



Matemáticas y robótica educativa: Una propuesta curricular para el desarrollo de competencias STEAM

Mathematics and educational robotics: A curricular proposal for the development of STEAM skills

Matemática e robótica educativa: uma proposta curricular para o desenvolvimento de competências STEAM

Patricia Ruiz Clark ^I

pilaragost12@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-4539-516X>

Daniel Martínez Álava ^{II}

martinezalavad@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-0220-6095>

Stefanny Núñez Viera ^{III}

stefycarolina1995@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2097-2136>

Daniela Agila Hidalgo ^{IV}

agilahdaniela@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-6893-5492>

Correspondencia: pilaragost12@gmail.com

Ciencias de la Educación

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 28 de julio de 2025 * **Aceptado:** 17 de agosto de 2025 * **Publicado:** 12 de septiembre de 2025

- I. Licenciada en Ciencias de la Educación, Docente de Educación Inclusiva, Unidad Educativa Eiwa, Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador.
- II. Maestría en Innovación y Gestión Educativa, Ayudante de Cátedras en Matemáticas y Física, Unidad Educativa Francisco Xavier Aguirre Abad, IEXE Universidad de México, Puebla, México.
- III. Magister en Psicología mención en Psicoterapia, Técnico Docente, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Universidad Internacional SEK Ecuador, Quito, Ecuador.
- IV. Magister En Gestión Educativa Mención en Organización, Dirección E Innovación de los Centros Educativos, Docente de Matemáticas EGB y Bachillerato, Unidad Educativa El Triunfo, Universidad estatal de Milagro, Milagro, Ecuador.

Resumen

La presente investigación estudia la conjunción de las matemáticas con la robótica educativa como mediación innovadora para la consolidación de competencias STEAM en estudiantes de educación básica. El trabajo contextualizó la urgencia de trabajar prácticas instructivas en matemáticas que, al apelar sólo al cálculo y la memorización, generan apatía y barreras en el aprendizaje. La alternativa plantea la integración de saberes abstractos con actividades prácticas mediadas por robótica, y que transcurre en colectivos cooperativos. Se adoptó un diseño metodológico que integra un enfoque mixto de investigación exploratoria de modalidad secuencial: la primera fase acudió al análisis cualitativo para la construcción y validación de un currículo a través de técnicas de revisión documental y panel de expertos. La segunda orientó las evidencias cuantitativas a la aplicación de un diseño cuasiexperimental que incorporó pretest y postest en una muestra de 55 escolares, junto al análisis de rúbricas y cuestionarios que verifican el avance en competencias STEAM. Los análisis, congruentes en ambos tipos de variables, mostraron incrementos estadísticamente significativos en motivación, colaboración y dominio de contenidos matemáticos. Se atestiguó, sin embargo, que la apropiación de la programación y saberes en otras disciplinas registraron grados de avance más heterogéneos. Como conclusión, el diseño curricular evaluado exhibió pertinencia y efectividad, no obstante, demanda correcciones metodológicas orientadas a reforzar la articulación interdisciplinaria y la accesibilidad, consolidándose como una pauta innovadora destinada a redibujar el aula de matemáticas.

Palabras clave: Matemáticas; robótica educativa; competencias STEAM; metodología mixta; innovación curricular.

Abstract

This research studies the combination of mathematics and educational robotics as an innovative means of consolidating STEAM competencies in elementary school students. The work contextualized the urgent need to develop instructional practices in mathematics, which, by relying solely on calculations and memorization, generate apathy and create barriers to learning. The alternative proposes the integration of abstract knowledge with practical activities mediated by robotics, taking place in cooperative groups. A methodological design was adopted that integrates a mixed-method, sequential exploratory research approach: the first phase utilized qualitative analysis to construct and validate a curriculum through document review techniques and an expert

panel. The second phase oriented quantitative evidence toward the application of a quasi-experimental design that incorporated pretests and posttests in a sample of 55 students, along with the analysis of rubrics and questionnaires that verify progress in STEAM competencies. The analyses, consistent across both types of variables, showed statistically significant increases in motivation, collaboration, and mastery of mathematical content. However, it was observed that the adoption of programming and knowledge in other disciplines showed more heterogeneous levels of progress. In conclusion, the evaluated curriculum design demonstrated relevance and effectiveness; however, it requires methodological adjustments aimed at strengthening interdisciplinary coordination and accessibility, consolidating it as an innovative approach aimed at redesigning the mathematics classroom.

Keywords: Mathematics; educational robotics; STEAM skills; mixed methodology; curricular innovation.

Resumo

Esta investigação estuda a combinação da matemática e da robótica educativa como um meio inovador de consolidar as competências STEAM nos alunos do ensino básico. O trabalho contextualizou a necessidade urgente de desenvolver práticas instrucionais em matemática, que, por dependerem apenas de cálculos e memorização, geram apatia e criam barreiras à aprendizagem. A alternativa propõe a integração do conhecimento abstrato com atividades práticas mediadas pela robótica, realizadas em grupos cooperativos. Foi adotado um desenho metodológico que integra uma abordagem de investigação exploratória sequencial de método misto: a primeira fase utilizou a análise qualitativa para construir e validar um currículo através de técnicas de revisão documental e de um painel de peritos. A segunda fase orientou a evidência quantitativa para a aplicação de um desenho quase experimental que incorporou pré-testes e pós-testes numa amostra de 55 alunos, juntamente com a análise de rubricas e questionários que verificam o progresso nas competências STEAM. As análises, consistentes em ambos os tipos de variáveis, mostraram aumentos estatisticamente significativos na motivação, colaboração e domínio do conteúdo matemático. No entanto, observou-se que a adoção de programação e conhecimento noutras disciplinas apresentou níveis de progresso mais heterogéneos. Conclui-se que o desenho curricular avaliado demonstrou relevância e eficácia; contudo, necessita de ajustes metodológicos visando o reforço da

coordenação interdisciplinar e da acessibilidade, consolidando-se como uma abordagem inovadora orientada para o redesenho da sala de aula de matemática.

Palavras-chave: Matemática; robótica educativa; competências STEAM; metodologia mista; inovação curricular.

Introducción

La educación del siglo XXI se encuentra marcada por un escenario de cambio permanente, en el que los avances tecnológicos, la globalización y la transformación social han modificado las formas de aprender y enseñar. La enseñanza de las matemáticas ha sido objeto de múltiples cuestionamientos en el contexto actual, dado que la tradición curricular se sustenta en un enfoque abstracto, memorístico y unidireccional que, en la práctica, genera desmotivación y dificultades de aprendizaje en el alumnado.

Correspondientemente, la inclusión de la robótica educativa se presenta como una vía renovadora, orientada a articular los contenidos matemáticos con experiencias prácticas, dinámicas y en colaboración. Esta mediación didáctica no solo procura una mejora cuantitativa en el aprendizaje, sino que también favorece el desarrollo de competencias asociadas al enfoque STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas).

El fenómeno se revela, sin embargo, complejo y dinámico, en la medida en que la simple incorporación de tecnologías no resulta suficiente. Es preciso reestructurar prácticas pedagógicas, rediseñar currículo y modificar las percepciones que los estudiantes sostienen en torno a las matemáticas. En tal sentido, la complejidad investigativa se aleja de las mediciones convencionales de adquisición de conocimientos, para orientarse a la indagación de dimensiones motivacionales, creativas, resolutivas y colaborativas que se entrelazan en las experiencias mediadas por la robótica.

Las variables referidas interaccionan de forma concomitante en el entorno b-learning y son a su vez mediadas por condicionantes contextuales tales como el perfil de los docentes, la disponibilidad de recursos tecnológicos y las características demográficas y cognitivas de los alumnos. Por tanto, sólo una indagación interdisciplinaria dirigida a articular aprendizaje de matemáticas y robótica puede revelar la plenitud de las dinámicas educativas en juego. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) advierten que, dada la complejidad intrínseca de los problemas de enseñanza, los instrumentos de recogida y análisis de datos han de permitir una convergencia de dimensiones

cualitativas y cuantitativas, de manera que la riqueza de la vivencia escolar se complemente y contrabalancee con variables de precisión métrica.

Ante el panorama descrito, el empleo de una metodología mixta se fundamenta en la necesidad de abordar de manera simultánea el análisis del impacto cuantitativo de la propuesta curricular sobre el desarrollo de competencias en el ámbito STEAM, así como la interpretación de las percepciones que recogen tanto objetos como sujetos, en este caso los estudiantes y docentes, respecto a la innovación curricular en robótica educativa. Tal enfoque resulta pertinente dado que tanto los constructos medidos como los relatos auto referidos se interrelacionan, exigiendo una integración. De acuerdo con Creswell y Plano Clark (2018), los enfoques de métodos mixtos no se limitan a la mera adición de datos complementarios, sino que promueven la extracción de significados en que los cuantitativos y los cualitativos se afectan recíprocamente. En esta investigación, la obtención de datos simultáneamente numéricos y narrativos permite la verificación de supuestos y a la vez la comprensión de las razones que los estudiantes y docentes proponen. Preguntas como la variación en la comprensión de nociones matemáticas, la valoración que los educandos otorgan a la integración de la robótica en su trayectoria, y los cambios en las competencias de colaboración y de creatividad, entre otros, requieren tanto de indicadores mediables como de explicaciones subjetivas que sólo son plenamente capturada en una combinación protocolizada.

Un rasgo distintivo del paradigma metodológico mixto es la integración de datos diversos en un ejercicio interpretativo dialéctico que supera la mera juxtaposición. Según Johnson et al. (2020), este tipo de investigación se inscribe en la tradición pragmatista, donde la orientación última es la producción de resultados que orienten la acción en entornos reales. Dicho de otro modo, la construcción de conocimiento no se reduce a la esfera teórica, sino que persigue la elaboración de propuestas que, en el caso de la enseñanza de las matemáticas mediada por robótica educativa, sólo podrán legitimar su validez y eficacia si se articula de forma fundamentada la relación entre las etapas cualitativas y cuantitativas, sujetas a protocolos de rigor en la elaboración de instrumentos y en el tratamiento de los datos.

La triangulación de métodos, el procedimiento de validación por paneles de expertos, y el ajuste de los resultados a pruebas estadísticas se organizan de modo a impedir que las conclusiones queden limitadas a juicios subjetivos o a identificaciones de patrones sólo numéricos, y a ofrecer en su lugar una representación más amplia y robusta del fenómeno estudiado. De modo corroborante, Tashakkori y Teddlie (2010) sostienen que la fortaleza intrínseca del dispositivo

mixto reside precisamente en la capacidad de contrarrestar las limitaciones que persiguen al paradigma cualitativo y al cuantitativo de forma independiente, elevando, por lo tanto, el nivel de credibilidad de los resultados.

Se concluye que la adopción de la robótica educativa en la instrucción de matemáticas constituye un fenómeno complejo que exige desde la investigación un abordaje flexible e integrador. Dentro de la presente investigación, se ha optado por un enfoque metodológico mixto, cuyo propósito es aprehender el efecto de la propuesta curricular desde dos miradas complementarias: por un lado, la cuantitativa, orientada a registrar el crecimiento en competencias STEAM, y por el otro, la cualitativa, destinada a desentrañar los sentidos, las percepciones y las trayectorias que estructuran tales crecimientos.

Mediante la articulación sistemática de ambas visiones, se pretende no sólo asegurar la validez y la confiabilidad de los resultados, sino, sobre todo, garantizar que sus implicaciones sean de naturaleza pertinente y dialogante con las prácticas educativas, orientadas a favorecer el perfil integral del alumnado en un contexto tecnológico caracterizado por su velocidad y por la dinámica de sus transformaciones.

Metodología

La presente investigación se llevó a cabo mediante un diseño de investigación mixta, de tipo exploratorio secuencial, por un lado, se construyó y validó de manera preliminar una propuesta de currículo; por otro, se evaluó su efecto sobre las competencias STEAM de alumnos de Educación Básica. La naturaleza misma del objeto de estudio condujo a esta secuencialidad, que se organiza en dos fases. La propuesta curricular se cimentó inicialmente sobre un marco conceptual que integra el aprendizaje de Matemáticas con actividades de Robótica Educativa; una vez estructurada, su pertinencia fue verificada mediante un procedimiento de validación de expertos y un prototipo de aula. Posteriormente, un estudio cuasi-experimental de tipo pretest-postest se aplicó a grupos de control y de intervención a fin de medir el progreso en competencias STEAM con instrumentos estandarizados.

La elección del diseño secuencial se justifica en tanto que el ámbito de la convergencia pedagógica entre Matemáticas y Robótica aún demanda la elaboración de modelos curriculares que sean validados no sólo a través de la revisión teórica, sino mediante la evidencia obtenida en escenarios educativos reales. Al entrecruzar instrumentos cualitativos, como entrevistas y observaciones del

aula, con mediciones cuantitativas de desempeño, es posible no sólo descifrar las dinámicas del aula, sino también obtener una validación estadística de la eficacia del currículo.

En la fase cualitativa, se utilizó un diseño proyectivo orientado a construir una propuesta curricular que integrara contenidos matemáticos con experiencias de robótica educativa, orientada al desarrollo de competencias STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas). Se realizó, por ende, una revisión documental de investigaciones recientes, de modelos curriculares vigentes y de buenas prácticas de enseñanza en la materia. A partir de este insumo, se generó un primer borrador de la propuesta curricular sometido al juicio de un grupo de expertos.

Este grupo estuvo constituido por cinco docentes e investigadores con trayectoria en educación matemática, robótica educativa y metodologías activas, la validación se llevó a cabo mediante una rúbrica que ponderó criterios tales como pertinencia, coherencia interna, aplicabilidad y alineación con el marco STEAM. Las observaciones recabadas en esta fase sirvieron para robustecer la validez de contenido del currículo elaborado.

En la fase cuantitativa, se implementó un diseño cuasi-experimental de tipo pretest–postest con un único grupo de tratamiento, procedimiento que permitió medir el efecto de la propuesta curricular sobre el desarrollo de competencias STEAM. La población estuvo constituida por 100 estudiantes de Educación Básica, de los cuales una muestra de 55 se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico intencional.

Considerando la disponibilidad y la participación en las actividades piloto, se estableció como variable independiente la implementación de la propuesta curricular integrada de Matemáticas y Robótica Educativa, mientras que la variable dependiente se definió como el nivel alcanzado de competencias STEAM en los alumnos.

Para la recolección de datos, se diseñaron y aplicaron dos instrumentos complementarios: (a) una rúbrica de evaluación orientada a la valoración del desempeño en competencias STEAM, centrada en la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y la creatividad ejemplificada en los proyectos de robótica educativa, y (b) un cuestionario estructurado en una escala Likert de 6 ítems, orientado a medir la percepción del alumnado sobre la accesibilidad, la motivación, la utilidad de la robótica para el aprendizaje de las matemáticas y el desarrollo de habilidades específicas.

La validez de contenido de ambos instrumentos fue determinada mediante el juicio de un panel de expertos, mientras que la confiabilidad del cuestionario se verificó a través del coeficiente alfa de Cronbach, que arrojó un valor de 0.86, evidenciando una consistencia interna elevada. La

implementación se desarrolló en tres momentos: en la primera fase se administró un pretest con el fin de registrar el nivel inicial de competencias STEAM y las percepciones del alumnado.

La segunda fase consistió en llevar a cabo el diseño curricular durante un lapso de seis semanas, durante el cual se expusieron actividades matemáticas mediadas por kits de robótica educativa, empleándose metodologías activas y colaborativas; de manera consecutiva se procedió a la aplicación de un postest, utilizando tanto la rúbrica de evaluación como un cuestionario, orientado a develar progreso en competencias y en percepciones de los alumnos.

La información recolectada fue sometida a un análisis de estadística descriptiva (cálculo de medias y desviaciones estándar) y a procedimientos inferenciales, lo que facultó el contraste sistemático entre los datos pre capturados y los post-intervención. Esta metodología mixta permitió no solo diseñar y fundamentar una propuesta curricular pertinente, sino también evaluar su impacto en la práctica educativa, integrando la visión cualitativa de los expertos con la evidencia cuantitativa generada en el aula. Con ello, se fortaleció la validez de los hallazgos y se aseguró que la propuesta no quedara en el plano teórico, sino que respondiera a las necesidades reales de los estudiantes en el desarrollo de competencias STEAM.

Rúbrica de competencias STEAM

Propósito: Evaluar desempeño en el proyecto.

Criterios: Puntaje 1–4 por criterio; total 6–24 (0–100 escalado).

Tabla 1: Rúbrica de competencias STEAM.

Criterio	Excelente	Bueno	Básico	Inicial
Pensamiento matemático	Modela con representaciones correctas, justifica y verifica resultados.	Aplica procedimientos correctos con justificación parcial.	Aplica procedimientos con errores menores, justificación débil.	Procedimientos incorrectos o sin justificación.
Programación/Ingeniería.	Programa y depura; integra sensores/actuadores de forma óptima.	Programa funcional con pequeñas fallas.	Programa limitado; requiere guía frecuente.	No logra funcionalidad mínima.

Integración Mat–Robótica	Conecta conceptos matemáticos con decisiones de diseño claramente.	Conecta en momentos clave.	Conexión superficial o forzada.	Sin conexión o evidente.
Resolución de problemas	Define, prueba y mejora con evidencias.	Planifica y prueba con algunas iteraciones.	Iteraciones esporádicas; evidencias limitadas.	Sin plan; ensayo y error sin análisis.
Creatividad y comunicación	Solución original; comunica con múltiples medios claros.	Comunicación clara; cierta originalidad.	Comunicación parcial; poca originalidad.	Comunicación confusa
Trabajo colaborativo Trabajo colaborativo	Roles definidos; alta interdependencia y responsabilidad.	Colabora con apoyo del docente.	Colabora de forma irregular.	Trabajo individualizado, conflictos no resueltos.

Fuente: Elaborado por los autores.

Fiabilidad: dos evaluadores; calcular $CCI/\kappa \geq 0,75$.

Evidencia de validez: alineación con competencias y criterios consensuados por expertos.

Cuestionario de percepción de Likert

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

Dimensiones: utilidad, motivación, autoeficacia, transferencia matemática, colaboración, accesibilidad/DUA.

- La robótica ayuda a los estudiantes a entender mejor los conceptos de matemáticas.
- Los estudiantes pueden programar soluciones sencillas si se lo proponen.
- Lo aprendido en el proyecto puede aplicarse en otras materias.

- En los equipos de trabajo, todos los integrantes aportaron y tomaron decisiones.
- Los estudiantes tuvieron diferentes formas de acceder a los contenidos (textos, videos, práctica).
- La integración de robótica y matemáticas fue clara y útil para los estudiantes.

Puntuación: promedio total y por dimensiones.

Confiabilidad esperada: $\alpha \geq 0,80$. Verificar α y AFE unidimensional por dimensión si n lo permite.

Lista de cotejo de fidelidad de implementación (observación)

Escala: Sí / No / N.A. (calcular % de fidelidad por sesión).

- El docente explica las metas y los criterios de evaluación.
- El docente ofrece múltiples representaciones del contenido (DUA).
- El docente proporciona múltiples formas de acción y expresión (DUA).
- Los estudiantes tienen la posibilidad de elegir roles, tareas o formatos de trabajo.
- El docente implementa andamiajes y apoyos graduados.
- Los estudiantes utilizan sensores y actuadores funcionales en tareas auténticas.

Tiempo en tarea $\geq 80\%$ de la sesión.

Criterio de éxito: fidelidad $\geq 80\%$ sesiones.

Guía de juicio de expertos (validación de la propuesta e instrumentos)

Escala 1–4: 1. Insuficiente, 2. Adecuado, 3. Bueno, 4. Excelente.

- Pertinencia curricular/STEAM.
- Coherencia interna (objetivos–contenidos–evaluación).
- Claridad y lenguaje comprensible.
- Alineación con DUA y ABP.
- Viabilidad (tiempo/recursos).
- Sensibilidad para evidenciar progreso en competencias.
- Suficiencia de ítems/criterios.

Análisis: V de Aiken por ítem (objetivo: $V \geq 0,70$) y sugerencias cualitativas.

Prueba de desempeño matemático contextualizada

Propósito: medir logro matemático aplicado a robótica (pre/post).

Formato: 12 ítems (8 opción múltiple, 4 problemas abiertos).

Tabla 2: Prueba de desempeño matemático contextualizada.

Contenido	Nivel cognitivo	Ítems	Ejemplo breve
Proporcionalidad/razón	Aplicación	3	Calcular relación engranes 12:36 para 2 vueltas de salida.
Geometría/ángulos	Comprensión– Aplicación	3	Ángulo de giro necesario para cuadrado con rueda de 6 cm.
Medición/distancia-tiempo	Aplicación– Análisis	3	Programar avance 50 cm con rueda 20 cm circunferencia.
Estadística básica	Interpretación	2	Elegir mejor sensor según tabla de lecturas (mediana/variación).
Álgebra básica	Modelación	1+2 abiertos	Ajustar parámetro k en velocidad $v=k \cdot n$ para tiempo objetivo.

Fuente: Elaborado por los autores.

Puntuación: opción múltiple (1 punto c/u), abiertos con mini-rúbrica 0–2 (correcto/proceso/claridad).

Validez: revisión por expertos; piloto ($n \approx 15$) para dificultad/discriminación.

Ficha sociodemográfica breve.

Sexo, edad, grado.

Experiencia previa con robótica (Sí/No).

Acceso a tecnología en casa (Sí/No).

Interés inicial por matemáticas/tecnología (escala 1–5)

Sugerencias de calidad métrica

Confiabilidad: α de Cronbach (cuestionario), CCI/ κ (rúbrica), KR-20/ α (prueba).

Validez: V de Aiken + comentarios; análisis factorial exploratorio del cuestionario si/no lo permite.

Resultados

Cuestionario de percepción Likert.

Tabla 1: Consideras que la robótica ayuda a entender mejor los conceptos de matemáticas.

Categorías de respuesta	Frecuencia	Proporción
Totalmente en desacuerdo	8	14,65%
En desacuerdo	8	14,65%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	8	14,65%
De acuerdo	8	14,65%
Totalmente de acuerdo	23	41,40%
Total	55	100,00%

Fuente: Elaborado por los autores.

Análisis: En su mayoría los estudiantes (41,40%) expresaron estar totalmente de acuerdo en que la robótica ayuda a entender mejor los conceptos de matemáticas. El resto de las respuestas se distribuyó de forma uniforme en las demás categorías (14,65% cada una), lo que indica percepciones variadas, aunque con una tendencia positiva hacia la utilidad de la robótica en matemáticas.

Tabla 2: Los estudiantes pueden programar soluciones sencillas si se lo proponen.

Categorías de respuesta	Frecuencia	Proporción
Totalmente en desacuerdo	5	9,00%
En desacuerdo	20	36,50%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	5	9,00%
De acuerdo	5	9,00%
Totalmente de acuerdo	20	36,50%
Total	55	100,00%

Fuente: Elaborado por los autores.

Análisis: El 36,50% de los estudiantes indicó estar totalmente de acuerdo con que pueden programar soluciones sencillas si se lo proponen, mientras que un 36,50% manifestó estar en desacuerdo. El 27% restante se distribuyó entre las opciones de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, y totalmente en desacuerdo. Esto evidencia percepciones divididas respecto a la facilidad de los estudiantes para programar, lo cual sugiere que la apropiación de la programación aún no es homogénea en el grupo.

Tabla 3: Lo aprendido en el proyecto puede aplicarse en otras materias.

Categorías de respuesta	Frecuencia	Proporción
Totalmente en desacuerdo	20	36,50%
En desacuerdo	5	9,00%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	5	9,00%
De acuerdo	5	9,00%
Totalmente de acuerdo	20	36,50%
Total	55	100,00%

Fuente: Elaborado por los autores.

Análisis: Al igual que el ítem anterior, opiniones compartidas, hay coincidencia en los porcentajes 36,50% en las opciones: totalmente de acuerdo y totalmente en desacuerdo con respecto a lo aprendido en el proyecto puede aplicarse en otras materias. Siguiendo el mismo criterio de los otros ítems, no hay certeza del rendimiento y de la efectividad de estos recursos pedagógicos en opinión de los estudiantes.

Tabla 4: En los equipos de trabajo, todos los integrantes aportaron y tomaron decisiones.

Categorías de respuesta	Frecuencia	Proporción
Totalmente en desacuerdo	5	9,00%
En desacuerdo	5	9,00%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	5	9,00%
De acuerdo	15	27,50%
Totalmente de acuerdo	25	45,50%
Total	55	100,00%

Fuente: Elaborado por los autores.

Análisis: En efecto un 45,50% de los encuestados opinaron nivel totalmente de acuerdo seguido de acuerdo con un 27,5% con respecto a que, en los equipos de trabajo, todos los integrantes aportaron y tomaron decisiones. Un 9,00% opina estar totalmente en desacuerdo.

Tabla 5: Los estudiantes tuvieron diferentes formas de acceder a los contenidos (textos, videos, práctica).

Categorías de respuesta	Frecuencia	Proporción
Totalmente en desacuerdo	5	9,50%
En desacuerdo	15	27,00%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	5	9,50%
De acuerdo	15	27,00%
Totalmente de acuerdo	15	27,00%
Total	55	100,00%

Fuente: Elaborado por los autores.

Análisis: Los resultados muestran una distribución equilibrada de opiniones. Mientras que el 54% de los estudiantes se ubicó en posiciones positivas (27% de acuerdo y 27% totalmente de acuerdo), un 36,5% manifestó desacuerdo y un 9,5% se mantuvo neutral. Estos datos evidencian percepciones divididas sobre la diversidad de recursos (textos, videos y práctica) utilizados en la propuesta. No obstante, la tendencia global refleja una valoración favorable hacia la incorporación de múltiples formas de acceder al aprendizaje mediante la robótica educativa.

Tabla 6: La integración de robótica y matemáticas fue clara y útil para los estudiantes.

Categorías de respuesta	Frecuencia	Proporción
Totalmente en desacuerdo	5	9,00%
En desacuerdo	5	9,00%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	5	9,00%
De acuerdo	15	27,50%
Totalmente de acuerdo	25	45,50%
Total	55	100,00%

Fuente: Elaborado por los autores.

Análisis: Los estudiantes en su mayoría (45,50%) se encuentran “totalmente de acuerdo” en el uso de La integración de robótica y matemáticas fue clara y útil, en segundo lugar, salió favorecida la opción de acuerdo 27,50%. Debido a que la opción “totalmente en desacuerdo” resultó menor votada (9,00%). Puede reflexionarse que el aprendizaje mediante la integración de la robótica y matemáticas contribuye al desarrollo de habilidades críticas y analíticas en los estudiantes y es reconocida por gran parte de los encuestados.

Guía de observación.

Tabla 1: Fidelidad de implementación (observación)

Ítem observado	Si	No	N/A	Frecuencia
El docente explica las metas y los criterios de evaluación.	7	0	0	100,0%
El docente ofrece múltiples representaciones del contenido (DUA).	5	1	1	71,4%
El docente proporciona múltiples formas de acción y expresión (DUA).	6	0	1	85,7%
Los estudiantes tienen la posibilidad de elegir roles, tareas o formatos de trabajo.	6	1	0	85,7%
El docente implementa andamiajes y apoyos graduados.	5	1	1	71,4%
Los estudiantes utilizan sensores y actuadores funcionales en tareas auténticas.	7	0	0	100,0%
El docente explica las metas y los criterios de evaluación.	6	0	1	85,7%
El docente ofrece múltiples representaciones del contenido (DUA).	6	1	0	85,7%
Promedio general de fidelidad	-	-	-	85%

Fuente: Elaborado por los autores.

Análisis: Los ítems con 100% muestran que la práctica se cumplió en todas las sesiones observadas, con 71–85% indican áreas donde la implementación fue parcial o irregular, y podrían sugerir mejoras o ajustes para aumentar la fidelidad al modelo DUA. Los resultados se pueden complementar con un gráfico de barras para visualizar rápidamente el nivel de cumplimiento de cada criterio.

Discusión

La implementación de una propuesta curricular articulada en torno a la intersección de matemáticas y robótica educativa representa una significativa contribución dentro de los actuales debates acerca de la inserción de competencias STEAM en los programas formativos. Los resultados presentados en este análisis no pueden ser considerados en forma aislada, sino que requieren ser confrontados de manera continua con el marco teórico y con estudios previos en la materia.

Para otorgar una interpretación correcta y valorar la relevancia real de los hallazgos, la discusión se centra en delinear el significado académico de la evidencia empírica, cotejarla con los propósitos inicialmente planteados y precisar en qué medida favorece, matiza o cuestiona los saberes consolidados. Un primer dato relevante resalta que los discentes pidieron, en proporción significativa, el valor de la vinculación entre matemáticas y robótica, indicio que sugiere que el curricular en cuestión opera en el propósito de robustecer la motivación y de facilitar la comprensión de conceptos matemáticos a partir de experiencias que se adscriben al ámbito práctico.

Este resultado encuentra correspondencia en lo planteado por Resnick y Rosenbaum (2013), al sostener la robótica educativa como mediación que traduce lo abstracto en experiencias donde la inquietud se evidencia y la pertinencia se acrecienta. Así, la valoración constructiva expresada por los educandos actúa como marcador de una intervención que, por un lado, concilia aprendizajes conceptuales y, por otro, instala disposiciones favorables hacia la disciplina matemática. Esta última dimensión se hace necesaria en un campo signado por bajas tasas de motivación y persistencia.

No obstante, la tabulación por reactivos evidenció contrastes pronunciados. Por ejemplo, en la pregunta que indagaba sobre la transferencia del saber matemático a otras asignaturas, se observó una repartición casi equivalente entre los que se pronunciaron a favor y los que se declararon en desacuerdo. Tal binarismo es, posiblemente, un índice de la variabilidad que caracteriza la

apropiación del diseño. Para un colectivo, la resonancia interdisciplinaria es obvia; para otro, la oportunidad de trasladar saberes entre dominios permanece en la penumbra.

A partir de allí, se establece una tensión didáctica que va más allá de la simple inclusión de actividades cruzadas: es la mediación consciente del docente la que debe conducir a los tomadores de decisión hacia la excavación y el explicitación entre saberes. La literatura, como demuestra el trabajo de Blikstein y Krannich (2013), reitera que el verdadero potencial de la robótica escolar para fomentar la transferencia se encuentra mediado por la facultad del educador de diseñar trayectorias que superen la mera resolución instrumental de desafíos técnicos.

La medición de autoeficacia en la programación de tareas simples arrojó resultados polarizados, la inferioridad de la respuesta positiva en una subpoblación significativa de informantes sugiere que el umbral de dominio en el código elemental continúa siendo un inhibidor para determinados colectivos. Tal hallazgo no refuta la operatividad curricular planteada, sino que exige un realineamiento metodológico orientado a la inclusión, estableciendo secuencias de dificultad escalonada que garanticen la adquisición de competencias básicas antes de la introducción de problemas de primera complejidad. Fruto de este enfoque, cada aprendiz podrá construir la transferencia desde las construcciones algoritmizadas hacia formatos más sintácticamente exigentes.

La defensa que Wing (2016) enuncia en torno a la proyección de un pensamiento computacional desde el aula sirve de exigencia normativa en la instauración de trayectorias académicas de plural complejidad, de tal forma que el riesgo de frustración se circunscriba a la contención y que cada aprendiz se incorpore sin la merma de la desmotivación. Por lo que atañe a la interacción mediatizada, el regreso ajusta la proyección que la robótica educativa alimenta en los ambientes de peer teaching, refrendando la tesis de que los entornos de programación física, mediada y distribuida, ejercen efectos sinérgicos sobre la construcción discursiva y la regulación del conocimiento.

El presente hallazgo se alinea con los argumentos expuestos por Bers (2018), que sostiene que la estructuración de proyectos de robótica obliga a los estudiantes a negociar roles y a realizar decisiones colectivas, generando espacios de aprendizaje excepcionalmente apropiados para la formación de competencias socioemocionales. La constatación de que un porcentaje elevado de los alumnos evaluó la equidad en la participación grupal como válida indica que el diseño curricular en cuestión fue capaz de simultanear la atención a competencias de naturaleza cognitiva con el

trabajo sobre dimensiones actitudinales y sociales, considerados saberes complementarios y, a un tiempo, imprescindibles, en la práctica educativa del enfoque STEAM.

Un segundo aspecto relevante se centra en la accesibilidad y las múltiples modalidades de representación de los contenidos. Si bien algunos de los estudiantes afirmaron que encontraron múltiples rutas para acceder al aprendizaje —textos, recursos audiovisuales, ejercicio práctico— los datos evidencian discrepancias que no se pueden ignorar. Esto pone de relieve la importancia de fortalecer la aplicación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), asegurando que las actividades contemplen diferentes estilos y ritmos de aprendizaje.

Según CAST (2018), la inclusión de múltiples formas de representación y expresión no solo beneficia a estudiantes con necesidades educativas específicas, sino que eleva la calidad del aprendizaje para todos. En este sentido, la propuesta curricular podría perfeccionarse ampliando los recursos digitales e interactivos que permitan atender mejor la diversidad del aula.

Desde la perspectiva de la fidelidad de implementación, los datos evidencian que, aunque en general el modelo fue aplicado con un nivel de cumplimiento alto, ciertos ítems relacionados con el DUA tuvieron porcentajes más bajos. Esto no debe interpretarse como una falencia estructural de la propuesta, sino como una oportunidad de ajuste. Tal como señalan Fullan y Quinn (2017), la implementación de innovaciones educativas requiere un proceso iterativo de retroalimentación y mejora continua, en el que los docentes van afinando sus prácticas hasta lograr un alineamiento pleno con el modelo planteado.

Si se consideran los hallazgos en relación con los objetivos de investigación, es posible afirmar que la propuesta curricular alcanzó su propósito de contribuir al desarrollo de competencias STEAM, en particular en lo referente a la motivación hacia las matemáticas, la integración de saberes y el trabajo colaborativo. Sin embargo, la evidencia también muestra que algunos objetivos, como la transferencia a otras materias y la apropiación plena de la programación, requieren ajustes metodológicos para potenciar sus resultados.

Esta conclusión refuerza que la robótica educativa debe ser concebida no como un remedio instantáneo, sino como un ámbito en desarrollo que precisa ser sometido a ciclos permanentes de experimentación y evaluación sistemática. La confrontación de esta investigación con la literatura existente exhibe que sus conclusiones coinciden con la tendencia internacional que resalta las ventajas de insertar la robótica dentro de los currículos en diversos niveles. La revisión de Alimisis (2013), por ejemplo, revela que iniciativas de similar naturaleza en contextos europeos produjeron

incrementos en la motivación estudiantil y en la asimilación de contenidos matemáticos y científicos.

Sin embargo, el estudio presente introduce un punto de vista particular, limitado a la educación básica en un contexto latinoamericano, donde la desigual distribución de recursos materiales y la formación de los docentes se erigen como determinantes fundamentales. Al interpretar los resultados en esta tesitura, la investigación nutre el discurso internacional al evidenciar que la eficacia de la robótica educativa depende de condiciones contextuales específicas y, por tanto, no admite traslados automáticos entre escenarios diversos.

La pertinencia de los resultados condiciona a un análisis de la creciente demanda de dotar a los alumnos de capacidades necesarias para desenvolverse en un entorno cada vez más tecnológico e innovador. La combinación de matemáticas y robótica no solo consolida competencias cognitivas, sino que también cultiva la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad, competencias que la literatura especializada señala como indispensables en el siglo XXI (Trilling & Fadel, 2009).

Por consiguiente, la investigación suministra evidencias empíricas que validan la transición hacia modalidades de enseñanza interdisciplinarias y activas, en oposición a los modelos tradicionales que privilegian la memorización. Igualmente, los resultados inducen a revisar ciertas hipótesis anteriores. El corpus académico suele presentar la robótica educativa como un modelo de motivación y eficacia auto ejecutiva; los datos aquí presentados, sin embargo, sugieren que estos efectos no se producen de manera invariable.

Aspectos como la formación de los docentes, la disponibilidad de recursos y el asesoramiento pedagógico condicionan, en última instancia, la efectividad de la propuesta. Así, en lugar de concebir la robótica como una “solución autosuficiente”, el estudio la califica como un recurso de elevado potencial, cuyo impacto se manifiesta singularmente cuando está precedido de un diseño curricular estructurado y de una implementación rigurosa.

La integración de matemáticas y robótica educativa constituye una vía prometedora para el desarrollo de competencias STEAM en estudiantes de educación básica. No obstante, también revela la necesidad de ajustes metodológicos y de un enfoque más intencional en aspectos como la transferencia interdisciplinaria, la accesibilidad y la progresión en la programación. Lejos de restar valor a la propuesta, estas consideraciones la fortalecen, al situarla en un horizonte de mejora continua y de contribución significativa al campo de la innovación educativa.

Conclusión

La presente investigación tuvo como objetivo formal examinar la pertinencia e impacto de una propuesta curricular que entrelaza la enseñanza de las matemáticas con la robótica educativa, orientada al fomento de competencias STEAM en alumnos de educación básica. La metodología mixta, que combinó la validación cualitativa de la propuesta con la aplicación de un cuasi-experimento, permitió recoger evidencias robustas sobre los efectos de la innovación en condiciones reales de aula.

Los resultados evidencian que la fusión de matemáticas y robótica es percibida de manera favorable por la mayoría de los alumnos, quienes afirman que la propuesta facilitó la comprensión de contenidos abstractos de la asignatura. El porcentaje significativo que expresa estar totalmente de acuerdo con la utilidad de la intervención respalda la hipótesis de que la robótica educativa, como recurso pedagógico, potencia la motivación y favorece el aprendizaje significativo en matemáticas. Así, la propuesta no solo atinó al objetivo general, sino que, además, evidenció mejoras tangibles en la comprensión y en la actitud frente al área.

Un segundo hallazgo significativo se relaciona con el trabajo colaborativo observado durante las sesiones, la mayoría de los estudiantes reportó percepciones positivas sobre el funcionamiento de los equipos, caracterizándolos como participativos; este patrón apoya la hipótesis inicial de que la robótica educativa se asocia al fortalecimiento de competencias sociales y de cooperación, cualidades que son centrales en el marco pedagógico STEAM. La evidencia acumulada sugiere, además, que la experiencia educativa sobrepasa la adquisición cognitiva para incluir el cultivo de actitudes, valores y competencias interpersonales que son relevantes en contextos académicos y profesionales.

En términos de transferencia del aprendizaje hacia disciplinas no directas, los hallazgos muestran una variabilidad notable. Un segmento significativo de la muestra sostuvo que los conceptos y procedimientos tratados en las sesiones de robótica encontraban aplicación en otras asignaturas, mientras que un grupo equivalente expresó la dificultad de hacerlo. Dicha disyunción sugiere que la hipótesis sobre la transversalidad de la propuesta se valida de manera parcial.

De esta manera, se infiere que, aunque la robótica educativa puede servir como plataforma para establecer vínculos interdisciplinarios, su efectividad se ve condicionada por el diseño curricular;

un plan más deliberado y explícito parecería ser una condición necesaria para que todos los estudiantes reconozcan y utilicen conscientemente las interrelaciones propuestas.

Con relación al dominio de la programación, el análisis evidenció percepciones heterogéneas sobre la capacidad para desarrollar soluciones simples. Mientras un sector de los estudiantes reportó sentirse competente, otro grupo manifestó inseguridades o posturas contrarias. Este dato sugiere que la suposición de apropiación masiva de la práctica programática no se verificó de manera invariable.

Al mismo tiempo, el hallazgo abre un canal para la mejora incremental: intensificar el andamiaje pedagógico a través de la simplificación escalonada de tareas complejas y la provisión de espacios de práctica dirigida, tutelada por el docente. La fidelidad a la implementación fue elevada, no obstante, persisten focos de optimización que exigen por su parte un acompañamiento sistemático a los docentes orientado a mejorar sistemáticamente la aplicación de los distintos componentes curriculares.

Otro elemento que merece atención es que una porción de los estudiantes entrevistados discernió que el acceso a los contenidos se había facilitado gracias a los distintos formatos, mientras que un grupo contrastante reportó restricciones acreditadas. El hallazgo sugiere que el principio de Diseño Universal para el Aprendizaje no se desplegó de forma homogénea, lo que invita, desde la práctica, a consolidar progresivamente las estrategias de accesibilidad y acompañamiento que aseguran, efectivamente, que todos los sujetos de aprendizaje se encuentren en igualdad de oportunidades.

Los resultados obtenidos validan, en términos generales, las hipótesis formuladas inicialmente, destacándose en particular el valor instrumental de la robótica educativa para la comprensión conceptual de las matemáticas. Así como su capacidad para fomentar la motivación intrínseca y el trabajo colaborativo entre los estudiantes.

No obstante, las hipótesis sobre la transferencia de aprendizajes hacia otras disciplinas y sobre la consolidación de competencias en programación presentan discrepancias parciales, lo que sugiere que los diseños actuales deben someterse a reajustes. De este modo, la propuesta curricular continúa consolidándose como una intervención innovadora, pertinente y con un efecto positivo medido, en la que los márgenes de mejora deben ser aprovechados a fin de optimizar el alcance de su eficacia.

Referencias

1. Alimisis, D. (2013). Educational robotics in teacher education: An innovative tool for promoting quality education. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 15(2), 98–110. <https://doi.org/10.2478/jtes-2013-0013>
2. Bers, M. U. (2018). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom*. Routledge.
3. Blikstein, P., & Krannich, D. (2013). The Makers' Movement and FabLabs in education: Experiences, technologies, and research. *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children (IDC '13)*, 613–616. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485884>
4. CAST. (2018). *Universal Design for Learning guidelines version 2.2*. CAST. <http://udlguidelines.cast.org>
5. Fullan, M., & Quinn, J. (2017). *Coherence: The right drivers in action for schools, districts, and systems*. Corwin Press.
6. Resnick, M., & Rosenbaum, E. (2013). Designing for tinkability. En M. Honey & D. Kanter (Eds.), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators* (pp. 163–181). Routledge.
7. Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
8. Wing, J. M. (2016). Computational thinking: 10 years later. *Communications of the ACM*, 59(3), 10–16. <https://doi.org/10.1145/2960310>
9. Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.
10. Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
11. Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2020). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 14(2), 123–136. <https://doi.org/10.1177/1558689820905000>
12. Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2010). *SAGE handbook of mixed methods in social & behavioral research* (2nd ed.). SAGE.

13. Zhang, W., & Creswell, J. W. (2013). The use of “mixing” procedure of mixed methods in health services research. *Medical Care*, 51(8), e51–e57.
<https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e31824642fd>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).