



**Aprendizaje Basado en Proyectos para fortalecer el pensamiento geométrico
mediante el diseño de espacios reales en estudiantes de Educación General Básica
Media**

**Project-Based Learning to strengthen geometric thinking through the design of
real spaces in Middle Basic General Education students**

Artículo de investigación científica
Ciencias de la Educación



Germania Priccila Naranjo Rojas

germania.naranjo@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0002-4817-511X>

Ministerio de Educación - Educación Básica Media
Tungurahua- Ecuador

Fecha de envío: 2026-04-12

Fecha de revisión: 2026-05-12

Fecha da aceptación: 2026-06-29

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar la influencia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en el fortalecimiento del pensamiento geométrico mediante el diseño de espacios reales en estudiantes de Educación General Básica Media. Se adoptó un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo-correlacional y diseño cuasi experimental con pretest, posttest, grupo experimental y grupo de control. Participaron 74 estudiantes de cuatro centros educativos. Se aplicó un test de base estructurada de 30 reactivos para valorar visualización espacial, medición, proporcionalidad, representación a escala, cálculo de perímetros, áreas y volúmenes, y argumentación geométrica. El contenido fue validado por expertos y la consistencia interna alcanzó un alfa de Cronbach de 0,83. El análisis incluyó estadística descriptiva, correlación de Pearson, prueba t de Student para muestras independientes y tamaño del efecto d de Cohen. Los resultados evidenciaron una mejora superior en el grupo experimental, especialmente en representación a escala, resolución de problemas de medición y justificación de decisiones de diseño. La diferencia posttest entre grupos fue estadísticamente significativa y presentó un efecto grande; asimismo, el desempeño en las actividades del proyecto se relacionó positivamente con el nivel global de pensamiento geométrico. Se concluye que el ABP, cuando integra problemas auténticos, trabajo colaborativo, levantamiento de medidas, elaboración de planos, prototipado, retroalimentación y comunicación matemática, favorece la comprensión funcional de la geometría y la transferencia del conocimiento al entorno. La propuesta ofrece una secuencia didáctica aplicable al subnivel medio y criterios de evaluación que articulan producto, proceso y razonamiento matemático en situaciones significativas de la vida cotidiana.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos; pensamiento geométrico; espacios reales; educación básica; resolución de problemas.

Abstract

The study aimed to determine the influence of Project-Based Learning (PjBL) on strengthening geometric thinking through the design of real spaces among Middle Basic General Education students. A quantitative, descriptive-correlational approach and a quasi-experimental pretest-posttest design with experimental and control groups were adopted. Seventy-four students from four schools participated. A 30-item structured test assessed spatial visualization, measurement, proportionality, scale representation, calculation of perimeters, areas and volumes, and geometric argumentation. Expert

review supported content validity, while internal consistency reached a Cronbach's alpha of 0.83. Descriptive statistics, Pearson correlation, an independent-samples Student's t test, and Cohen's d effect size were used. Results showed greater improvement in the experimental group, particularly in scale representation, measurement problem solving, and justification of design decisions. The posttest difference between groups was statistically significant and accompanied by a large effect. Performance in project activities was also positively related to the overall level of geometric thinking. It is concluded that PjBL, when it combines authentic problems, collaborative work, field measurement, plan development, prototyping, feedback, and mathematical communication, promotes a functional understanding of geometry and supports knowledge transfer to everyday settings. The proposal provides an applicable instructional sequence for the middle sublevel and assessment criteria that integrate product quality, learning process, and mathematical reasoning in meaningful real-life situations.

Keywords: project-based learning; geometric thinking; real spaces; basic education; problem solving.

Introducción

La geometría escolar permite interpretar formas, posiciones, medidas y transformaciones presentes en el entorno; sin embargo, su enseñanza suele reducirse a memorizar definiciones y aplicar fórmulas aisladas. Esta fragmentación dificulta que el estudiante vincule una representación con un objeto real, seleccione datos relevantes o justifique por qué una solución es válida. La revisión de Weigand et al. (2025) señala que la educación geométrica contemporánea debe articular visualización, construcción, razonamiento y argumentación. Harris (2023) añade que el razonamiento espacial conecta la percepción con la representación matemática, por lo que requiere tareas donde observar, imaginar, dibujar, medir y explicar formen parte de un mismo proceso.

El problema trasciende el aula. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2023) advirtió, a partir de los resultados regionales de PISA 2022, que una elevada proporción de estudiantes no alcanza competencias matemáticas básicas, situación que limita la participación social y productiva. La respuesta educativa no puede consistir únicamente en aumentar ejercicios repetitivos; necesita experiencias que otorguen sentido al conocimiento. En esta línea, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2024) destaca que el liderazgo

pedagógico debe concentrarse en el aprendizaje y en la capacidad institucional para acompañar prácticas activas, inclusivas y evaluables.

La UNESCO (2023) reconoce que la tecnología puede ampliar la visualización, la colaboración y el acceso a recursos, pero advierte que su valor depende del propósito pedagógico. En geometría, una aplicación, una hoja de cálculo o un software dinámico resulta útil cuando ayuda a contrastar medidas, explorar relaciones o revisar un diseño; no cuando reemplaza la explicación. El Ministerio de Educación del Ecuador (2022), mediante su orientación para proyectos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas (STEAM), propone abordar problemas del contexto, integrar áreas y producir soluciones verificables. Esta orientación respalda el diseño de espacios reales como situación auténtica para aprender geometría.

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) organiza el aprendizaje alrededor de una pregunta desafiante, una investigación sostenida y un producto público. Markula y Aksela (2022) identifican como rasgos esenciales la autenticidad, la autonomía guiada, la colaboración, la reflexión y la evaluación continua. Nguyen et al. (2024) encontraron que, en matemática escolar, el ABP favorece la conexión entre conceptos y problemas cotidianos, aunque su eficacia exige objetivos claros y acompañamiento docente. Al diseñar un aula, un jardín o una zona recreativa, el alumnado debe levantar medidas, establecer escalas, calcular magnitudes, comparar alternativas y comunicar decisiones; así, la geometría adquiere una función concreta.

La evidencia reciente respalda esta metodología. Rehman et al. (2024) observaron que el ABP incrementa la participación y las habilidades del siglo XXI en el aula de matemática. Rijken y Fraser (2024) informaron mejoras en el ambiente de aprendizaje, el disfrute y el logro matemático en secundaria. Wijnia et al. (2024), mediante metaanálisis, concluyeron que los enfoques basados en problemas, proyectos y casos pueden fortalecer la motivación cuando combinan autonomía con estructura. Zhang et al. (2024) hallaron efectos positivos del ABP en procesos de pensamiento complejo, especialmente cuando la intervención dura lo suficiente y utiliza productos que exigen revisión.

El diseño de espacios reales es particularmente pertinente porque integra visualización y medición. Gurmu et al. (2024) mostraron que GeoGebra puede mejorar la comprensión conceptual de la geometría cuando se usa para explorar y explicar. Suparman et al. (2024) encontraron efectos favorables de entornos tridimensionales sobre la visualización espacial. Hidajat (2024) y Özdemir y Özçakır (2026) señalan que la realidad aumentada

puede apoyar la creatividad y la comprensión de volumen, siempre que se mantenga la mediación docente. Estos hallazgos sugieren que los recursos digitales deben acompañar, no sustituir, el levantamiento de datos, el dibujo a escala y el razonamiento sobre el espacio.

La integración con STEAM amplía el potencial formativo. Mohamed Elsayed (2022) reportó mejoras en competencia matemática mediante tareas interdisciplinarias, mientras Santhosh et al. (2023) identificaron efectos positivos de proyectos STEM informales sobre el aprendizaje. Nasution et al. (2025) comprobaron que un modelo de ABP modificado puede promover pensamiento creativo, y Juandi et al. (2025) señalaron que la educación matemática asistida por computadora, integrada con proyectos, favorece el rendimiento. En todos los casos, la creatividad se entiende como producción de alternativas justificadas, no como decoración del producto.

El ABP también plantea desafíos. Al-Kamzari y Alias (2025) advierten que una pregunta atractiva no garantiza aprendizaje si las actividades no se alinean con los contenidos, la evaluación y la retroalimentación. Ukobizaba et al. (2025) destacan que la preparación docente y el apoyo institucional condicionan su aplicación. Ayari et al. (2025) muestran que las propuestas basadas en problemas producen mejores resultados cuando las tareas son cognitivamente exigentes y la orientación permite avanzar sin entregar la solución. Por ello, el proyecto debe incluir criterios explícitos sobre precisión, escala, cálculo, funcionalidad y argumentación.

Desde la evaluación, conviene combinar una prueba estructurada con evidencias auténticas. La primera permite comparar desempeños en dimensiones definidas; la segunda muestra cómo el estudiante usa la geometría para tomar decisiones. Vivanco-Galván et al. (2024) evidenciaron que procesos de diseño, prototipado y revisión pueden profundizar la comprensión matemática al hacer visibles errores y supuestos. En el presente estudio, los planos, cálculos, maquetas y exposiciones se valoraron mediante rúbrica, mientras el test examinó visualización, medición, proporcionalidad, escala, magnitudes y argumentación. Esta triangulación metodológica fortalece la interpretación del aprendizaje.

La investigación se justifica por su relevancia educativa y científica. Atiende una dificultad recurrente de la geometría escolar, propone una intervención vinculada con el entorno y examina sus efectos mediante un diseño cuasi experimental en cuatro centros. Además, analiza la relación entre el desempeño del proyecto y el pensamiento

geométrico, lo que permite valorar no solo si existen diferencias entre grupos, sino qué componentes de la experiencia se asocian con mejores resultados. De este modo, el estudio aporta una secuencia replicable para Educación General Básica Media y evidencia sobre las condiciones que convierten un proyecto de diseño en una experiencia matemática rigurosa.

Objetivo

Determinar la influencia del Aprendizaje Basado en Proyectos en el fortalecimiento del pensamiento geométrico mediante el diseño de espacios reales en estudiantes de Educación General Básica Media de cuatro centros educativos.

Metodología

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, alcance descriptivo-correlacional y diseño cuasi experimental con pretest y posttest. El componente descriptivo permitió caracterizar el nivel de las destrezas geométricas; el correlacional examinó la relación entre el desempeño en el proyecto y el puntaje final; y el cuasi experimento estimó el efecto de la intervención mediante grupos intactos. Se trabajó en cuatro centros educativos para observar la consistencia del patrón en contextos distintos. La muestra estuvo conformada por 74 estudiantes de Educación General Básica Media, distribuidos en 37 participantes del grupo experimental y 37 del grupo de control.

La variable independiente fue el Aprendizaje Basado en Proyectos, operacionalizado mediante la secuencia “Diseñamos un espacio que funciona”, desarrollada durante ocho semanas. El grupo experimental investigó una necesidad del entorno, levantó medidas, construyó croquis y planos a escala, calculó perímetros, áreas y volúmenes, comparó alternativas, elaboró un prototipo y defendió su propuesta. El grupo de control abordó los mismos contenidos con explicación docente, ejercicios graduados y actividades del texto. Ambos grupos contaron con igual carga horaria y fueron evaluados en los mismos momentos.

Para medir el pensamiento geométrico se elaboró un test de base estructurada de 30 reactivos, organizado en seis dimensiones: visualización y relaciones espaciales; propiedades de figuras; medición y estimación; proporcionalidad y escala; perímetros, áreas y volúmenes; y argumentación geométrica. Los ítems incluyeron selección múltiple, interpretación de planos, resolución de situaciones y elección de justificaciones. Diez expertos en didáctica de la matemática, evaluación y Educación General Básica valoraron

pertinencia, claridad, coherencia y correspondencia con los objetivos. Sus observaciones permitieron ajustar enunciados, distractores y criterios de puntuación.

La confiabilidad se estimó con el alfa de Cronbach, que alcanzó 0,83. Este valor expresa una consistencia interna alta y respalda el uso del puntaje total para comparaciones grupales, sin asumir que todas las dimensiones son idénticas. Además del test, se aplicó una rúbrica analítica a los productos del grupo experimental. La rúbrica valoró precisión del levantamiento, empleo de escala, consistencia de cálculos, funcionalidad del diseño, argumentación y comunicación matemática. Así se obtuvo evidencia complementaria sobre el uso del conocimiento en una tarea auténtica.

El procedimiento comprendió cuatro fases. Primero se aplicó el pretest y se verificó la equivalencia inicial. Luego los docentes responsables recibieron orientaciones comunes sobre secuencia, tiempos, recursos y criterios de evaluación. En la tercera fase se desarrolló la intervención y se registraron productos parciales, retroalimentaciones y ajustes. Finalmente se aplicó el postest, se calificaron los proyectos y se consolidó una base anónima. El trabajo en cuatro centros mantuvo un protocolo compartido, aunque cada equipo eligió un espacio cercano y adaptó su propuesta a las condiciones locales.

El análisis incluyó medias, desviaciones estándar, porcentajes, intervalos de confianza y ganancias normalizadas. La correlación de Pearson se calculó para estimar la dirección e intensidad de la asociación lineal entre indicadores del proyecto y pensamiento geométrico. La prueba t de Student para muestras independientes comparó los puntajes postest de ambos grupos; previamente se examinó la homogeneidad de varianzas. Para distinguir relevancia estadística de importancia educativa se obtuvo la d de Cohen y, como ajuste, la g de Hedges. Se consideró un nivel de significación de 0,05 y se interpretaron conjuntamente significación, magnitud del efecto y coherencia pedagógica. Se respetaron participación voluntaria, confidencialidad, uso educativo de la información y comunicación clara de los propósitos. Los registros se codificaron sin nombres y se conservaron únicamente para el análisis académico.

Resultados

Tabla 1

Equivalencia inicial de los grupos según dimensiones del pensamiento geométrico.

Dimensión evaluada	Media control	Media experimental	DE combinada	Diferencia inicial	p de contraste
Visualización	51,84	52,16	9,21	0,32	0,881
Propiedades	50,73	51,05	8,64	0,32	0,874
Medición	48,92	49,38	9,03	0,46	0,827

Escala	46,81	47,14	8,78	0,33	0,872
Magnitudes	49,57	49,89	9,46	0,32	0,885
Razonamiento	45,68	46,22	8,97	0,54	0,796

Nota. La mayor diferencia inicial fue de 0,54 puntos en argumentación geométrica y no alcanzó significación estadística.

Los resultados del pretest evidencian condiciones iniciales comparables. Las diferencias entre medias fueron menores de un punto y ninguna alcanzó significación estadística, lo que reduce la probabilidad de atribuir el cambio posterior a una ventaja previa. La mayor distancia apareció en argumentación geométrica, pero su magnitud fue pequeña. En ambos grupos las dificultades se concentraron en proporcionalidad, escala y justificación, destrezas que requieren coordinar representaciones y explicar procedimientos. Esta equivalencia inicial ofrece una base adecuada para interpretar el postest como resultado asociado a las experiencias de enseñanza diferenciadas.

Tabla 2

Distribución del desempeño postest por nivel de dominio y destreza.

Destreza	Control alto (%)	Experimental alto (%)	Brecha (pp)	Nivel	Indicador
Relaciones espaciales	37,8	67,6	29,8	Alto	Orientación
Propiedades	40,5	70,3	29,8	Alto	Clasificación
Medición	35,1	75,7	40,6	Alto	Precisión
Escala	27,0	73,0	46,0	Alto	Escala
Magnitudes	32,4	78,4	46,0	Alto	Transferencia
Argumentar	24,3	64,9	40,6	Medio-alto	Justificación

Nota. Las brechas más amplias, de 46 puntos porcentuales, se observaron en representación a escala y cálculo de magnitudes.

En el postest, el grupo experimental concentró mayores porcentajes de dominio alto en todas las destrezas. Las brechas más amplias se localizaron en representación a escala y cálculo de magnitudes, precisamente los contenidos utilizados de forma recurrente para transformar medidas reales en planos, presupuestar superficies y revisar el prototipo. La argumentación mantuvo el porcentaje más bajo, aunque mostró una diferencia importante a favor del grupo experimental. Esto indica que producir una solución favorece el desempeño, pero explicar relaciones, supuestos y decisiones exige más oportunidades de diálogo y escritura matemática.

Tabla 3

Ganancia de aprendizaje del grupo experimental según destreza geométrica.

Destreza	Pretest	Postest	Ganancia absoluta	Ganancia normalizada	Dominio alcanzado
Visualización	52,16	79,08	26,92	0,56	Alto
Propiedades	51,05	80,11	29,06	0,59	Alto
Medición	49,38	82,43	33,05	0,65	Alto

Escala	47,14	83,24	36,10	0,68	Alto
Magnitudes	49,89	84,32	34,43	0,69	Alto
Razonamiento	46,22	75,58	29,36	0,55	Medio-alto

Nota. La mayor ganancia normalizada correspondió a perímetros, áreas y volúmenes (0,69), seguida de proporcionalidad y escala (0,68).

Las ganancias muestran un avance distribuido y no restringido a una habilidad. Perímetros, áreas y volúmenes alcanzaron la mayor ganancia normalizada, seguidos de proporcionalidad y escala. La reiteración funcional de estos cálculos —medir, convertir, representar, comprobar y corregir— favoreció su consolidación. La menor ganancia correspondió a argumentación, aunque fue educativamente relevante. El patrón sugiere que el ABP fortalece primero las destrezas vinculadas con acciones observables y, de manera progresiva, las formas de explicación que requieren conectar propiedades, procedimientos y criterios de validez.

Tabla 4

Desempeño de los productos de diseño según la rúbrica analítica del proyecto.

Componente del producto	Promedio /5	Mediana	Coefficiente de variación (%)	Evidencia observada
Levantamiento de medidas	4,42	4,50	11,8	Registro consistente
Plano y escala	4,31	4,40	13,2	Proporción verificable
Cálculos geométricos	4,38	4,50	12,4	Resultados trazables
Funcionalidad del espacio	4,17	4,20	15,7	Uso y circulación
Comunicación matemática	3,96	4,00	18,3	Explicación con apoyo visual

Nota. El componente mejor valorado fue el levantamiento de medidas (4,42/5); la mayor dispersión se ubicó en comunicación matemática.

Los productos finales obtuvieron valoraciones altas en levantamiento de medidas, uso de escala y consistencia de cálculos. La proximidad entre media y mediana indica un desempeño relativamente estable entre equipos. La comunicación matemática presentó el promedio menor y la mayor dispersión: algunos grupos construyeron soluciones correctas, pero no explicaron con suficiente precisión la relación entre datos, operaciones y decisiones. En términos didácticos, el hallazgo muestra que una maqueta bien elaborada no sustituye la argumentación; por ello, la exposición debe incluir preguntas de contraste, verificación de unidades y defensa de alternativas.

Tabla 5

Relación entre indicadores del proyecto y pensamiento geométrico posttest.

Indicador del proyecto	r de Pearson	p	Varianza compartida (%)	Intensidad	Lectura pedagógica
Precisión de medidas	0,64	<0,001	41,0	Alta	Control de datos
Uso de escala	0,72	<0,001	51,8	Alta	Coordinación proporcional
Consistencia de cálculos	0,76	<0,001	57,8	Alta	Transferencia conceptual
Funcionalidad del diseño	0,58	<0,001	33,6	Moderada	Toma de decisiones
Comunicación matemática	0,69	<0,001	47,6	Alta	Justificación

Nota. La relación más fuerte se observó entre consistencia de cálculos y pensamiento geométrico ($r = 0,76$).

Las correlaciones fueron positivas y significativas. La relación más alta se observó entre consistencia de cálculos y pensamiento geométrico, seguida del uso de escala y la argumentación. Esto confirma que el desempeño del proyecto no fue un producto paralelo, sino una manifestación del mismo aprendizaje medido por el test. La funcionalidad mostró una asociación moderada porque también depende de criterios estéticos y contextuales. En conjunto, los coeficientes respaldan una evaluación auténtica que valore tanto el resultado final como la trazabilidad matemática de las decisiones.

Tabla 6

Resultados comparativos por centro educativo al finalizar la intervención.

Centro	Media experimental	Media control	Diferencia ajustada	IC 95% de la diferencia	Ganancia relativa
Centro A	81,94	68,11	13,83	8,24 a 19,42	20,3%
Centro B	83,12	69,02	14,10	8,67 a 19,53	20,4%
Centro C	80,87	67,45	13,42	7,91 a 18,93	19,9%
Centro D	84,01	68,70	15,31	9,52 a 21,10	22,3%

Nota. Los cuatro centros presentaron diferencias favorables al grupo experimental; la mayor se registró en el Centro D (15,31 puntos).

El patrón favorable al grupo experimental se repitió en los cuatro centros, con diferencias ajustadas de magnitud semejante. La mayor se registró en el Centro D y la menor en el Centro C; aun así, todos los intervalos mantuvieron una dirección positiva. Esta estabilidad sugiere que la secuencia puede adaptarse a condiciones escolares diversas cuando se conservan sus componentes esenciales: problema real, medición, representación, cálculo, revisión y comunicación. Las variaciones entre centros aconsejan acompañar el cronograma y asegurar acceso suficiente a materiales y retroalimentación.

Tabla 7

Prueba t de Student para la comparación posttest entre grupos.

Variable	F Levene	p Levene	t	gl	p bilateral	Dif. medias	IC 95 %
Puntaje global	0,41	0,524	6,08	72	<0,001	14,16	9,52 a 18,80

Nota. La diferencia posttest fue significativa, $t(72) = 6,08$, $p < 0,001$, con un intervalo de confianza completamente positivo.

La prueba de Levene no fue significativa, por lo que se asumió homogeneidad de varianzas. La t de Student mostró una diferencia posttest estadísticamente significativa a favor del grupo experimental, $t(72) = 6,08$, $p < 0,001$. El intervalo de confianza no incluyó el cero y la diferencia media fue de 14,16 puntos. Considerada junto con la equivalencia del pretest y el patrón observado en los cuatro centros, la evidencia apoya que la intervención produjo una mejora superior a la enseñanza habitual.

Tabla 8

Magnitud del efecto de la intervención mediante d de Cohen y g de Hedges.

Comparación	DE combinada	d de Cohen	g de Hedges	Magnitud	Implicación educativa
Posttest global	10,07	1,41	1,39	Grande	Mejora sustantiva
Escala	9,48	1,34	1,32	Grande	Transferencia alta
Magnitudes	9,21	1,47	1,45	Grande	Aplicación consolidada
Razonamiento	10,42	1,05	1,03	Grande	Avance relevante

Nota. El efecto global fue grande ($d = 1,41$); la magnitud más alta correspondió al cálculo de magnitudes ($d = 1,47$).

Los tamaños del efecto muestran que la diferencia fue también educativamente importante. La d de Cohen global de 1,41 representa una separación amplia entre las distribuciones y la g de Hedges conservó la misma interpretación. El cálculo de magnitudes presentó el efecto mayor, mientras la argumentación mostró el menor, aunque todavía grande. Este perfil coincide con la intensidad de las oportunidades de práctica: los cálculos estuvieron presentes en todas las fases, mientras la explicación formal se concentró en momentos específicos de revisión y presentación.

Propuesta didáctica

Tabla 9

Secuencia de actividades del proyecto “Diseñamos un espacio que funciona”.

Actividad	Objetivo de la actividad	Destrezas desarrolladas	Contenidos	Tiempo	Recursos
1. Detectar una necesidad	Definir el problema y los usuarios del espacio.	Observación, formulación de preguntas y comunicación.	Relaciones espaciales y criterios de funcionalidad.	90 min	Ficha de observación, fotografías y croquis.
2. Medir el espacio	Obtener datos confiables y registrar unidades.	Estimación, medición y verificación.	Longitud, instrumentos y conversión de unidades.	90 min	Cinta métrica, regla, tabla de registro.
3. Construir el croquis	Representar ubicación, forma y relaciones.	Visualización y orientación espacial.	Figuras, segmentos, ángulos y ubicación.	90 min	Papel cuadriculado, escuadras y lápices.
4. Elaborar el plano a escala	Transformar medidas reales en una representación proporcional.	Escala y cálculo.	Razón, equivalencias y escala gráfica.	135 min	Papel milimetrado o software geométrico.
5. Comparar alternativas	Analizar varias distribuciones y sus restricciones.	Resolución de problemas y toma de decisiones.	Perímetro, área útil y circulación.	90 min	Plantillas móviles, calculadora y rúbrica.
6. Calcular materiales y capacidad	Estimar cantidades necesarias y justificar resultados.	Cálculo de magnitudes y modelización.	Áreas, volúmenes, costos y unidades.	90 min	Tablas de precios, calculadora y fichas.
7. Construir el prototipo	Materializar la solución y verificar el diseño.	Representación 3D, precisión y revisión.	Cuerpos geométricos, escala y volumen.	135 min	Cartón, material reciclado, pegamento.
8. Presentar, argumentar y mejorar	Defender la propuesta con evidencia y realizar ajustes.	Argumentación, comunicación y metacognición.	Justificación geométrica y evaluación.	90 min	Presentación, rúbrica, preguntas de pares.

Nota. La secuencia distribuye el proyecto en ocho actividades y reserva tiempo específico para revisión, argumentación y mejora.

La propuesta fue validada por diez expertos en didáctica de la matemática, evaluación y Educación General Básica. Se valoraron coherencia entre objetivos y actividades, pertinencia para el subnivel, claridad de instrucciones, viabilidad de recursos y correspondencia de la rúbrica con las destrezas. Las observaciones condujeron a precisar tiempos, incorporar verificación de unidades y reservar una fase explícita para argumentar y mejorar. La secuencia evita que la maqueta sea un fin decorativo: cada actividad genera una evidencia matemática que alimenta la siguiente y culmina en una solución defendida con datos.

Discusión

Los resultados confirman que el ABP puede fortalecer el pensamiento geométrico cuando el producto obliga a usar conceptos para resolver una necesidad real. La superioridad del grupo experimental coincide con Nguyen et al. (2024), Rehman et al. (2024) y Rijken y Fraser (2024), quienes atribuyen los beneficios del ABP a la autenticidad, la colaboración y la elaboración de productos revisables. También concuerda con Wijnia et al. (2024) y Zhang et al. (2024): la autonomía produce mejores resultados cuando existe estructura, retroalimentación y tiempo suficiente para reelaborar.

Las mayores ganancias en escala, perímetro, área y volumen se explican por la integración de representaciones. Harris (2023) sostiene que el razonamiento espacial se fortalece al coordinar percepción, lenguaje y modelos; Weigand et al. (2025) destacan que la geometría requiere transitar entre construcción, visualización y prueba. En el proyecto, una medida del espacio debía convertirse en croquis, plano, cálculo y prototipo. Esa cadena hizo visibles inconsistencias y convirtió el error en información para revisar la solución.

Los hallazgos sobre visualización son compatibles con Gurmu et al. (2024), Suparman et al. (2024), Hidajat (2024) y Özdemir y Özçakır (2026), quienes informan ventajas de herramientas dinámicas, tridimensionales o aumentadas. No obstante, el efecto observado no debe atribuirse a la tecnología por sí sola. Su aporte surgió cuando permitió comprobar proporciones, comparar vistas o anticipar volúmenes, mientras la comprensión dependió de medir, interpretar y argumentar. Esta lectura coincide con la advertencia de la UNESCO (2023) sobre el uso pedagógicamente intencionado de los recursos digitales.

La mejora en cálculo y resolución de problemas se relaciona con Mohamed Elsayed (2022) y Santhosh et al. (2023), quienes encontraron efectos favorables de experiencias STEM. La propuesta articuló matemática, diseño y necesidades del entorno sin diluir el contenido disciplinar. Juandi et al. (2025) también señalan que la combinación de tecnología y ABP favorece el rendimiento cuando las tareas sostienen el razonamiento. En consecuencia, la interdisciplinariedad fue productiva porque cada decisión estética o funcional debía respaldarse con medidas, unidades y relaciones geométricas.

La creatividad y funcionalidad de los productos coinciden con Nasution et al. (2025), quienes describen mejoras en fluidez y flexibilidad mediante proyectos abiertos. Asimismo, Vivanco-Galván et al. (2024) muestran que el prototipado favorece la comprensión al exteriorizar ideas y someterlas a prueba. En este estudio, la creatividad

no se evaluó como ornamentación, sino como capacidad para generar alternativas viables dentro de restricciones espaciales. Por eso su correlación con el postest fue positiva, aunque menor que la consistencia de cálculos.

La argumentación mejoró, pero continuó como la destreza más exigente. Este resultado es coherente con Weigand et al. (2025), debido a que justificar requiere pasar de mostrar un producto a explicar relaciones y criterios. Ayari et al. (2025) indican que las tareas basadas en problemas producen mejores resultados cuando incluyen preguntas que demandan fundamentación. La intervención permitió defender diseños, pero futuras aplicaciones deben ampliar diarios de razonamiento, comparación de estrategias y discusión de errores para que la explicación esté presente durante todo el proceso.

La estabilidad entre los cuatro centros respalda la transferibilidad de la secuencia, aunque no implica uniformidad automática. Markula y Aksela (2022) y Al-Kamzari y Alias (2025) subrayan que la fidelidad del ABP depende de alinear pregunta, actividades, producto y evaluación. Ukobizaba et al. (2025) añaden que la formación y el apoyo institucional son decisivos. Las diferencias entre centros observadas aquí pueden vincularse con continuidad del cronograma, disponibilidad de materiales y calidad de la retroalimentación, factores que deben planificarse antes de ampliar la propuesta.

La relación alta entre consistencia de cálculos y pensamiento geométrico respalda el uso complementario de prueba y rúbrica. El test ofreció comparabilidad, mientras el proyecto mostró transferencia a una situación auténtica. Rijken y Fraser (2024) y Rehman et al. (2024) enfatizan que el ABP modifica tanto resultados como participación; por ello, una evaluación limitada a respuestas finales omitiría decisiones, revisiones y comunicación. La convergencia entre indicadores sugiere que producto, proceso y razonamiento forman un sistema evaluativo más informativo que una única medida.

Desde la política educativa, la propuesta responde a la necesidad señalada por la CEPAL (2023) de recuperar aprendizajes matemáticos relevantes y a la orientación STEAM del Ministerio de Educación del Ecuador (2022). También se alinea con la UNESCO (2024), que vincula la mejora con liderazgo pedagógico y acompañamiento docente. Su valor no reside en añadir una actividad llamativa, sino en reorganizar la enseñanza para que el alumnado investigue, produzca, reciba retroalimentación y comunique soluciones con responsabilidad compartida.

Los resultados deben interpretarse con cautela por el tamaño de la muestra, el uso de grupos intactos y la duración de ocho semanas. No se midió retención a largo plazo ni se

aislaron por separado los efectos de colaboración, tecnología y prototipado. Sin embargo, la equivalencia inicial, la diferencia posttest, el efecto grande, las correlaciones, la rúbrica y la repetición del patrón en cuatro centros convergen en la misma dirección. Esta convergencia sostiene que diseñar espacios reales puede funcionar como una estructura didáctica rigurosa para observar, medir, representar, calcular, decidir y justificar geometría.

Conclusiones

El Aprendizaje Basado en Proyectos orientado al diseño de espacios reales mostró una influencia favorable y de gran magnitud sobre el pensamiento geométrico de estudiantes de Educación General Básica Media. La intervención fortaleció visualización, medición, proporcionalidad, representación a escala, cálculo de magnitudes y argumentación, con un patrón consistente en los cuatro centros. La principal contribución científica radica en evidenciar que la geometría se comprende con mayor profundidad cuando el producto exige correspondencia entre datos, representaciones, cálculos y decisiones, y cuando la evaluación combina desempeño auténtico con una medición estructurada.

La propuesta “Diseñamos un espacio que funciona” aporta una secuencia replicable que integra investigación del entorno, trabajo cooperativo, planos a escala, cálculo, prototipado, revisión y comunicación matemática. Su aplicación requiere capacitación docente, criterios explícitos y tiempo para argumentar y mejorar. Se recomienda ampliar el estudio a otros grados, incorporar mediciones de retención y analizar la contribución específica de las tecnologías y la colaboración. El aporte educativo consiste en transformar la geometría escolar en una herramienta para comprender, diseñar y mejorar el espacio vivido.

Referencias

- Al-Kamzari, F., & Alias, N. (2025). A systematic literature review of project-based learning in secondary school physics: Theoretical foundations, design principles, and implementation strategies. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, 286. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04579-4>
- Ayari, M. A., Sellami, A., Santhosh, M. E., Naji, K. K., Al-Ali, A., & Al-Hazbi, S. M. A. (2025). From problems to performance: A systematic review of problem-based learning in K-12 mathematics. *Frontiers in Education*, 10, 1731307. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1731307>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2023). América Latina y el Caribe debe abordar la crisis del aprendizaje para avanzar hacia un desarrollo más productivo, inclusivo y sostenible. CEPAL.
- Gurmu, F., Tuge, C., & Hunde, A. B. (2024). Effects of GeoGebra-assisted instructional methods on students' conceptual understanding of geometry. *Cogent Education*, 11(1), 2379745. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2379745>
- Harris, D. (2023). Spatial reasoning in context: Bridging cognitive and educational perspectives of spatial-mathematics relations. *Frontiers in Education*, 8, 1302099. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1302099>
- Hidajat, F. A. (2024). Augmented reality applications for mathematical creativity: A systematic review. *Journal of Computers in Education*, 11, 991–1040. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00287-7>
- Juandi, D., Suparman, S., Putri, A. D., Dahlan, J. A., & Dasari, D. (2025). The utilization of computer-assisted mathematics education integrated into project-based learning to optimize Indonesian students' mathematics achievement: A systematic review and meta-analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(4), em0853. <https://doi.org/10.29333/iejme/16899>
- Markula, A., & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: How teachers implement projects in K-12 science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4, 2. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2022). Guía de apoyo para proyectos STEM-STEAM. Dirección Nacional de Currículo.
- Mohamed Elsayed, S. A. (2022). The effectiveness of learning mathematics according to the STEM approach in developing the mathematical proficiency of second graders of the intermediate school. *Education Research International*, 2022, 5206476. <https://doi.org/10.1155/2022/5206476>
- Nasution, E. Y. P., Yulia, P., & Deswita, R. (2025). A modified project-based learning model to promote students' creative thinking ability. *Journal of Pedagogical Sociology and Psychology*, 7(2), 17–38. <https://doi.org/10.33902/jpsp.202530694>
- Nguyen, H. T. M., Nguyen, G. T. C., Thai, L. T. H., Truong, D. T., & Nguyen, B. N. (2024). Teaching mathematics through project-based learning in K-12 schools: A

- systematic review of current practices, barriers, and future developments. *TEM Journal*, 13(3), 2054–2065. <https://doi.org/10.18421/TEM133-33>
- Özdemir, D., & Özçakır, B. (2026). Augmented reality in mathematics education: Enhancing middle school students' comprehension of volume concepts and classroom dynamics. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10626-y>
- Rehman, N., Huang, X., Mahmood, A., AlGerafi, M. A. M., & Javed, S. (2024). Project-based learning as a catalyst for 21st-century skills and student engagement in the math classroom. *Heliyon*, 10(23), e39988. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39988>
- Rijken, P. E., & Fraser, B. J. (2024). Effectiveness of project-based mathematics in first-year high school in terms of learning environment and student outcomes. *Learning Environments Research*, 27, 241–263. <https://doi.org/10.1007/s10984-023-09477-7>
- Santhosh, M. E., Farooqi, H., Ammar, M., Siby, N., Bhadra, J., Al-Thani, N. J., Sellami, A., Fatima, N., & Ahmad, Z. (2023). A meta-analysis to gauge the effectiveness of STEM informal project-based learning: Investigating the potential moderator variables. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 671–685. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10063-y>
- Suparman, S., Marasabessy, R., & Helsa, Y. (2024). Enhancing spatial visualization in CABRI 3D-assisted geometry learning: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(2), 248–259. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.2.2046>
- Ukobizaba, F., Maniraho, J. F., & Uworwabayeho, A. (2025). Exploring mathematics teachers' insights and practices of project-based learning in primary schools of Nyamasheke district, Rwanda. *Frontiers in Education*, 10, 1709849. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1709849>
- UNESCO. (2023). Global education monitoring report summary 2023: Technology in education—A tool on whose terms? UNESCO.
- UNESCO. (2024). Global education monitoring report 2024/5: Leadership in education—Lead for learning. UNESCO.

- Vivanco-Galván, O., Castillo-Malla, D., Suconota, E., Quizphe, R., & Jiménez-Gaona, Y. (2024). Enhancing mathematical function understanding in university students: A comparative study of design thinking vs. traditional teaching methods. *Frontiers in Education*, 9, 1364642. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1364642>
- Weigand, H.-G., Hollebrands, K., & Maschietto, M. (2025). Geometry education at secondary level: A systematic literature review. *ZDM–Mathematics Education*, 57, 829–843. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01703-1>
- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M. J. P., & Loyens, S. M. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36, 29. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>
- Zhang, W., Guan, Y., & Hu, Z. (2024). The efficacy of project-based learning in enhancing computational thinking among students: A meta-analysis of 31 experiments and quasi-experiments. *Education and Information Technologies*, 29, 14513–14545. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12392-2>

Declaración

Declaración	Detalle
Conflicto de intereses	Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.
Financiamiento	No existió asistencia financiera de partes externas para la elaboración del presente artículo.
Agradecimiento	N/A
Nota	El artículo no es producto de una publicación anterior.