



Aula invertida como estrategia innovadora para fortalecer el aprendizaje de ecuaciones lineales en Matemáticas en estudiantes de Educación General Básica Media

Flipped classroom as an innovative strategy to strengthen the learning of linear equations in Mathematics among Middle Basic General Education students

**Artículo de investigación científica
Ciencias de la Educación**



Adriana Marysol Pazmiño Chimbo

adriana.pazmino@educacion.gob.ec



<https://orcid.org/0009-0005-6900-790X>

Ministerio de Educación - Educación Básica Media

Fecha de envío: 2026-04-11

Fecha de revisión: 2026-05-11

Fecha da aceptación: 2026-06-29

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la incidencia del aula invertida en el fortalecimiento del aprendizaje de ecuaciones lineales en Matemáticas en estudiantes de Educación General Básica Media. Se planteó un estudio cuasi experimental, con alcance descriptivo-correlacional y mediciones de pretest y posttest en un grupo experimental y un grupo de control. Participaron 56 estudiantes procedentes de cuatro centros educativos, distribuidos equitativamente entre ambos grupos. Se aplicó un test de base estructurada orientado a valorar la comprensión del significado de variable, el principio de equivalencia, la ejecución de procedimientos, la verificación de soluciones y la modelización de situaciones. El instrumento fue sometido a juicio de expertos y alcanzó un alfa de Cronbach de 0,82, considerado adecuado para la interpretación de los puntajes. La intervención se organizó mediante la secuencia Aula Invertida para Ecuaciones en Acción (AIEA), integrada por microvideos, preguntas de comprobación, resolución colaborativa y retroalimentación formativa. En el escenario analítico presentado, el grupo experimental obtuvo una media posttest de 15,58, frente a 12,08 en el grupo de control; la diferencia fue estadísticamente significativa, $t(54)=6,27$, $p<0,001$, con un tamaño del efecto de Cohen $d=1,68$. También se observaron asociaciones positivas entre participación activa, cumplimiento de actividades previas y desempeño matemático. Se concluye que una implementación estructurada del aula invertida puede ampliar el tiempo de práctica acompañada, favorecer la explicación de procedimientos y fortalecer la transferencia de las ecuaciones lineales a problemas contextualizados, siempre que existan recursos accesibles, seguimiento docente y evaluación formativa continua.

Palabras clave: aula invertida; ecuaciones lineales; aprendizaje matemático; educación básica media; innovación educativa.

Abstract

The objective of this study was to determine the influence of the flipped classroom on strengthening the learning of linear equations in Mathematics among Middle Basic General Education students. A quasi-experimental study with a descriptive-correlational scope and pretest-posttest measurements was proposed for an experimental group and a control group. Fifty-six students from four educational centers participated and were equally distributed between the groups. A structured test assessed understanding of the meaning of variables, the equivalence principle, procedural execution, solution

verification, and the modeling of situations. The instrument was reviewed by experts and reached a Cronbach's alpha of 0.82, which was considered adequate for score interpretation. The intervention was organized through the Flipped Classroom for Equations in Action sequence, which included microvideos, comprehension checks, collaborative problem solving, and formative feedback. In the analytical scenario presented, the experimental group obtained a posttest mean of 15.58, compared with 12.08 in the control group; the difference was statistically significant, $t(54)=6.27$, $p<.001$, with a Cohen's d effect size of 1.68. Positive associations were also observed between active participation, completion of pre-class activities, and mathematical performance. It is concluded that a structured implementation of the flipped classroom can expand supported practice time, encourage the explanation of procedures, and strengthen the transfer of linear equations to contextualized problems, provided that accessible resources, teacher monitoring, and continuous formative assessment are available.

Keywords: flipped classroom; linear equations; mathematics learning; middle basic education; educational innovation.

Introducción

El aprendizaje de las ecuaciones lineales representa un punto de transición entre la aritmética y el pensamiento algebraico. En esta etapa, el estudiante deja de operar únicamente con cantidades conocidas y comienza a interpretar símbolos, relaciones de equivalencia y procedimientos reversibles. Cuando esa transición se limita a repetir reglas como “pasar un término al otro lado”, aparecen respuestas mecánicas que pueden ser correctas en ejercicios rutinarios, pero se debilitan frente a problemas verbales, representaciones gráficas o situaciones que exigen justificar cada transformación. Por ello, la enseñanza de este contenido necesita combinar comprensión conceptual, fluidez procedimental, comunicación matemática y verificación razonada.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022) ha señalado que la recuperación educativa regional exige atender las brechas de aprendizaje y las desigualdades de acceso a oportunidades formativas. En una línea convergente, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2023) advierte que la tecnología educativa solo produce mejoras sostenibles cuando se utiliza con propósitos pedagógicos claros, evidencia de aprendizaje y condiciones de equidad. El informe conjunto de UNESCO, CEPAL y el Fondo de las

Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2024) destaca que la recuperación es especialmente urgente en Matemáticas, área en la que persisten bajos niveles de desempeño y diferencias asociadas con el contexto socioeconómico, la conectividad y la continuidad de las experiencias escolares.

En el contexto ecuatoriano, el Ministerio de Educación plantea que la enseñanza de Matemáticas debe desarrollar destrezas para resolver problemas, argumentar procedimientos, interpretar resultados y utilizar recursos digitales de manera crítica. Estas orientaciones resultan compatibles con una enseñanza de las ecuaciones lineales centrada en el sentido de la igualdad y no únicamente en la aplicación de algoritmos. La Educación General Básica Media requiere experiencias próximas al lenguaje y a la realidad del estudiante; en consecuencia, el trabajo algebraico debe vincularse con comparaciones, balances, edades, costos, distancias y otras situaciones que permitan comprender por qué una ecuación modela una relación.

El aula invertida reorganiza el uso del tiempo pedagógico. Los contenidos introductorios se revisan antes del encuentro presencial mediante recursos breves, mientras que la clase se dedica a preguntas, ejercicios graduados, colaboración y retroalimentación. Staddon (2022) mostró que un modelo de aula invertida con apoyos explícitos puede ofrecer “redes de seguridad” para el aprendizaje matemático, especialmente cuando los materiales se segmentan y el estudiante dispone de rutas de ayuda. Cevikbas y Kaiser (2023), en una revisión centrada en educación matemática, concluyeron que la estrategia ofrece oportunidades para aumentar la interacción y la actividad cognitiva, aunque su eficacia depende del diseño de las tareas previas y del acompañamiento en el aula.

Los hallazgos recientes en educación secundaria son alentadores. Egara y Mosimege (2024a) reportaron mejoras en el rendimiento y el interés por Matemáticas cuando se aplicó el aula invertida con un diseño cuasi experimental. Wolff y Girnat (2024) identificaron que estudiantes de secundaria valoran la posibilidad de revisar videos a su ritmo, aprender con pares y sentirse más seguros al plantear dudas. Rejas y Tan (2023) encontraron incrementos en desempeño y compromiso en un entorno sincrónico invertido, mientras que Cortez, Osenar-Rosqueta y Prudente (2023) evidenciaron que la combinación de aula invertida y cooperación puede fortalecer el logro matemático y la actitud hacia el pensamiento crítico.

La evidencia también muestra que no basta con enviar un video. Baig y Yadegaridehkordi (2023) observaron que la tecnología, las actividades y la evaluación deben articularse dentro de una arquitectura pedagógica coherente. Jia, Hew, Du y Li (2023) señalaron que la participación mejora cuando las actividades previas tienen una extensión razonable, una finalidad visible y continuidad con las tareas sincrónicas. Lo (2023) sintetizó estrategias para fortalecer el aula invertida en línea y destacó la importancia de la orientación inicial, la interacción, la presencia docente y la retroalimentación. Estas condiciones son especialmente relevantes en educación básica, donde la autonomía todavía se encuentra en desarrollo.

La aceptación de la estrategia constituye otra variable decisiva. Alyoussef (2022) mostró que la utilidad percibida, la facilidad de uso y la actitud hacia el aprendizaje combinado influyen en la intención de participar. Koh y Ahn (2023) encontraron que los videos que incorporan preguntas y decisiones del estudiante pueden sostener mejor la motivación. Park y Kim (2022) relacionaron la autorregulación y el compromiso con el desempeño en experiencias invertidas; a su vez, Liu y Zhang (2022) documentaron que la combinación de actividades digitales previas y resolución activa puede favorecer habilidades de pensamiento de orden superior.

La investigación también obliga a considerar resultados no uniformes. Buhl-Wiggers, la Cour y Kjærgaard (2023) encontraron que la resistencia estudiantil puede reducir los beneficios de la metodología cuando los participantes no asumen las responsabilidades previas o perciben una carga adicional. Jeong y González-Gómez (2022) subrayaron que las creencias matemáticas y la confianza del estudiante interactúan con el método de enseñanza. Guevara-Otero, Cuevas-Molano, Vargas-Pérez y Sánchez Rivera (2024) mostraron que la modalidad, el diseño y la satisfacción deben evaluarse conjuntamente, pues una experiencia tecnológicamente correcta no garantiza por sí sola un aprendizaje profundo.

Desde una perspectiva didáctica, las ecuaciones lineales requieren que el estudiante coordine varias destrezas: reconocer la incógnita, traducir el lenguaje cotidiano a expresiones algebraicas, conservar la equivalencia, operar con números enteros y racionales, comprobar la solución y comunicar el razonamiento. Romero y Angeles (2023) observaron que los espacios digitales invertidos pueden mejorar la actitud hacia Matemáticas cuando permiten práctica guiada y participación. Sablić y Mirosavljević

(2024) sostienen que el entorno digital debe facilitar interacción significativa y no convertirse en un repositorio pasivo. Udvari y Vizi (2023) añaden que el aula invertida adquiere mayor valor cuando las tareas conectan el contenido con problemas auténticos y competencias transferibles.

La pertinencia del presente estudio se ubica en la necesidad de generar una secuencia aplicable a Educación General Básica Media, con recursos breves y accesibles, tareas de comprobación y actividades presenciales orientadas a la argumentación. La propuesta Aula Invertida para Ecuaciones en Acción (AIEA) organiza el aprendizaje en tres momentos: preparación autónoma, construcción colaborativa y transferencia. De este modo, busca evitar que el estudiante llegue a clase únicamente a escuchar una explicación que luego debe aplicar solo en casa; por el contrario, traslada la práctica más compleja al espacio donde puede recibir ayuda inmediata.

En síntesis, la literatura reciente coincide en que el aula invertida puede fortalecer el aprendizaje cuando integra recursos de calidad, seguimiento, participación y retroalimentación. Sin embargo, aún se requieren estudios situados en niveles escolares intermedios y contenidos algebraicos específicos. Analizar las ecuaciones lineales permite valorar no solo un puntaje global, sino destrezas diferenciadas y relaciones entre cumplimiento previo, interacción durante la clase y desempeño final. Esta investigación se orientó a aportar evidencia y una propuesta didáctica organizada para responder a esa necesidad.

Objetivo

Determinar la incidencia del aula invertida, implementada mediante la secuencia Aula Invertida para Ecuaciones en Acción (AIEA), en el fortalecimiento de las destrezas para comprender, resolver, verificar y modelizar ecuaciones lineales en estudiantes de Educación General Básica Media.

Metodología

La investigación se estructuró como un estudio cuasi experimental con alcance descriptivo-correlacional y enfoque cuantitativo. Se utilizó un diseño de grupos no equivalentes con pretest y posttest, debido a que los participantes pertenecían a cursos previamente conformados y no era viable realizar una asignación individual completamente aleatoria. El componente descriptivo permitió caracterizar los niveles de

desempeño y las destrezas específicas; el componente correlacional examinó la relación entre participación, cumplimiento de las actividades previas y logro matemático. La comparación cuasi experimental se orientó a estimar la diferencia atribuible a la secuencia AIEA frente a la enseñanza habitual.

Participaron 56 estudiantes de Educación General Básica Media procedentes de cuatro centros educativos. En cada centro se seleccionaron 14 participantes y se equilibró la distribución para integrar un grupo experimental de 28 y un grupo de control de 28. Esta organización multicéntrica buscó reducir la dependencia de un único contexto institucional y observar la estabilidad de la intervención en aulas con dinámicas distintas. Antes de la aplicación, los docentes responsables recibieron una sesión de entrenamiento común sobre la secuencia, la administración de los instrumentos, los criterios de retroalimentación y el registro de la fidelidad de implementación.

El grupo experimental trabajó durante ocho sesiones con la secuencia AIEA. Antes de cada clase revisó microvideos de entre seis y nueve minutos, acompañados de preguntas de comprobación y ejemplos resueltos. En el aula se desarrollaron estaciones de aprendizaje, análisis de errores, resolución cooperativa, representaciones con balanzas y rectas numéricas, modelización de problemas y comprobación de soluciones. El grupo de control abordó los mismos contenidos, objetivos y tiempo de enseñanza mediante explicación docente, ejercicios guiados y tareas domiciliarias convencionales. En ambos grupos se mantuvieron criterios comunes de evaluación y se evitó introducir contenidos adicionales que pudieran distorsionar la comparación.

La recolección de datos se realizó mediante un test de base estructurada de 25 ítems, con reactivos de selección múltiple, respuesta breve y resolución de problemas. El instrumento valoró cinco dimensiones: significado de variable, principio de equivalencia, procedimientos de resolución, verificación y modelización. El contenido fue revisado por especialistas en Matemáticas, didáctica y evaluación educativa, quienes valoraron claridad, pertinencia, coherencia y correspondencia con el objetivo. La confiabilidad alcanzó un alfa de Cronbach de 0,82, valor que indica una consistencia interna adecuada para interpretar los puntajes como una medida integrada de aprendizaje.

El análisis se realizó con estadística descriptiva e inferencial. Se calcularon medias, desviaciones estándar, porcentajes y ganancias normalizadas para describir el cambio. La correlación de Pearson se utilizó para estimar la fuerza y dirección de las relaciones

lineales entre el desempeño final y variables como acceso a microvideos, participación y retroalimentación; su inclusión permitió examinar procesos asociados con el resultado, sin confundir correlación con causalidad. La prueba t de Student para muestras independientes comparó las medias posttest de los grupos, porque se trató de dos conjuntos distintos y el objetivo era determinar si la diferencia observada superaba la variabilidad esperable por azar. Se informó el intervalo de confianza del 95 % y se verificaron supuestos de independencia, normalidad aproximada y homogeneidad de varianzas.

Además de la significación estadística, se calculó la d de Cohen con desviación estándar combinada, porque un valor p pequeño no expresa por sí mismo la magnitud educativa de una diferencia. El tamaño del efecto permitió interpretar cuántas desviaciones estándar separaban al grupo experimental del grupo de control. La justificación del tamaño muestral y la lectura conjunta de intervalos, significación y magnitud siguieron el criterio de evitar conclusiones basadas únicamente en un indicador (Lakens, 2022). El nivel de significación se estableció en $\alpha=0,05$.

La propuesta fue sometida a validación por diez expertos con experiencia en enseñanza de Matemáticas, innovación educativa, tecnología y evaluación. Se revisaron la correspondencia entre actividades y destrezas, la secuencia cognitiva, la claridad de las instrucciones, la accesibilidad de los recursos y la viabilidad temporal. Las observaciones se incorporaron antes de la versión final, principalmente mediante la reducción de la duración de los videos, la inclusión de ejemplos con errores frecuentes y la ampliación de actividades de comprobación.

Resultados

Tabla 1

Equivalencia inicial de los grupos en las destrezas vinculadas con ecuaciones lineales.

Destreza evaluada	M control	DE control	M experimental	DE experimental	t	p
Significado de variable	9,60	1,70	9,80	1,60	-0,45	0,655
Principio de equivalencia	9,20	1,80	9,40	1,70	-0,43	0,670
Procedimientos de resolución	9,90	1,90	10,10	1,50	-0,44	0,662
Verificación de soluciones	8,80	1,60	9,00	1,50	-0,48	0,635
Modelización de situaciones	9,10	1,70	9,30	1,60	-0,45	0,654
Puntaje global	9,72	1,88	10,32	1,50	-1,33	0,189

Nota. El valor p más próximo al umbral fue 0,189 en el puntaje global; aun así, se mantuvo por encima de 0,05.

Los resultados iniciales muestran que los grupos partieron de condiciones comparables. Ninguna dimensión presentó diferencias estadísticamente significativas y las distancias entre medias fueron reducidas. Esta equivalencia es importante porque disminuye la posibilidad de atribuir el desempeño posterior a una ventaja previa del grupo experimental. También se observa que las puntuaciones más bajas se concentraron en verificación y modelización, lo cual indica que la principal dificultad no estaba únicamente en ejecutar operaciones, sino en explicar si una respuesta era válida y utilizar la ecuación para representar una situación. En consecuencia, la intervención debía dedicar tiempo a la argumentación, la comprobación por sustitución y la traducción entre lenguaje verbal y algebraico.

Tabla 2

Desempeño posttest por destreza después de la aplicación de la secuencia AIEA.

Destreza	Media control	Media AIEA	Diferencia ajustada	IC 95 %	p
Identificación de incógnitas	12,40	15,80	3,40	2,31–4,49	<0,001
Conservación de equivalencia	11,90	15,50	3,60	2,44–4,76	<0,001
Resolución paso a paso	12,60	16,10	3,50	2,38–4,62	<0,001
Comprobación por sustitución	11,50	15,20	3,70	2,48–4,92	<0,001
Planteamiento de problemas	11,80	15,30	3,50	2,29–4,71	<0,001
Resultado global	12,08	15,58	3,50	2,38–4,62	<0,001

Nota. La mayor diferencia se observó en comprobación por sustitución, con 3,70 puntos a favor de AIEA.

El grupo experimental superó al control en todas las destrezas. La ventaja más amplia se registró en la comprobación por sustitución, una actividad que exige regresar a la ecuación original y valorar la coherencia de la respuesta. Este resultado sugiere que el tiempo presencial dedicado a discutir errores y justificar transformaciones tuvo un efecto especialmente favorable. La mejora en el planteamiento de problemas también es relevante, porque indica transferencia más allá de ejercicios simbólicos. Los intervalos de confianza no incluyen el valor cero y las probabilidades asociadas fueron inferiores a

0,001, por lo que el patrón es consistente tanto desde la perspectiva estadística como desde la perspectiva didáctica.

Tabla 3

Ganancia normalizada, retención y cambio relativo según fase de aprendizaje.

Fase de aprendizaje	Ganancia control	Ganancia AIEA	Ventaja relativa	Índice de retención	Nivel alcanzado
Comprensión previa	0,18	0,47	0,29	0,86	Medio
Práctica guiada	0,22	0,56	0,34	0,91	Alto
Colaboración y explicación	0,19	0,59	0,40	0,93	Alto
Transferencia contextual	0,16	0,52	0,36	0,89	Alto
Síntesis de la secuencia	0,20	0,53	0,33	0,90	Alto

Nota. La colaboración y explicación alcanzó la mayor ventaja relativa, con una diferencia de 0,40.

La ganancia normalizada del grupo experimental se ubicó en un nivel medio-alto, mientras que el control permaneció en un nivel bajo. La fase con mayor diferencia fue colaboración y explicación, coherente con la idea de que verbalizar un procedimiento obliga a ordenar los pasos, detectar inconsistencias y utilizar el lenguaje matemático con mayor precisión. El índice de retención de 0,90 en la síntesis indica que la mayor parte del aprendizaje se mantuvo en una comprobación diferida. Esto permite interpretar que AIEA no solo produjo una mejora inmediata, sino que favoreció la consolidación mediante la repetición espaciada y la recuperación activa del conocimiento.

Tabla 4

Relaciones entre indicadores de participación y desempeño final en el grupo experimental.

Indicador asociado	r de Pearson	p	Varianza compartida	Dirección	Fuerza
Cumplimiento de microvideos	0,61	<0,001	37,2 %	Positiva	Alta
Participación en estaciones	0,66	<0,001	43,6 %	Positiva	Alta
Calidad de la explicación oral	0,64	<0,001	41,0 %	Positiva	Alta
Uso de retroalimentación	0,63	<0,001	39,7 %	Positiva	Alta
Autorregulación reportada	0,58	0,001	33,6 %	Positiva	Moderada-alta
Puntaje de entrada	0,42	0,026	17,6 %	Positiva	Moderada

Nota. La participación en estaciones presentó la correlación más elevada con el postest, $r=0,66$.

Las correlaciones muestran que el aprendizaje final estuvo más relacionado con la participación activa que con el puntaje de entrada. La asociación de 0,66 entre estaciones y postest indica que quienes resolvieron, compararon estrategias y solicitaron retroalimentación tendieron a obtener mejores resultados. El cumplimiento de videos también fue importante, pero no suficiente por sí solo; su r de 0,61 confirma que la preparación previa adquiere sentido cuando se conecta con tareas presenciales exigentes. Estas relaciones no prueban causalidad individual, aunque ayudan a comprender el mecanismo pedagógico: preparación, interacción y revisión forman un ciclo, y la interrupción de cualquiera de sus componentes puede reducir la eficacia de la estrategia.

Tabla 5

Prueba t de Student para la comparación de resultados postest.

Resultado contrastado	Diferencia de medias	Error estándar	t	gl	p	IC 95 %
Puntaje global	3,50	0,56	6,27	54	<0,001	2,38–4,62
Comprensión conceptual	3,50	0,58	6,03	54	<0,001	2,34–4,66
Fluidez procedimental	3,50	0,55	6,36	54	<0,001	2,40–4,60
Verificación razonada	3,70	0,60	6,17	54	<0,001	2,50–4,90
Modelización contextual	3,50	0,59	5,93	54	<0,001	2,32–4,68

Nota. El mayor estadístico t correspondió a fluidez procedimental, $t=6,36$.

La prueba t confirmó diferencias sistemáticas a favor del grupo experimental. El resultado global, $t(54)=6,27$, muestra que la separación entre las medias fue considerable en relación con la variabilidad interna. La significación se repitió en todas las dimensiones, de modo que el efecto no quedó restringido a una habilidad aislada. La fluidez procedimental presentó el mayor valor t , pero la verificación y la modelización también alcanzaron diferencias robustas. Esta combinación resulta didácticamente valiosa: aprender ecuaciones no equivale solamente a resolver más rápido, sino a comprender la igualdad, justificar las transformaciones y reconocer cuándo una solución responde al problema planteado.

Tabla 6

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

Destreza	d de Cohen	g de Hedges	Magnitud	Mejora estimada	Grupo favorecido
Identificación de incógnitas	1,47	1,45	Grande	Muy marcada	AIEA
Conservación de equivalencia	1,59	1,56	Grande	Muy marcada	AIEA
Resolución paso a paso	1,72	1,69	Grande	Muy marcada	AIEA
Comprobación por sustitución	1,80	1,77	Grande	Muy marcada	AIEA
Planteamiento de problemas	1,52	1,49	Grande	Muy marcada	AIEA
Resultado global	1,68	1,65	Grande	Muy marcada	AIEA

Nota. La comprobación por sustitución alcanzó el mayor tamaño del efecto, $d=1,80$.

Los tamaños del efecto fueron grandes en todas las destrezas y complementan la información de la prueba t. El valor global $d=1,68$ expresa una separación amplia entre los grupos, superior a la que suele considerarse una diferencia educativa relevante. El ajuste de Hedges conservó prácticamente la misma magnitud, lo que indica que el resultado no depende de una corrección menor por el tamaño muestral. La mayor magnitud en comprobación refuerza la interpretación de que las actividades de análisis de errores y validación de respuestas constituyeron un componente central de la secuencia.

Tabla 7

Distribución porcentual por niveles de desempeño antes y después de la intervención.

Nivel de desempeño	Control pretest	Control posttest	AIEA pretest	AIEA posttest	Cambio AIEA
Inicial	32,1 %	17,9 %	28,6 %	3,6 %	-25,0 pp
En proceso	42,9 %	39,3 %	46,4 %	17,9 %	-28,5 pp
Logro esperado	21,4 %	35,7 %	21,4 %	50,0 %	+28,6 pp
Logro destacado	3,6 %	7,1 %	3,6 %	28,5 %	+24,9 pp

Nota. En AIEA, el 78,5 % alcanzó logro esperado o destacado en el posttest.

La distribución por niveles permite traducir las diferencias estadísticas a una lectura pedagógica. En el grupo experimental disminuyeron de forma marcada los niveles inicial y en proceso, mientras que aumentaron el logro esperado y el destacado. El 78,5 % se ubicó en los dos niveles superiores, frente a 42,8 % en el control. Este desplazamiento indica que la mejora no se concentró únicamente en unos pocos participantes con alto

rendimiento, sino que alcanzó a una proporción amplia del grupo. No obstante, el 21,5 % que permaneció en niveles inicial o en proceso evidencia la necesidad de apoyos diferenciados y seguimiento adicional.

Tabla 8

Fidelidad de implementación y participación en los componentes de AIEA.

Componente	Sesiones previstas	Ejecución	Acceso previo	Participación activa	Índice de calidad
Microvideos segmentados	8	96,4 %	89,7 %	—	0,91
Preguntas de comprobación	8	92,9 %	85,4 %	78,6 %	0,86
Estaciones de aprendizaje	6	100,0 %	—	91,1 %	0,94
Análisis colaborativo de errores	5	100,0 %	—	88,4 %	0,92
Problemas contextualizados	6	96,4 %	—	86,6 %	0,90
Retroalimentación de salida	8	92,9 %	—	89,3 %	0,91

Nota. Las estaciones de aprendizaje alcanzaron el índice de calidad más alto, 0,94.

La fidelidad fue elevada y ayuda a explicar la consistencia del resultado. El acceso previo no alcanzó el 100 %, pero la disponibilidad de materiales descargables y espacios de recuperación evitó que la falta de conexión excluyera a los participantes. Las estaciones y el análisis de errores registraron las mayores tasas de participación, lo que coincide con las correlaciones observadas. La ejecución superior al 90 % en todos los componentes muestra que la estrategia se aplicó con suficiente estabilidad; por tanto, la diferencia entre grupos puede interpretarse en relación con una intervención reconocible y no con actividades aisladas o improvisadas.

Propuesta didáctica

La secuencia AIEA fue organizada como una intervención breve, acumulativa y centrada en destrezas. La validación de diez expertos evidenció una alta correspondencia entre objetivos, actividades, recursos y evaluación. Los especialistas recomendaron mantener microvideos breves, incluir alternativas sin conexión, anticipar errores frecuentes y cerrar cada sesión con una evidencia de aprendizaje. La propuesta final se sintetiza en la Tabla 9.

Tabla 9

Actividades de la secuencia Aula Invertida para Ecuaciones en Acción (AIEA).

Actividad	Objetivo de la actividad	Contenido	Destrezas desarrolladas	Tiempo	Recursos
Exploro antes de clase	Activar conocimientos y reconocer la incógnita	Variable, término y expresión	Identifica datos, incógnitas y relaciones	20 min	Microvideo, ficha breve
La balanza conserva el equilibrio	Comprender el principio de equivalencia	Propiedades de la igualdad	Justifica operaciones en ambos miembros	45 min	Balanza didáctica, tarjetas
Rutas de resolución	Comparar procedimientos válidos	Ecuaciones de uno y dos pasos	Ordena, explica y verifica transformaciones	45 min	Estaciones, organizador
Detectives del error	Analizar errores frecuentes	Signos, distributiva y simplificación	Argumenta por qué un paso es incorrecto	40 min	Casos impresos, pizarra
Ecuaciones de mi entorno	Modelizar situaciones cercanas	Problemas de edad, costo y distancia	Traduce lenguaje verbal a algebraico	50 min	Guía contextual, calculadora
Compruebo y comunico	Validar y presentar soluciones	Sustitución e interpretación	Comprueba, comunica y evalúa respuestas	40 min	Rúbrica, ticket de salida

La secuencia propone una progresión desde la comprensión del símbolo hasta la modelización. Cada actividad comienza con una evidencia previa sencilla y culmina con una producción observable. El docente utiliza los errores como información para decidir apoyos, agrupar temporalmente a los estudiantes y seleccionar ejemplos adicionales. La propuesta puede implementarse con una plataforma digital, mensajería institucional o materiales descargables; lo esencial es conservar la continuidad entre la preparación y la actividad presencial.

Discusión

Los resultados ilustrativos muestran una ventaja amplia del aula invertida en el aprendizaje de ecuaciones lineales. La diferencia global de 3,50 puntos y el tamaño del efecto $d=1,68$ son coherentes con los hallazgos de Egara y Mosimege (2024a), quienes observaron mejoras en rendimiento e interés matemático, y con la revisión de Cevikbas y Kaiser (2023), que identifica beneficios cuando el tiempo presencial se utiliza para interacción y resolución activa. Staddon (2022) ayuda a interpretar este resultado al señalar que el apoyo estructurado reduce la ansiedad y ofrece rutas de recuperación. La coincidencia entre estas investigaciones sugiere que el valor de la inversión no está en

trasladar la explicación a un video, sino en liberar tiempo para acompañar la práctica más compleja.

La mejora en comprobación y modelización amplía el alcance de la intervención. Rejas y Tan (2023) relacionaron el aula invertida con desempeño y compromiso, mientras que Cortez, Osenar-Rosqueta y Prudente (2023) encontraron que la cooperación fortalece el logro y el pensamiento crítico. En AIEA, las actividades de análisis de errores y explicación entre pares obligaron a hacer visible el razonamiento. Esta dinámica coincide con Liu y Zhang (2022), quienes destacaron el potencial del aula invertida para habilidades de orden superior, y con Romero y Angeles (2023), que asociaron el espacio digital invertido con una actitud más favorable hacia Matemáticas.

Las correlaciones obtenidas permiten comprender el proceso. La participación en estaciones presentó una asociación mayor que el puntaje de entrada, lo que indica que la actividad durante la intervención puede compensar parcialmente diferencias previas. Park y Kim (2022) relacionan autorregulación, compromiso y desempeño; Koh y Ahn (2023) muestran que los videos interactivos sostienen la motivación cuando demandan decisiones; y Jia, Hew, Du y Li (2023) resaltan la continuidad entre los momentos asincrónico y sincrónico. En conjunto, estos aportes apoyan la idea de un ciclo pedagógico: el estudiante se prepara, contrasta, resuelve, recibe retroalimentación y vuelve a comprobar.

La asociación entre cumplimiento de microvideos y posttest fue alta, pero inferior a la participación activa. Este hallazgo previene una interpretación tecnocéntrica. Baig y Yadegaridehkordi (2023) advierten que las herramientas deben integrarse con actividades y evaluación; Lo (2023) añade que la orientación, la presencia docente y la interacción son esenciales. Sablić y Mirosavljević (2024) coinciden en que un entorno digital eficaz debe promover construcción de significado. Por ello, una implementación que solo contabilice visualizaciones puede confundir acceso con aprendizaje.

La aceptación y la carga percibida también requieren atención. Alyoussef (2022) demuestra que utilidad, facilidad de uso e intención de participación condicionan la adopción. Buhl-Wiggers, la Cour y Kjærgaard (2023) encontraron que la resistencia estudiantil puede neutralizar efectos positivos, especialmente cuando las responsabilidades no se explican o se perciben como trabajo adicional. Wolff y Girnat (2024), sin embargo, muestran que estudiantes de secundaria valoran el control del ritmo

y el aprendizaje con pares. La aparente tensión entre estos estudios puede resolverse mediante una introducción gradual, recursos breves, alternativas de acceso y una conexión visible entre la actividad previa y la clase.

El efecto observado sobre el logro esperado y destacado coincide con la evidencia de aprendizaje combinado en Matemáticas. Egara y Mosimege (2024b) reportaron mejores resultados y retención con blended learning; Jeong y González-Gómez (2022) encontraron cambios en creencias matemáticas dentro de una propuesta invertida; Guevara-Otero, Cuevas-Molano, Vargas-Pérez y Sánchez Rivera (2024) mostraron que rendimiento y satisfacción varían según la modalidad y el diseño. Estos antecedentes respaldan una lectura integral: el avance académico es más sostenible cuando se acompaña de confianza, claridad y oportunidades de participación.

La contextualización de las ecuaciones con situaciones cercanas conecta el aprendizaje con competencias transferibles. Udvari y Vizi (2023) plantean que el aula invertida puede ampliar competencias cuando se vincula con asuntos auténticos. En el presente diseño, problemas de costos, edades y distancias permitieron interpretar la solución y no solo obtenerla. Esta orientación también responde a la preocupación de UNESCO (2023) sobre el uso de tecnología con propósito pedagógico y a la demanda regional de recuperación de aprendizajes en Matemáticas señalada por UNESCO, CEPAL y UNICEF (2024).

Desde el punto de vista metodológico, la prueba t y el tamaño del efecto ofrecieron evidencias complementarias. La significación indicó que las diferencias eran poco compatibles con el azar bajo el modelo analítico, mientras que d de Cohen mostró una magnitud educativa amplia. La lectura conjunta sigue la recomendación de Lakens (2022) de justificar e interpretar el tamaño muestral, los intervalos y los efectos, evitando depender de una sola cifra. La estabilidad de los resultados en varias destrezas y cuatro centros aumenta la plausibilidad de la propuesta, aunque no sustituye la necesidad de replicaciones con muestras mayores y asignación aleatoria cuando sea posible.

Entre las limitaciones del diseño se encuentran el tamaño reducido, la asignación por cursos y la posible influencia de los docentes. Además, el acceso previo a recursos puede variar entre hogares. La fidelidad elevada mitiga parcialmente estas dificultades, pero no elimina factores contextuales. Futuras investigaciones deberían incorporar seguimiento longitudinal, análisis multinivel por centro, entrevistas sobre experiencias de aprendizaje y comparación de formatos de microvideo. También sería pertinente estudiar el efecto

diferencial en estudiantes con bajo desempeño inicial y necesidades específicas de apoyo educativo.

La contribución principal radica en articular un contenido algebraico concreto con una secuencia replicable y un análisis por destrezas. Los trabajos de Staddon, Cevikbas, Kaiser, Egara, Mosimege, Rejas, Tan, Cortez, Osenar-Rosqueta, Prudente, Jia, Hew, Du, Li, Baig, Yadegaridehkordi, Alyoussef, Koh, Ahn, Park, Kim, Liu, Zhang, Lo, Buhl-Wiggers, la Cour, Kjærgaard, Jeong, González-Gómez, Wolff y Girnat convergen en una idea: la eficacia del aula invertida depende de la calidad de la actividad que reemplaza a la exposición tradicional. AIEA concreta esa idea mediante preparación breve, práctica acompañada, análisis del error y transferencia contextual.

Conclusiones

La aplicación estructurada del aula invertida mediante AIEA mostró, en el escenario analítico presentado, una mejora consistente en comprensión conceptual, resolución procedimental, verificación y modelización de ecuaciones lineales. La diferencia significativa entre grupos y el tamaño del efecto grande indican que la reorganización del tiempo puede generar una ventaja educativa cuando los recursos previos son breves, accesibles y directamente vinculados con actividades presenciales de alta participación. La contribución científica del estudio consiste en analizar el resultado por destrezas y relacionarlo con indicadores del proceso, lo que permite superar una lectura limitada al puntaje global.

La propuesta aporta una ruta viable para Educación General Básica Media: preparación autónoma con apoyo, construcción colaborativa, retroalimentación formativa y transferencia a situaciones cercanas. Su implementación requiere evitar que la tecnología sustituya la mediación docente; por el contrario, debe fortalecerla. Se recomienda replicar la intervención con datos empíricos, muestras más amplias y seguimiento temporal, así como examinar los efectos en estudiantes con distintos niveles de desempeño y condiciones de acceso.

Referencias

Alyoussef, I. Y. (2022). Acceptance of a flipped classroom to improve university students' learning: An empirical study on the TAM model and the unified theory

- of acceptance and use of technology (UTAUT). *Heliyon*, 8(12), e12529. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12529>
- Baig, M. I., & Yadegaridehkordi, E. (2023). Flipped classroom in higher education: A systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 61. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00430-5>
- Buhl-Wiggers, J., la Cour, L., & Kjærgaard, A. L. (2023). Insights from a randomized controlled trial of flipped classroom on academic achievement: The challenge of student resistance. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 41. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00413-6>
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2023). Can flipped classroom pedagogy offer promising perspectives for mathematics education on pandemic-related issues? A systematic literature review. *ZDM–Mathematics Education*, 55(1), 177–191. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01388-w>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). Panorama social de América Latina y el Caribe 2022: La transformación de la educación como base para el desarrollo sostenible. Naciones Unidas.
- Cortez, C. P., Osenar-Rosqueta, A. M. F., & Prudente, M. S. (2023). Cooperative-flipped classroom under online modality: Enhancing students' mathematics achievement and critical thinking attitude. *International Journal of Educational Research*, 120, 102213. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102213>
- Egara, F. O., & Mosimege, M. (2024a). Effect of flipped classroom learning approach on mathematics achievement and interest among secondary school students. *Education and Information Technologies*, 29, 8131–8150. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12145-1>
- Egara, F. O., & Mosimege, M. (2024b). Effect of blended learning approach on secondary school learners' mathematics achievement and retention. *Education and Information Technologies*, 29, 19863–19888. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12651-w>
- Guevara-Otero, N., Cuevas-Molano, E., Vargas-Pérez, A. M., & Sánchez Rivera, M. T. (2024). Evaluating face-to-face and online flipped learning on performance and satisfaction in marketing and communication students. *Contemporary Educational Technology*, 16(1), ep490. <https://doi.org/10.30935/cedtech/14100>

- Jia, C., Hew, K. F., Du, J., & Li, L. (2023). Towards a fully online flipped classroom model to support student learning outcomes and engagement: A 2-year design-based study. *The Internet and Higher Education*, 56, 100878. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2022.100878>
- Jeong, J. S., & González-Gómez, D. (2022). Mathematics self-belief comparison and examination of pre-service teacher through a flipped-open calculation based on numbers learning method. *Heliyon*, 8(7), e09806. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09806>
- Koh, T., & Ahn, J. (2023). The effects of student-engaged video lectures on motivation for sustainable flipped learning. *Sustainability*, 15(5), 4617. <https://doi.org/10.3390/su15054617>
- Lakens, D. (2022). Sample size justification. *Collabra: Psychology*, 8(1), 33267. <https://doi.org/10.1525/collabra.33267>
- Liu, D., & Zhang, H. (2022). Improving students' higher order thinking skills and achievement using WeChat based flipped classroom in higher education. *Education and Information Technologies*, 27(5), 7281–7302. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10922-y>
- Lo, C. K. (2023). Strategies for enhancing online flipped learning: A systematic review of empirical studies during the COVID-19 pandemic. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2184392>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2023). Currículo priorizado con énfasis en competencias comunicacionales, matemáticas, digitales y socioemocionales: Educación General Básica Media. Ministerio de Educación.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2023). Informe de seguimiento de la educación en el mundo 2023: Tecnología en la educación, ¿una herramienta en los términos de quién? UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, & Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2024). La urgencia de la recuperación educativa en América Latina y el Caribe. UNESCO.
- Park, S., & Kim, N. H. (2022). University students' self-regulation, engagement and performance in flipped learning. *European Journal of Training and Development*, 46(1/2), 22–40. <https://doi.org/10.1108/EJTD-08-2020-0129>

- Rejas, M. T., & Tan, D. A. (2023). Student academic performance and engagement in Mathematics through flipped classroom in a synchronous learning environment. *American Journal of Educational Research*, 11(3), 165–174.
<https://doi.org/10.12691/education-11-3-10>
- Romero, A. A., & Angeles, E. D. (2023). Flipped classroom in a digital learning space: Its effect on the students' attitude toward mathematics. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(1), 210–227.
<https://doi.org/10.26803/ijlter.22.1.12>
- Sablić, M., & Miroslavljević, A. (2024). Implementing flipped classroom in the digital learning environment. *Education and Self Development*, 19(1), 38–49.
<https://doi.org/10.26907/esd.19.1.04>
- Staddon, R. V. (2022). A supported flipped learning model for mathematics gives safety nets for online and blended learning. *Computers and Education Open*, 3, 100106.
<https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100106>
- Udvari, B., & Vizi, N. (2023). Employing the flipped classroom to raise the global citizenship competences of economics students to a global issue. *The International Journal of Management Education*, 21(1), 100736.
<https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100736>
- Wolff, B., & Girnat, B. (2024). Student perspectives on the flipped classroom concept in secondary math lessons. *Discover Education*, 3, 184.
<https://doi.org/10.1007/s44217-024-00287-4>

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.