lenguaje comprensible y acorde al nivel educativo de los estudiantes. | | | | X | | |
| 2 | SUFICIENCIA | El cuestionario cubre de manera adecuada los contenidos necesarios para evaluar el aprendizaje de geometría del espacio. | | | X | | | |
| 3 | COHERENCIA | Existe correspondencia entre los objetivos de la investigación, las variables, las dimensiones y los ítems planteados. | | | | X | | |
| 4 | RELEVANCIA | El instrumento permite obtener información | | | | X | | |
| | | válida y útil para la toma de decisiones dentro de la investigación. | | | | X | | |


OPINIÓN DEL EXPERTO

Visto el instrumento diseñado y analizado su correspondencia con las variables, dimensiones, indicadores e ítems propuestos, y en cumplimiento de los artículos 25º y 35º del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNAMBA, se considera que el presente instrumento:

Se valida

Se valida con observaciones

No se valida

Firma del experto: 

Abancay, 20 de febrero de 2025

Figura 45 — Validación de instrumento 03



Anexo R
constancia de aplicación de proyecto de tesis



DIRECCIÓN REGIONAL DE EDUCACIÓN APURÍMAC
UNIDAD DE GESTIÓN EDUCATIVA LOCAL DE ABANCAY
INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 54009 – VILLA GLORIA



"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, PROFESOR RUBEN CCERARE PAMIURA, DIRECTOR DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N.º 54009 "VILLA GLORIA"

HACE CONSTAR:

Que el Bachiller **DENILSON DEMETRIO HILARES ALVAREZ**, con DNI N.º 71789520, estudiante de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, ha ejecutado el proyecto de tesis titulado:

"REALIDAD AUMENTADA PARA EL APRENDIZAJE DE GEOMETRÍA DEL ESPACIO EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N.º 54009 'VILLA GLORIA' – 2024".

El mencionado proyecto fue aplicado en los meses **MARZO, ABRIL** y **MAYO** del presente año, a los estudiantes del cuarto grado de Educación Primaria, conformado por dos secciones, designándose la sección "A" como grupo experimental y la sección "B" como grupo de control, cumpliendo adecuadamente con el proceso de experimentación pedagógica.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.

Abancay, 17 de junio de 2025



RUBEN CCERARE PANIURA
Director de la I.E. 54009
Villa Gloria

Abancay – Apurímac – Perú CEL: 949297801

Figura 46 — Constancia de aplicación



Anexo S
Modelado tridimensional de figuras geométricas

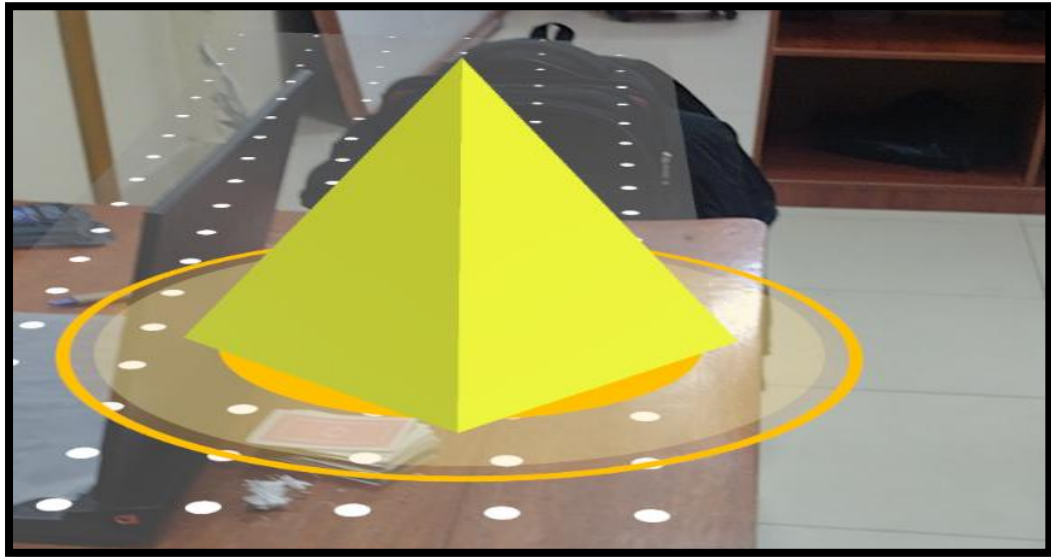


Figura 47 — Modelado tridimensional de triángulo

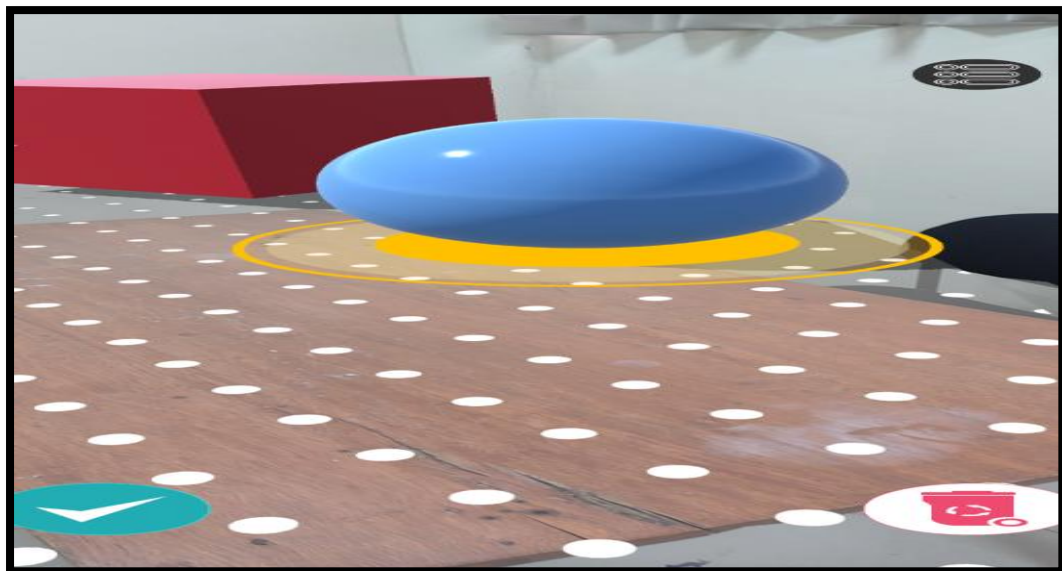


Figura 48 — Modelado tridimensional de círculo



Figura 49 — Modelado tridimensional toroide

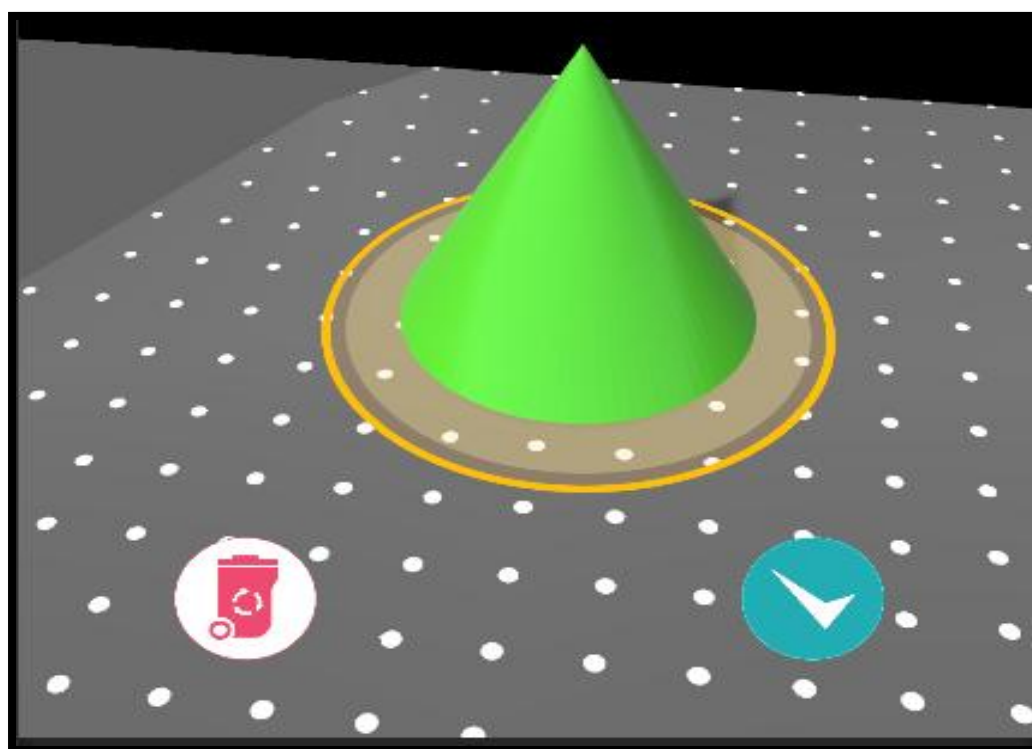


Figura 50 — Modelado tridimensional cono

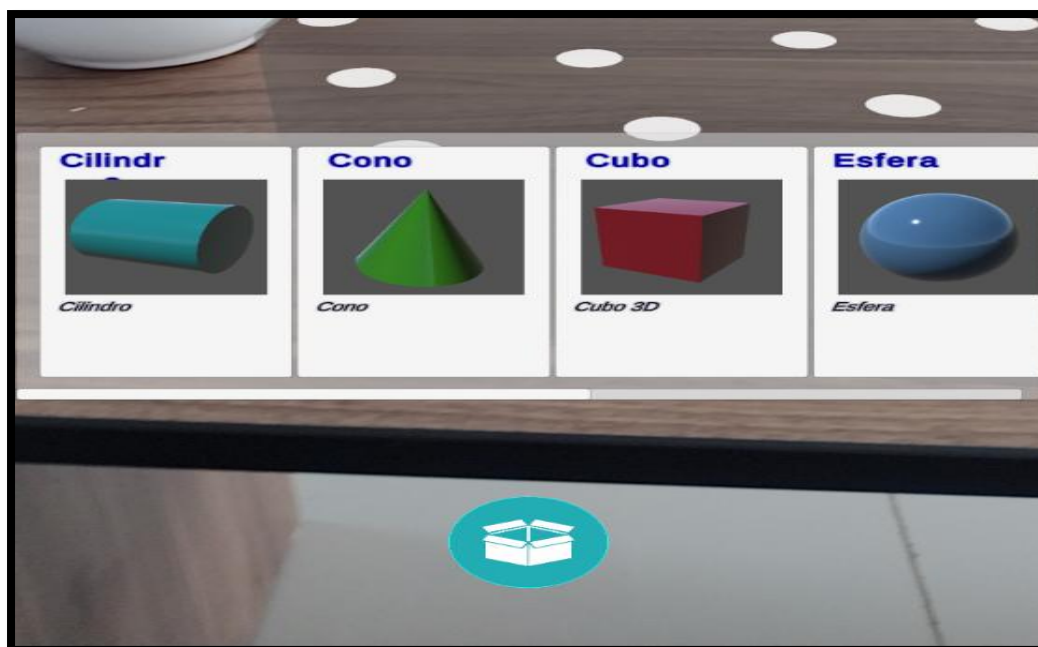


Figura 51 — Modelado tridimensional de figuras

```
Assets > Scripts > DataManager.cs > DataManager > CreateButtons
1 using UnityEngine;
2
3
4
5 0 references
6 public class DataManager : MonoBehaviour
7 {
8     1 reference
9     [SerializeField] private List<Item> items = new List<Item>();
10    1 reference
11    [SerializeField] private GameObject buttonContainer;
12    1 reference
13    [SerializeField] private ItemButtonManager itemButtonManager;
14    // Start is called once before the first execution of Update after the MonoBehaviour is created
15    0 references
16    void Start()
17    {
18        GameManager.instance.OnItemsMenu += CreateButtons;
19    }
20
21    2 references
22    private void CreateButtons()
23    {
24        //Para la lista de modelos recorremos todos los modelos que creamos como ScriptableObject
25        foreach (var item in items)
26        {
27            ItemButtonManager itemButton;
28            itemButton = Instantiate(itemButtonManager, buttonContainer.transform);
29            itemButton.ItemName = item.itemName;
30            itemButton.ItemDescription = item.itemDescription;
31            itemButton.ItemImage = item.itemImage;
32            itemButton.ItemModel = item.item3DModel;
33            itemButton.name = item.itemName;
34            GameManager.instance.OnItemsMenu -= CreateButtons;
35        }
36    }
37
38
39
40
41
```

Figura 52 — Código de modelado tridimensional

```
public GameObject Item3dModel
{
    set
    {
        item3DModel = value;
        if (item3DModel == null)
        {
            Debug.Log("item3DModel es null");
            return;
        }
        item3DModel.transform.position =
aRpointer.transform.position;
        item3DModel.transform.parent = aRpointer.transform;

        isInitialPosition = true;
        aRpointer.SetActive(true);

        // ACTIVAR PANEL DE ESCALA ---
        if (objectScaler != null)
        {
            objectScaler.ActivatePanel(item3DModel.transform);
        }
        //CONGELAR PLANOS
        FreezeALLPlanes();
    }
}
```

Figura 53 — Puntero para invocar la posición de los modelos



```
if (isInitialPosition && item3DModel != null)
{
    Vector2 middleScreen = new Vector2(Screen.width / 2f,
Screen.height / 2f);
    if (aRRaycastManager.Raycast(middleScreen, hits,
TrackableType.PlaneWithinPolygon))
    {
        Pose hitPose = hits[0].pose;

        // Suavizado para el tiempo
        //transform.position = Vector3.Lerp(transform.position,
hitPose.position, Time.deltaTime * 10f);
        aRpointer.transform.position =
Vector3.Lerp(aRpointer.transform.position, hitPose.position,
Time.deltaTime * 10f);

        aRpointer.transform.position = hitPose.position;
        aRpointer.SetActive(true);

        // Ahora que tenemos buena posición, colocamos el objeto
        item3DModel.transform.position =
aRpointer.transform.position + new Vector3(0, 0.01f, 0); // Ligeramente
elevado

        item3DModel.transform.parent = aRpointer.transform;
        isInitialPosition = false;
    }
}
```

Figura 54 — Invocar el modelo



```
public void ActivatePanel(Transform target)
{
    targetObject = target;
    gameObject.SetActive(true);

    if (targetObject != null)
    {
        int objectId = targetObject.GetInstanceID();

        // 1. Si es la primera vez que tocamos este objeto, guardamos
        // su escala base (ej. 18.1)
        if (!initialScales.ContainsKey(objectId))
        {
            initialScales.Add(objectId, targetObject.localScale);
        }

        // 2. Recuperamos esa escala base
        Vector3 baseScale = initialScales[objectId];

        // 3. Calculamos el factor actual (¿En qué porcentaje del
        // original está?)
        // Fórmula: EscalaActual / EscalaBase
        float currentFactor = targetObject.localScale.x /
        baseScale.x;

        // 4. Ajustamos el slider visualmente SIN cambiar el objeto
        if (scaleSlider != null)
        {
            scaleSlider.SetValueWithoutNotify(currentFactor);
            UpdateLabel(currentFactor);
        }
    }
}
```

Figura 55 — Escalar objeto



```
if (toque.Count > 0)
{
    int activeTouches = toque.Count(t => t.press.isPressed);

    if (activeTouches == 1)
    {
        var touchOne = toque.First(t => t.press.isPressed);
        Vector2 touchPosition =
touchOne.position.ReadValue();

        if (touchOne.press.wasPressedThisFrame)
        {
            isOverUI = isTapOverUI(touchPosition);
            isOver3DModel = isTapOver3DModel(touchPosition);

            //show info
        }

        if (touchOne.delta.ReadValue().magnitude > 0)
        {
            if (aRRaycastManager.Raycast(touchPosition, hits,
TrackableType.PlaneWithinPolygon))
            {
                Pose hitPose = hits[0].pose;
                aRpointer.transform.position =
hitPose.position;

                if (item3DModel != null)
                {
                    item3DModel.transform.position =
hitPose.position;
                }
            }
        }
    }
}
```

Figura 56 — Mover objeto



```

else if (activeTouches >= 2 && item3DModel != null)
    {
        var touchList = toque.Where(t =>
t.press.isPressed).ToList();
        var touchOne = toque[0]; // El primer dedo
        var touchTwo = toque[1]; // El segundo dedo

        // Obtenemos el movimiento (delta) de cada dedo
        Vector2 delta1 = touchOne.delta.ReadValue();
        Vector2 delta2 = touchTwo.delta.ReadValue();

        // Solo rotamos si hay movimiento
        if (touchOne.press.isPressed &&
touchTwo.press.isPressed)
            {
                // Calculamos el promedio del movimiento de ambos
dedos
                Vector2 avgDelta = (delta1 + delta2) / 2;

                // Velocidad de rotación (puedes hacerla variable
pública si quieres ajustarla en el editor)
                float rotationSpeed = 0.2f;

                // Rotación Eje Y (Yaw): Movimiento horizontal de
Los dedos rota el objeto sobre su eje vertical
                // Usamos Space.World para que siempre gire
respecto al suelo, no a su propia inclinación
                item3DModel.transform.Rotate(Vector3.up, -
avgDelta.x * rotationSpeed, Space.World);

                // Rotación Eje X (Pitch): Movimiento vertical de
Los dedos inclina el objeto
                // Usamos Space.World o arCamera.transform.right
para que sea intuitivo respecto a la vista
                item3DModel.transform.Rotate(Vector3.right,
avgDelta.y * rotationSpeed, Space.World);
            }
    }

```

Figura 57 — Rotar objeto



Anexo T

Validación y verificación del sistema



Figura 58 — Validación y verificación del sistema

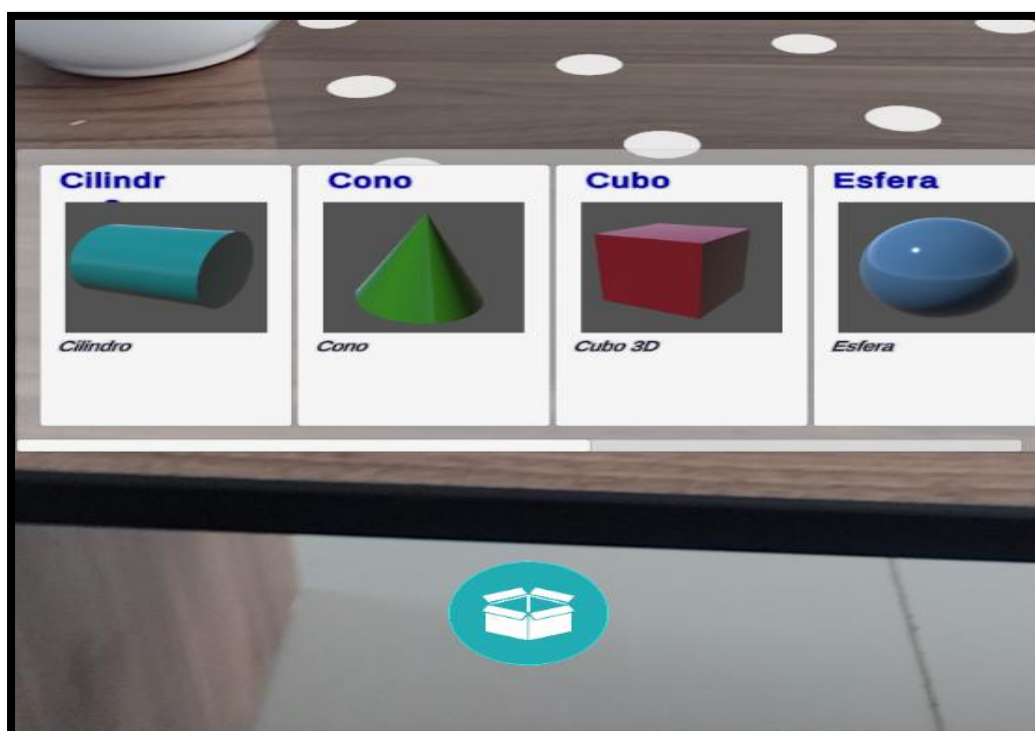


Figura 59 — Modelado tridimensional figuras geométricas

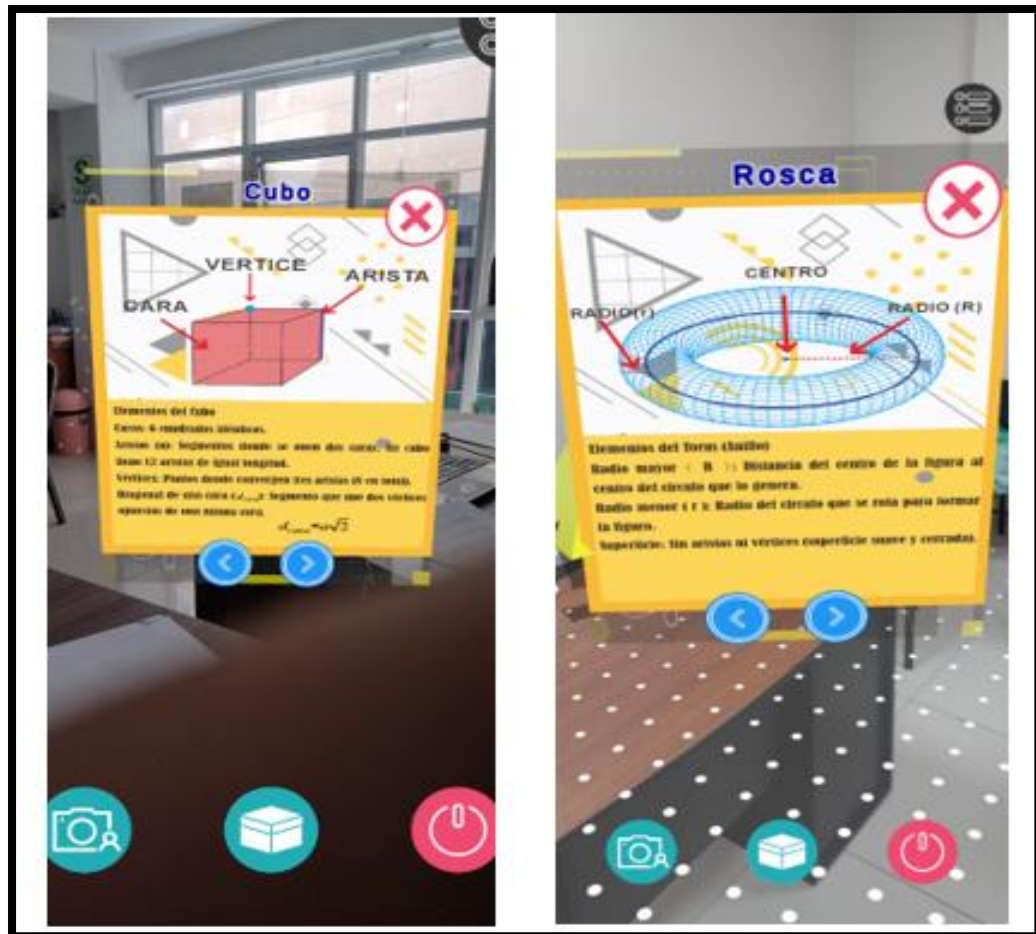


Figura 60 — Información de los modelados tridimensionales

Anexo U

Pruebas con distintos dispositivos



Figura 61 — Prueba de compatibilidad

Anexo V
Evidencias de la aplicación del aplicativo



Figura 62 — Mostrando la interfaz



Figura 63 — Visualización de las figuras



Figura 64 — Manipulando las figuras

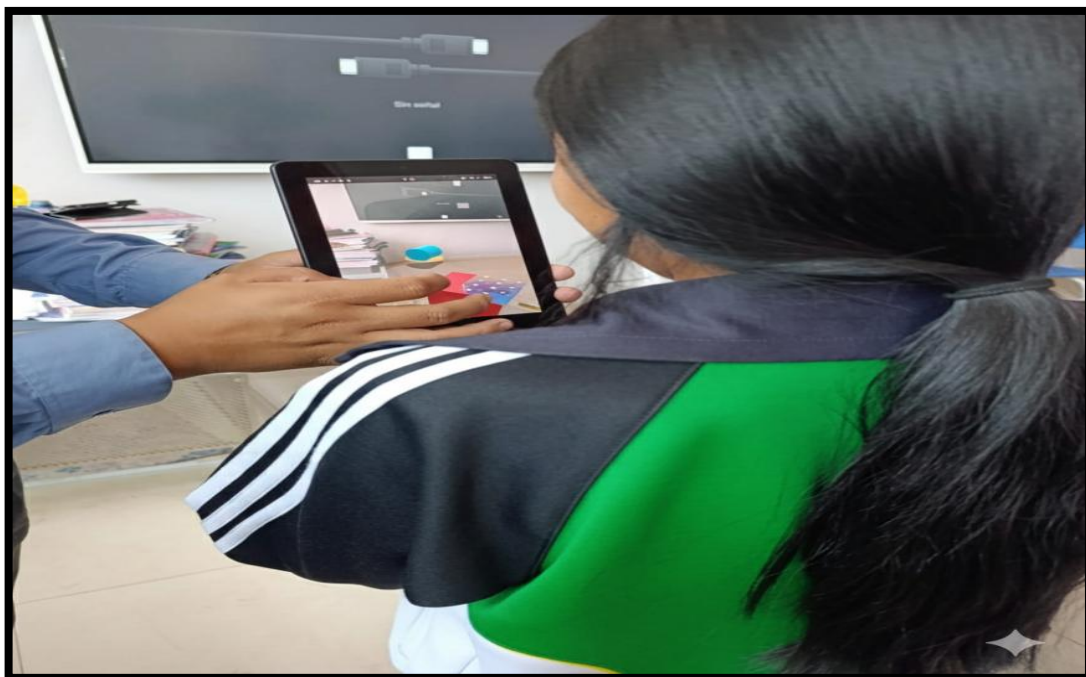


Figura 65 — Se visualizan todos los elementos



Figura 66 — Se visualiza el rombo y el círculo



Figura 67 — Manipula la figura del cuadrado



Figura 68 — Muestra información del elemento seleccionado



Figura 69 — Muestra el elemento toro



Figura 70 — Muestra las opciones de información



Figura 71 — Muestra información detallada del objeto seleccionado



Figura 72— Muestra el cono