

Experiencias de enseñanza-aprendizaje: La educación STEAM orquestada por el Modelo Gradual Multidisciplinario en estudiantes de primaria

Mauricio Flores Nicolás¹, Magally Martínez Reyes², Juan Manuel Sánchez Soto³

Universidad Autónoma del Estado de México,

Centro Universitario Valle de Chalco,

¹mfloresn90@icloud.com, ²mmreyes@hotmail.com, ³sotojmss@yahoo.com.mx

Presentado en eXIDO 23



Resumen.

La educación STEAM se ha convertido en una necesidad debido a la demanda de conocimiento y habilidades en Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas; sin embargo, su implementación presenta desafíos en términos de recursos, capacitación, formas de evaluación, métodos y estrategias. El propósito de esta investigación es crear toda la secuencia didáctica de una actividad STEAM utilizando el Modelo Gradual Multidisciplinario (MGM) para analizar y evaluar el impacto de su implementación en estudiantes de primaria. A través del MGM se propone el tema de leyes fundamentales del álgebra booleana, para identificar áreas de STEAM que se relacionen, incluida la selección de tecnología existente que sirva de apoyo para la actividad. Además, se realizó un caso de estudio con una muestra de 132 estudiantes de diferentes grados. Los datos sugieren que el MGM es capaz de orquestar efectivamente actividades en educación STEAM en grupos grandes (80 estudiantes) e introducir conceptos abstractos a partir de situaciones concretas que fomenten el desarrollo de conocimientos en áreas críticas, como el pensamiento crítico y la toma de decisiones, pues estas son características fundamentales en la formación de estudiantes de nivel primaria. La implementación exitosa de la educación STEAM requiere de una planificación cuidadosa que es aportada por el MGM, debido que está construido con procesos tecno-pedagógicos de análisis, diseño e implementación.

Palabras clave: Modelo de procesos, Gamificación, Robótica educativa, Planeación educativa, Tecnología educativa, Habilidades del siglo XXI, Pensamiento divergente.

Abstract.

STEAM education has become a necessity due to the demand for knowledge and skills in Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics; however, its implementation presents challenges in terms of resources, training, forms of assessment, methods, and strategies. The purpose of this research is to create the entire didactic sequence of a STEAM activity using the Graded Multidisciplinary Model (GMM) to analyze and evaluate the impact of its implementation in elementary students. Through the GMM, the topic of fundamental laws of Boolean algebra is proposed to identify related STEAM areas, including the selection of existing technology to support the activity. In addition, a case study was conducted with a sample of 132 students from different grades. The data suggest that the GMM is capable of effectively orchestrating STEAM education activities in large groups (80 students) and introducing abstract concepts from concrete situations that foster the development of knowledge in critical areas, such as critical thinking and decision making, as these are fundamental characteristics in the formation of elementary level students. The successful implementation of STEAM education requires careful planning, which is provided by the MGM, because it is built with techno-pedagogical processes of analysis, design, and implementation.

Keywords: Process Model, Gamification, Educational robotics, Educational planning, Educational technology, 21st century skills, Divergent thinking.

Introducción

La educación STEAM es un paradigma complejo que poco a poco se ha reconocido y ha contado con múltiples contribuciones para su desarrollo, cuya representación integra las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática, y tiene como objetivo alfabetizar el conocimiento científico y desarrollar habilidades extracurriculares como el pensamiento crítico, pensamiento lógico-matemático, la cooperación, la reflexión, entre otras, conocidas grosso modo como las habilidades del siglo XXI (Flores-Nicolás & Martínez, 2022; Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021; Gonzalez-Perez & Ramirez-Montoya, 2022). La educación al estar en constante cambio necesita formar estudiantes capaces de enfrentar los desafíos del mundo actual y futuro, para lograrlo, la tecnología y la innovación son necesarios en una reestructuración significativa de los modelos pedagógicos tradicionales.

La educación STEAM es importante en todos los niveles educativos; por ejemplo, en secundaria, se enfoca en preparar estudiantes para desempeñarse en campos técnicos y desarrollar soluciones innovadoras para los retos del mundo actual (English, 2017). Para el caso de nivel preparatoria y universidad, se enfoca en preparar estudiantes para campos científicos. Además, en cualquier nivel, la educación STEAM contribuye a formar ciudadanos comprometidos con el desarrollo sostenible y la innovación (Piedade et al., 2020; Blanco et al., 2022). En primaria, es importante porque facilita el desarrollo de habilidades de reflexión críticas y creativas a temprana edad, lo que les permite enfrentar de manera efectiva los retos académicos y de la vida cotidiana (Bassachs, 2020). También contribuye a fomentar el interés por la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas, lo que puede motivar a los estudiantes a seguir carreras en campos técnicos y científicos en el futuro (Ruiz, Zapatera & Montés, 2020). Además, la educación STEAM a nivel primaria puede ser un medio para reducir las brechas de género y socioeconómicas en estas áreas del conocimiento, permitiendo una mayor diversidad y equidad en la formación de ciudadanos comprometidos con el desarrollo sostenible y la innovación (Piedade et al., 2020; Blanco et al., 2022; Areljung & Günther-Hanssen, 2022).

Más allá de los beneficios e importancia que posee la educación STEAM, esta se enfrenta a varios desafíos, tales como: altos costos por materiales (Flores-Nicolás & Martínez, 2022; Belbase et al., 2022) y ambigüedades dentro de la perspectiva docente (Blanco et al., 2022; Alghamdi, 2023). Así mismo, existen particularidades que afectan a estudiantes de nivel primaria, sirva de ejemplo el trabajo de Robles, Mendoza & Vélez (2022), donde mencionan que solo es posible realizar actividades en tres disciplinas de STEAM (Ciencias Naturales, Educación Artística y Matemáticas) y aquellas faltantes (Tecnología e Ingeniería) no pueden ser incluidas puesto que no forman parte del plan de estudios y la única forma de envolver es a través de la ingeniería y/o robótica educativa. Más aún, Duo-Terron et al. (2022), explican que existe una controversia sobre la implementación de educación STEAM, por un lado, se recomienda el desarrollo de actividades transversales de todas las áreas del plan de estudios, permitiendo a los docentes presentar sus lecciones integradas mientras que los estudiantes

van aprendiendo; por el otro lado, se menciona que es imposible que una sola persona pueda impartir STEAM ya que no cuenta con los conocimientos de otros campos.

El objetivo de este trabajo es presentar como el Modelo Gradual Multidisciplinario (MGM) sirve de guía alternativa para que los docentes puedan diseñar, desarrollar e implementar actividades educativas con naturaleza STEAM presentando como evidencia tres experiencias obtenidas con grupos de nivel primaria y la estadística de los resultados, ya que el MGM considera todas las habilidades del siglo XXI; sin embargo, al tratarse de nivel primaria, se recomienda desarrollar la resolución de problemas, el pensamiento crítico, pensamiento lógico-matemático, la creatividad e innovación, el trabajo en equipo y la comunicación. Al considerar actividades que desarrollen estas habilidades y competencias, permite que los estudiantes enfrenten los retos del mundo actual, sobre todo porque la tecnología y la globalización están en constante cambio.

Por consiguiente, se muestra la efectividad del MGM mediante el tema de leyes fundamentales del álgebra booleana (disyunción, conjunción y negación) que permita el desarrollo de habilidades STEAM en estudiantes de segundo (26 estudiantes), quinto (26 estudiantes) y sexto grado (80 estudiantes) de primaria en escuelas públicas ubicadas en México con sesiones de una hora por grupo. Algo importante que se debe aclarar, es que la educación STEAM no se limita a un nivel educativo específico; por esa razón, la investigación se enfocará en analizar el impacto del programa en el pensamiento crítico y la creatividad de los estudiantes. La metodología estará compuesta por un doble proceso: el primero, consiste en seleccionar, adaptar e implementar el tema a STEAM para primaria a través del MGM; y el segundo, es una investigación de campo cuasiexperimental utilizando técnicas de estadística descriptiva e inferencial. Esto permitió comparar los resultados mediante una prueba pre y post-test para evaluar el impacto de la sesión.

Diseño y construcción de la actividad STEAM

El MGM está conformado por un triple proceso que agrupa y analiza los conocimientos de: el aprendizaje basado en problemas (ABP), cambio conceptual (CC), simulación y gamificación como estrategias educativas y el construccionismo como modelo pedagógico; el segundo, análisis de los aspectos importantes del software (Minecraft Education) o hardware a utilizar, ya sea si posee características educativas o no; y tercero, combina el resultado de ambos procesos en un diseño instruccional. De modo que las tecnologías empleadas se orientan para desarrollar el diseño instruccional en favor de las leyes fundamentales del álgebra booleana, sobre todo, con enfoque gradual y multidisciplinario para la actividad en educación STEAM. El proceso de elaboración se explica en los siguientes puntos:

Selección/Elaboración de una trayectoria hipotética de aprendizaje (THA). Este se describe como un camino hipotético que contiene los subtemas a abordar para lograr un conocimiento profundo, al cual los estudiantes recorrieron durante la sesión. En la figura 1, se muestra una representación gráfica de la THA, que contiene el tema principal (centro) y es ramificado en diferentes disciplinas, con el objetivo de facilitar la instrumentación de actividades STEAM de la siguiente forma: 1) Ciencia, son

introducidas las proposiciones lógicas mediante enfoques filosóficos y lógicos; 2) Tecnología, un mapa creado en Minecraft Education ayuda en la exploración y construcción de estructuras con funcionamiento similar al tema principal; 3) Ingeniería, trabaja temas intermedio-avanzados a través de las tablas de verdad, algoritmos y aplicaciones reales; 4) Arte, una forma de desarrollar las habilidades creativas es con el tema de diagramas esquemáticos, permitiendo a los estudiantes aplicar la toma de decisiones en el diseño de circuitos electrónicos; 5) Matemática, empieza por conceptos de suma y multiplicación hasta llegar a su representación en el contexto del álgebra booleana.

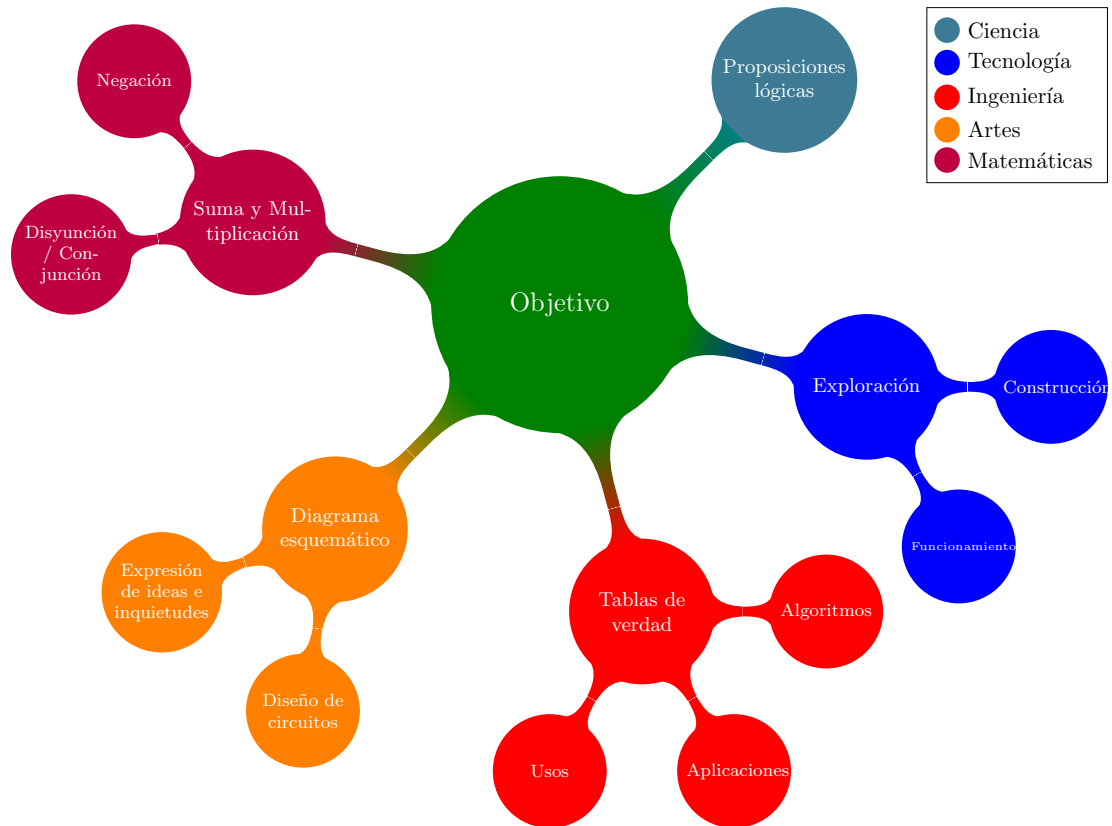


Figura 1. Trayectoria Hipotética de aprendizaje, clasificada por disciplina STEAM y distribuida por complejidad.

Ingeniería de Sistemas Educativos. Este consiste en analizar las capacidades de la tecnología en base al tema a tratar, dando como resultado qué tipo de interacción tendrá con el estudiante y determina el alcance, tratamiento y contenido que la tecnología debe ser capaz de apoyar o incorporar. Una de las ventajas de utilizar el MGM, es que puede ser reutilizado y adaptado al nuevo trabajo que se requiere, la figura 2, muestra el reporte de análisis que surgió con el software Minecraft Education, este incluye costos, capacitación mínima, requisitos de sistema, ejemplos, materiales de apoyo para el profesor, entre otros. Debido a la facilidad de uso, popularidad e interés que puede existir con los estudiantes, se consideró como simulador e introductor del tema objetivo.

Tabla 1: Diferencias y características adicionales

	Minecraft	Minecraft Education
Costo	\$6.99 – \$39.99 dólares, dependiendo el dispositivo	\$5.04 dólares anuales (requiere gestión institucional) o \$12 dólares anuales (educador independiente)
¿Entra en el presupuesto?	Si, si se cuenta con mínimo un dispositivo compatible	Si, conviene realizar gestión institucional para las licencias
Riesgos	Que se convierta en una distracción	
Sugerencia	Controlar su uso	
Colaboración	Si, en red local y en línea (requiere subscripción adicional)	Si, en red local
Versión de prueba	14 días	25 inicios de sesión
Elementos educativos	No	Cámara, portafolio, tutores, materiales (tabla periódica, control de acciones dentro del mapa, entre otros)
Funcionamiento en el equipo institucional	Óptimo	
Requisitos adicionales	No	Conexión a internet
Capacitación mínima para su uso	Se incluye dentro del juego	
Capacitación mínima para enseñanza	No disponible	Minecraft Learn con más de 100 lecciones
Ejemplos de actividades educativas STEAM	No disponible	Se incluyen dentro del videojuego o en Minecraft Education
¿Se puede compartir archivos propios del juego?	No disponible	Se pueden importar / exportar mapas y generar archivos .pdf de las evidencias.
¿Existen recursos educativos que faciliten la elaboración de la actividad?	No disponible	Si, en: https://bit.ly/3rY76J8 (Oficial) y 10.1109/ENC56672.2022.9882917 , (Flores-Nicolás & Martínez, 2022)
Controladores	Joystick	Teclado, Mouse y/o joystick
Descarga	Xbox 360, Xbox One y Xbox series S X, disponible en su tienda Playstation 3, 4 y 5, disponible en su tienda virtual Nintendo Wii U, Switch, disponible en su tienda virtual Android, disponible en su tienda virtual iOS, disponible en su tienda virtual, PC/Windows, disponible en su tienda virtual	PC / macOS / Google Chromebook, Minecraft Education iPhone o iPad, disponible en su tienda virtual Android, disponible en su tienda virtual

Figura 2. Reporte de análisis del software para Minecraft.

Diseño instruccional. La principal aportación del MGM es ofrecer una planeación educativa que organice las ideas, materiales, objetivos, metodología pedagógica y estrategias para lograr el éxito durante el proceso educativo y obtener resultados significativos y continuos. Además, es posible señalar cómo y en qué momento interviene la tecnología durante los 85 minutos de la sesión (ver figura 3).

Proyecto	¿Sumar y multiplicar en Minecraft es posible?.			
Objetivo	Que los estudiantes construyan estructuras con el funcionamiento equivalente a las compuertas lógicas o a las leyes fundamentales del álgebra booleana. Los participantes pueden responder utilizando interruptores o botones del recurso tecnológico para saber si el práctica coincide con la teoría.			
Estándares ISTE				
1.3 Constructor de conocimiento. Los estudiantes evalúan críticamente una variedad de recursos usando herramientas digitales para construir conocimiento, producir artefactos creativos y desarrollar experiencias de aprendizaje significativas para ellos y otros.				
1.5 Pensador computacional. Los estudiantes desarrollan y emplean estrategias para comprender y solucionar problemas de forma tal que aprovechan el poder de los métodos tecnológicos para desarrollar y probar soluciones. - 1.5.c. Los estudiantes dividen los problemas en partes componentes, extraen información clave y desarrollan modelos descriptivos para comprender sistemas complejos o facilitar la resolución de problemas.				
Nivel de inserción de la tecnología				
Sustitución (X)	Argumento (X)	Modificación (X)	Redefinición (X)	
Metodología pedagógica	Construccionismo			
Estrategia de aprendizaje	Cambio conceptual; Aprendizaje basado en problemas; Simulación; Gamificación.			
¿Cómo se aplica?				
Ciencia	Tecnología	Ingeniería	Artes	Matemáticas
Uso y desarrollo del pensamiento lógico-matemático y lógico-computacional, fundamentos básicos de la teoría de circuitos.	Favorecer la toma de decisiones con la elección de la herramienta tecnológica que le permita resolver el problema.	Conocer los fundamentos de fabricación de componentes electrónicos, tales como el diseño, simulación, fabricación y pruebas.	Los diseñadores utilizan su creatividad para crear circuitos complejos que resuelvan problemas específicos, además que el diseño del circuito en sí, es un proceso visualmente atractivo.	Comprobación teórica del funcionamiento expuesto en las herramientas tecnológicas, utilizado para describir la relación entre entradas y salidas de un circuito digital.
Secuencia didáctica			Materiales	
Apertura (20 minutos) 1. Presentación del docente a la clase. 2. Preguntar a los estudiantes si conocen Minecraft. 3. Preguntar a los estudiantes sobre las compuertas lógicas. 4. Realizar pre-test. Desarrollo (50 minutos) 1. El docente presenta los objetivos de la actividad. 2. Se explica brevemente sobre Minecraft y el entrenador de compuertas lógicas básicas. 3. Definición e importancia de las compuertas lógicas. 4. Definición y funcionamiento teórico-práctico de la compuerta NOT en su representación de algebra booleana (\neg), matemáticas (\bar{A}) y electrónica (CI 74LS04). 5. Solucionar dudas y errores. 6. Definición y funcionamiento teórico-práctico de la compuerta AND en su representación de algebra booleana (\wedge), matemáticas ($*$) y electrónica (CI 74LS08). 7. Solucionar dudas y errores. 8. Definición y funcionamiento teórico-práctico de la compuerta OR en su representación de algebra booleana (\vee), matemáticas ($+$) y electrónica (CI 74LS32). 9. Solucionar dudas y errores. 10. Realizar el post-test. Cierre (15 minutos) 1. Realizar una síntesis de lo tratado en clase, destacando la importancia de las compuertas lógicas para la vida cotidiana. 2. Preguntar sobre su experiencia al utilizar Minecraft y el entrenador de compuertas lógicas básicas en el aula. 3. Despedida.			<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación diagnóstica (pre-test). • Evaluación final (post-test). • PC con mando de Xbox 360 configurado y el videojuego Minecraft EE (mapa de compuertas lógicas básicas). • Entrenador de compuertas lógicas básicas (extensión eléctrica, fuente de alimentación, cables plug banana macho a banana macho). • Diapositivas. 	
Evaluación	Recolección de datos mediante el pre-test y post-test, con ejercicios de operaciones algebraicas y matemáticas utilizando las herramientas tecnológicas para su comprobación.			

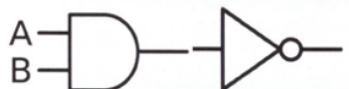
Figura 3. Formato de planeación.

Observaciones generales sobre las experiencias

Las experiencias realizadas con los estudiantes, tuvo como objetivo fomentar la creatividad, la toma de decisiones y el pensamiento lógico-matemático, este consistió en presentar la teoría del tema (docente) y comprobar el funcionamiento en el videojuego Minecraft Education a través de experimentos simples prediseñados (estudiante). En diferentes tiempos, se elegía a un estudiante de forma aleatoria para que comprobara el funcionamiento de la ley fundamental que en ese momento se estaba explicando, mientras que los demás lo guiaban y apoyaban, si bien no tenían conocimiento del tema, si tenían experiencia en el juego. Además de los experimentos simples, se dio la oportunidad de construir estructuras basadas en operaciones algebraicas compuestas, ya que requería de los mismos materiales con los que fueron desarrollados los experimentos simples. Los estudiantes utilizaron su creatividad para ganar experiencia en el tema, al mismo tiempo que aprendían la importancia, funcionamiento, usos y sobre todo la relación con otras disciplinas.

Estudiante de quinto

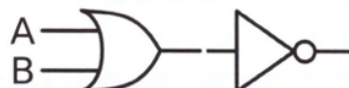
1. Realiza las tablas de verdad de la compuerta NAND (AND + NOT).



A	B	$A \times B$	$\overline{A \times B}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

A	B	$A \wedge B$	$\neg(A \wedge B)$
F	F	F	V
F	V	F	V
V	F	F	V
V	V	V	F

2. Realiza la tabla de verdad de la compuerta NOR (OR + NOT).

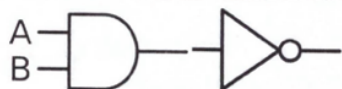


A	B	$A + B$	$\overline{A + B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

A	B	$A \vee B$	$\neg(A \vee B)$
F	F	V	F
F	V	V	F
V	F	V	F
V	V	V	F

Estudiante de sexto

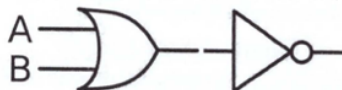
1. Realiza las tablas de verdad de la compuerta NAND (AND + NOT).



A	B	$A \times B$	$\overline{A \times B}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

A	B	$A \wedge B$	$\neg(A \wedge B)$
F	F	F	V
F	V	F	V
V	F	F	V
V	V	V	F

2. Realiza la tabla de verdad de la compuerta NOR (OR + NOT).



A	B	$A + B$	$\overline{A + B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

A	B	$A \vee B$	$\neg(A \vee B)$
F	F	F	V
F	V	V	F
V	F	V	F
V	V	V	F

Figura 4. Principales observaciones en la intervención de quinto y sexto.

La intervención educativa tuvo dos observaciones principales entre quinto y sexto grados (ver figura 4): la primera, fue la capacidad de relacionar la simbología matemática (fácil), algebraica (objetivo) y electrónica (difícil), algunos estudiantes de quinto realizaban la

operación exitosa con la simbología matemática, no obstante, al tratarse de la misma operación en su representación del álgebra booleana no todos lograron el mismo éxito; mientras que la mayoría de estudiantes de sexto logró asimilar la simbología en ambas disciplinas; la segunda, un 10% de estudiantes en ambos grados, mostraron algún tipo de dislexia temprana debido que cambiaron el orden de cómo debían ser colocados los resultados.

Con los estudiantes de segundo año existió un avance menor, el tema de suma aún era nuevo para ellos, y aún no conocían la multiplicación. Entonces se decidió introducir el concepto enfatizando la regla de que cualquier número multiplicado por cero es igual a cero y uno por uno es igual a uno. Posteriormente, se les comentó sobre la negación, logrando realizar de forma grupal las operaciones de A (\bar{A}), A por negación de A ($A \times \bar{A}$) y A más negación de A ($A + \bar{A}$), (ver figura 5).

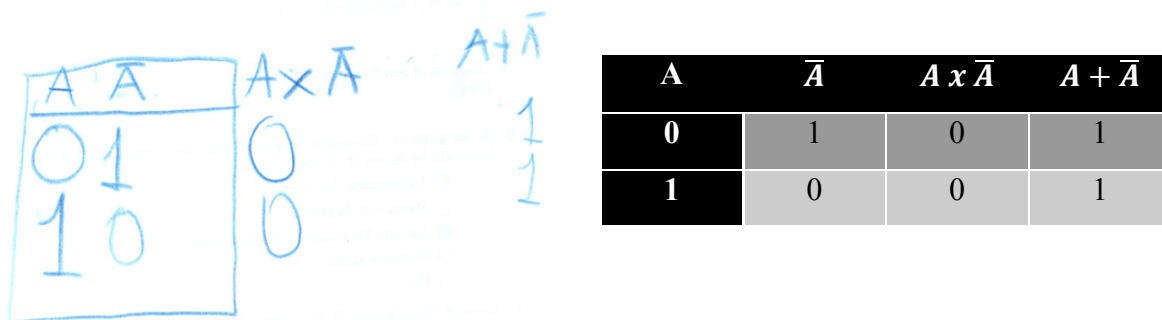


Figura 5. Operaciones realizadas por los estudiantes de segundo año y comprobando el resultado con la herramienta tecnológica.

Resultados y análisis

La interpretación de datos cualitativos obtenidos de estudiantes de segundo año revela que fue posible introducir el tema de suma y multiplicación utilizando compuertas lógicas de manera efectiva. Los participantes demostraron comprender y aplicar conceptos matemáticos complejos al relacionarlos con el funcionamiento de las compuertas lógicas. Esta interpretación sugiere que la integración de conceptos abstractos de matemáticas con elementos concretos y visuales, como las compuertas lógicas, puede facilitar el aprendizaje y la comprensión de los estudiantes. Además, estos resultados respaldan la idea de que el enfoque pedagógico basado en la aplicación práctica y la vinculación de conceptos abstractos con situaciones concretas puede promover un mayor nivel de comprensión y retención de los conocimientos matemáticos en los estudiantes de primaria.

En el caso de los estudiantes de quinto y sexto años, se observa que la mayoría de los participantes pudo identificar y comprender la representación de un tema específico, como las compuertas lógicas, en diferentes disciplinas como matemáticas, álgebra booleana y electrónica. Esto indica que los estudiantes lograron establecer conexiones y transferir conocimientos de un área a otra, lo cual es un indicador de su capacidad para aplicar conceptos y comprender la interrelación entre distintos campos del conocimiento. Estos resultados sugieren que la enseñanza y el aprendizaje integrados, que fomentan la

comprensión transversal de los temas, pueden ser efectivos para promover una comprensión más profunda y significativa en los estudiantes de primaria.

Por otra parte, el pre-test no solo consiste en evaluar los conocimientos previos respecto al tema objetivo, sino también al uso de operadores básicos y pensamiento lógico-matemático. En la figura 6, se aprecia que el 100% de cada grupo desconoce por completo el término compuerta lógica y leyes fundamentales, P1 (pregunta 1). El grupo de segundo tuvo dificultades al realizar operaciones básicas (P2 y P3); sin embargo, lograron sobresalir en la comprensión de proposiciones (P5) y pensamiento lógico (P6). Mientras que los estudiantes de quinto y sexto tienen una mejor percepción general.

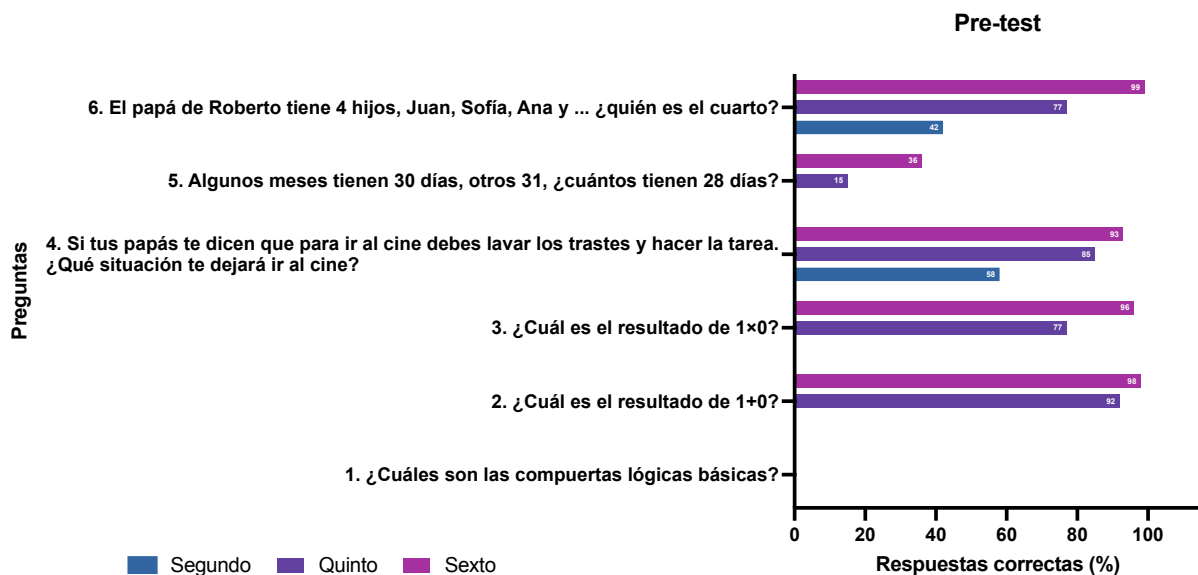


Figura 6. Concentrado de respuestas correctas en los grupos de intervención.

Después de la intervención orquestada por el MGM, se realizó el cuestionario post-test para medir el efecto de esta. La figura 7 muestra un mayor avance en las operaciones realizadas con símbolos matemáticos (P1, P2, P5 y P6), mientras que la misma operación con la simbología algebraica no tuvo tanto impacto (P3, P4, P7 y P8). Las preguntas P9 y P10 fueron opcionales, debido a que eran las más complejas y requerían de tiempo para ser analizadas; no obstante, un porcentaje pequeño logró realizarlas con éxito. Por último, se les preguntó si existía una relación de funcionamiento de operadores utilizando simbología matemática, algebraica y electrónica (P11 – P13), con resultados satisfactorios.

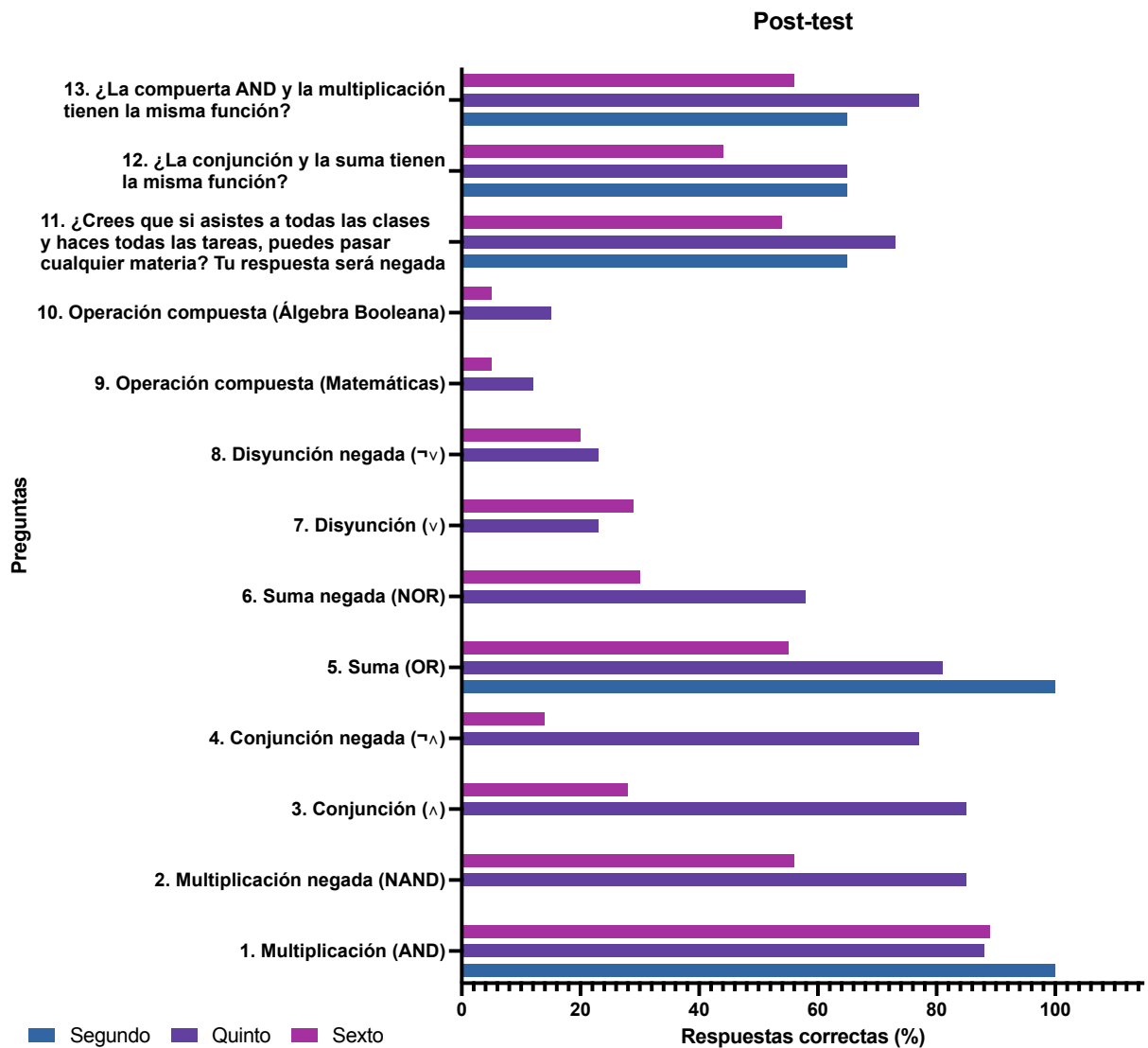


Figura 7. Concentrado de respuestas correctas en los grupos de intervención.

Para el análisis de los datos, se utilizará la prueba $t - Student$ por grupo, dado que es una prueba estadística que se utiliza para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de los grupos independientes, asumiendo una distribución normal de los datos y varianzas iguales o cercanas (Sánchez, 2015). Para continuar, se requiere diseñar una hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1) expuestas a continuación:

$$H_0: \mu \text{ pre-test} = \mu \text{ post-test. } H_1: \mu \text{ pre-test} \neq \mu \text{ post-test.}$$

Donde: μ pre-test. Es la representación media de las calificaciones en el pre-test. μ post-test. Es la representación media de las calificaciones en el post-test. Por lo tanto, la H_0 asume que no hay diferencia entre las medias, mientras que la H_1 plantea que si hay una diferencia significativa entre ellas. Se hace hincapié que una diferencia significativa, en el contexto de la estadística, se refiere a una discrepancia entre los grupos o condiciones que es lo suficientemente grande como para considerarse relevante.

	Pre-test 2°	Post-test 2°
Media	16.8846154	30.4230769
Varianza	65.3861538	38.9738462
Muestra	26	26
Correlación de Pearson	0.37262932	
Diferencia de media hipotética	0	
Grados de libertad	25	
t-Student	-8.4502176	
Una cola	4.2682E-09	
Valor crítico (una cola)	1.70814076	
Dos colas	8.5365E-09	
Valor crítico (dos colas)	2.05953855	

Tabla 1. Valores de $t - Student$ para muestras emparejadas en el grupo de 2° de primaria.

En la tabla 1, se muestran los resultados de segundo año, describiendo sus valores de la siguiente manera: Correlación de Pearson, su valor indica una relación lineal entre las variables del pre-test y post-test; Diferencia de media hipotética, su valor representa la suposición nula de que no hay diferencia significativa entre las medias de los grupos; Grados de libertad, indican el número de observaciones menos el número de parámetros estimados; $T - Student$, representa la magnitud de la diferencia entre las medias de los grupos, teniendo en cuenta la variabilidad dentro de los grupos, su valor negativo indica que la media del post-test es mayor a la media del pre-test; El valor p de una y dos colas con un valor pequeño indica que es muy poco probable que la diferencia observada se deba al azar; y, Valor crítico de una y dos colas, es el valor límite que se utiliza para comparar con el valor de $T - Student$.

	Pre-test 5°	Post-test 5°
Media	59.0384615	57.7692308
Varianza	294.678462	368.584615
Muestra	26	26
Correlación de Pearson	0.28282391	
Diferencia de media hipotética	0	
Grados de libertad	25	
t-Student	0.29637313	
Una cola	0.38469665	
Valor crítico (una cola)	1.70814076	
Dos colas	0.7693933	
Valor crítico (dos colas)	2.05953855	

Tabla 2. Valores de $t - Student$ para muestras emparejadas en el grupo de 5° de primaria.

En la tabla 2, se muestran los resultados de quinto año, describiendo sus valores de la siguiente manera: Correlación de Pearson, su correlación positiva sugiere que hay una

relación directa pero de magnitud moderada; Diferencia de media hipotética, su valor 0 se utiliza como punto de referencia para comparar con la diferencia de medias; Grados de libertad, son 25 observaciones independientes para realizar el análisis; $T - Student$, su valor representa la magnitud de la diferencia entre las medias de los grupos, un valor cercano a 0 indica que las medias son similares; El valor p de una y dos colas, como el valor p es mayor que el nivel de significancia (usualmente 0.05) indica que no hay suficiente evidencia para rechazar H_0 ; y, Valor crítico de una y dos colas, como el valor de t es menor que el valor crítico de una y dos colas, no se puede rechazar H_0 .

Mientras que la tabla 3, muestra los resultados de sexto año, describiendo sus valores de la siguiente manera: Correlación de Pearson, sin cambios considerando los valores de la tabla 1 y 2; Diferencia de media hipotética, sin cambios; Grados de libertad, hay 79 observaciones independientes disponibles; $T - Student$, el valor t alto indica que las medias son significativamente diferentes; Valor p de una y dos colas, con un valor de p muy pequeño indica que es extremadamente improbable que la diferencia observada se deba al azar proporcionando una fuerte evidencia en contra de H_0 ; y, Valor crítico de una y dos colas, como el valor de t es mayor a los valores críticos, se rechaza H_0 y se concluye que hay una diferencia significativa en los grupos.

	Pre-test 6°	Post-test 6°
Media	70.7	35.1
Varianza	137.782278	432.977215
Muestra	80	80
Correlación de Pearson	0.27899753	
Diferencia de media hipotética	0	
Grados de libertad	79	
t-Student	15.2761759	
Una cola	1.3475E-25	
Valor crítico (una cola)	1.66437141	
Dos colas	2.695E-25	
Valor crítico (dos colas)	1.99045021	

Tabla 3. Valores de $t - Student$ para muestras emparejadas en el grupo de 6° de primaria.

Por lo tanto, se puede concluir que hubo una diferencia significativa para el grupo de segundo y sexto, y no hubo cambios para el grupo de quinto. Se hace hincapié que los resultados de los estudiantes de sexto fueron menores a los de quinto y esto se debe que el grupo de sexto era casi tres veces más grande que el grupo de quinto, aun así, se enfatiza que lograron resultados más allá de los esperados durante una sesión de 85 minutos.

Conclusiones y trabajo a futuro

El proceso que se realizó para esta investigación se considera exitoso en tres sentidos: primero, el MGM orquesta eficaz y eficientemente las actividades de naturaleza STEAM con

al menos tres o más disciplinas, siguiendo el diseño o elección de una trayectoria hipotética de aprendizaje, el análisis de la herramienta tecnológica y el diseño instruccional; segundo, la respuesta que tuvieron los estudiantes respecto a esta forma de enseñanza también fue la esperada, con los estudiantes de segundo año se logró desarrollar el tema de sumas e introducir la multiplicación, mientras que en los grupos de quinto y sexto la mayoría pudo asociar el tema en diferentes disciplinas, además con la influencia de la gamificación a través de Minecraft Education se logró motivar y simular el contenido de la teoría presentada en la sesión (ver figura 8); tercero, los conocimientos básicos sobre las leyes fundamentales, compuertas lógicas, usos, aplicaciones y operaciones son vistos a nivel licenciatura en carreras de Ingeniería en Computación, Mecatrónica o a fin, adaptar y presentar este tipo de temas a estudiantes de primaria es muy importante, pues presentan más interés por aprender y comprender la información si se instruye adecuadamente.



a) Presentación informal del tema.



b) Presentación formal del tema.



c) Interés y motivación por participar.

Figura 8. Grupos de intervención en primaria. Elaboración propia.

Como trabajo a futuro se sugiere que se aborden este tipo de investigaciones con estudios longitudinales, en este caso, el estudio fue transversal por el evento anual de la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología 2022 de CONACyT en México. Invitamos también a

los docentes de nivel básico y preparatoria que se involucren en la realización de actividades STEAM para lograr mejores resultados.

Agradecimientos. Se agradece ampliamente a la escuela primaria Octavio Paz (15DPR3256T) por permitirnos trabajar con los grupos de segundo y quinto; y a la escuela primaria Revolución (15EPR2871Y), quien nos apoyó con el grupo de sexto.

Referencias

- Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences, 11*(7), 331.
- Alghamdi, A. A. (2023). Exploring early childhood teachers' beliefs About STEAM education in Saudi Arabia. *Early Childhood Education Journal, 51*(2), 247-256.
- Areljung, S., & Günther-Hanssen, A. (2022). STEAM education: An opportunity to transcend gender and disciplinary norms in early childhood?. *Contemporary Issues in Early Childhood, 23*(4), 500-503.
- Bassachs, M., Cañabate, D., Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R., & Colomer, J. (2020). Fostering critical reflection in primary education through STEAM approaches. *Education sciences, 10*(12), 384.
- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2022). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 53*(11), 2919-2955.
- Blanco, T. F., Gorgal-Romarís, A., Núñez-García, C., & Sequeiros, P. G. (2022). Prospective Primary Teachers' Didactic-Mathematical Knowledge in a Service-Learning Project for Inclusion. *Mathematics, 10*(4), 652.
- Duo-Terron, P., Hinojo-Lucena, F. J., Moreno Guerrero, A. J., & López Núñez, J. A. (2022, June). STEAM in Primary Education. Impact on linguistic and mathematical competences in a disadvantaged context. In *Frontiers in Education* (p. 362). Frontiers.
- English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*, 5-24.
- Flores-Nicolás, M., & Reyes, M. M. (2022, August). The Graded Multidisciplinary Model: Fostering instructional design for activity development in STEM/STEAM education. In *2022 IEEE Mexican International Conference on Computer Science (ENC)* (pp. 1-7). IEEE.
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. *Sustainability, 14*(3), 1493.
- Piedade, J., Dorotea, N., Pedro, A., & Matos, J. F. (2020). On teaching programming fundamentals and computational thinking with educational robotics: A didactic experience with pre-service teachers. *Education Sciences, 10*(9), 214.
- Robles Moral, F. J., Mendoza Martinez, M. del M., y Vélez Garcerán, I. (2022). Steam en Educación Primara ¿Es posible?. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, 17*(1), 90-104.

Ruiz Vicente, F., Zapatera Llinares, A., & Montés Sánchez, N. (2020). “Sustainable City”: A steam project using robotics to bring the city of the future to primary education students. *Sustainability*, 12(22), 9696.

Sánchez Turcios, R. A. (2015). t-Student: Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología*, 26(1), 59-61.